

**I. típusú civilizáció** (fiz, kozmológia) Az I. típusú civilizáció képes hasznosítani bolygójának teljes energiakészletét, amely Földünk esetén  $1,74 \cdot 10^{17}$  W teljesítményt jelent (ez közel sem elegendő ahhoz, hogy nagy energiájú üzeneteket küldhessünk a világűrbe, kapcsolatfelvétel céljából). Jelenlegi civilizációnk - Carl SAGAN számításai szerint - kb. 0,7-es típusúnak tekinthető.

Megjegyzés: Carl Edward SAGAN (1934. nov. 9, New York – 1996. dec. 20, Seattle), amerikai csillagász, planetológus, asztrobiológus.

**II. típusú civilizáció** (fiz, kozmológia) a II. típusú civilizáció képes központi csillagának teljes energiáját hasznosítani, ez kb.  $10^{26}$  W teljesítményt jelent.

**III. típusú civilizáció** (fiz, kozmológia) a III. típusú civilizáció képes egy galaxis teljes energiáját a céljaira felhasználni, mindez kb.  $10^{37}$  W teljesítményt jelent (ill. kb.  $10^{46}$  J energiának felel meg egy emberöltő alatt).

**abszolút hőmérséklet** (fiz, műsz) (jele:  $T$ , mértékegysége: 1 K) az  $\rightarrow$  ideális gázokra vonatkozó  $\rightarrow$  egyesített gáztörvénnyel bevezetett  $\rightarrow$  hőmérséklet, amely a gáz anyagi minőségétől független, így alkalmas különböző anyagok hőmérsékletének objektív összehasonlítására. Mértékegysége a  $K$  (kelvin). Az  $\sim$  skálájának nullpontja a Celsius-skálán  $-273,15^\circ\text{C}$ -nak felel meg.

Az  $\sim$  a termikus kölcsönhatást jellemző  $\rightarrow$  intenzív mennyiség. Az  $\sim$  skáláját az alábbi összefüggésekkel értelmezzük:

$$T = \frac{\partial E}{\partial S}; \quad \frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial E},$$

ahol a fizikai  $\rightarrow$  rendszer  $\rightarrow$  energiája  $E=E(S, x_1, x_2, \dots, x_n)$ , amelyben  $S$  az  $\rightarrow$  entrópia és  $x_i$ -k az egyes kölcsönhatások jellemző  $\rightarrow$  extenzív mennyiségei. A termodinamika III. főtételének egyik megfogalmazása szerint az  $\sim$ -i skála kezdőpontja ( $T=0$ ) elérhetetlen. Az  $\sim$  skála negatív tartományában instabil állapotúak a fizikai objektumok. Pl. a  $\rightarrow$  lézerek és mézerek gerjesztett állapotához  $T < 0 \sim$  tartozik, és energiájukat elektromágneses sugárzás (l.  $\rightarrow$  szinkép) formájában kibocsátva jutnak vissza a pozitív  $\sim$ -ű állapotba. Lásd még  $\rightarrow$  hőmérséklet!

**abszolút hőmérsékleti skála** (fiz) (Kelvin-skála) Olyan  $\rightarrow$  hőmérsékleti skála, amelynek nullpontja az  $\rightarrow$  abszolút zérus fok; ez lényegét tekintve egy szingularitás. Az  $\sim$  fokbeosztása megegyezik a Celsius-skáláéval. A két skála közti kapcsolatot a  $T(K)=t+273,15$  ( $^\circ\text{C}$ ) fejezi ki, ahol  $T$  a Kelvin-skálán, a  $t$  a Celsius-skálán mért hőmérséklet.

**abszolút mozgás** (fiz) a klasszikus (newtoni) mechanikában feltételezett helyváltoztatás az  $\rightarrow$  abszolút térben. Az  $\rightarrow$  abszolút sebesség kimutatására irányuló kísérletek ( $\rightarrow$  MICHELSON-MORLEY-kísérlet,  $\rightarrow$ ) az  $\sim$  létezésének ellentmondó eredményre vezettek, ezért a speciális  $\rightarrow$  relativitáselmélet az  $\sim$  fogalmát elvetette (EINSTEIN, 1905)

**abszolút nulla fok** (fiz) (abszolút zérus fok) Az  $\rightarrow$  abszolút hőmérsékleti skála nullpontja, amely a Celsius-skálán  $-273,15^\circ\text{C}$ -nak felel meg. Az  $\sim$ -ot az MIT-n, 2003-ban kb. 500 pK-re ( $5 \cdot 10^{-10}$  K) sikerült megközelíteni.

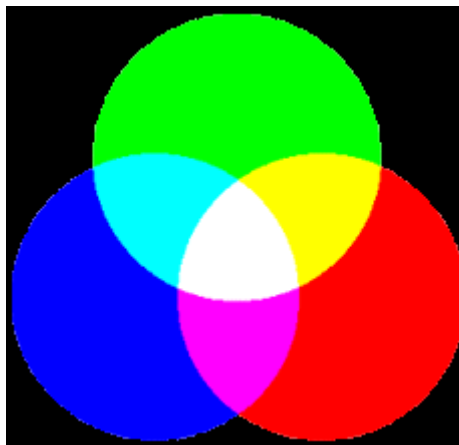
**abszolút nyugalom** (fiz) a klasszikus (newtoni) mechanikában feltételezett fogalom; mozgás nélküli állapot az  $\rightarrow$  abszolút tér egy pontjában. A speciális  $\rightarrow$  relativitáselmélet szerint a mozgás és a nyugalom is csak relatív módon értelmezhető.

**abszolút sebesség** (fiz) az  $\rightarrow$ [abszolút mozgás](#)t végző test  $\rightarrow$ [sebessége](#) az  $\rightarrow$ [abszolút nyugalomban](#) lévő koordinátarendszerben. Az  $\sim$  kiszámítható a  $\rightarrow$ [szállító sebesség](#) és a  $\rightarrow$ [relatív sebesség](#) vektori összegeként.

**abszolút tér** (fiz) a klasszikus (newtoni) fizikában szereplő fogalom. Eszerint minden fizikai folyamat színtere egy háromdimenziós  $\sim$ , amelyben az euklideszi geometria érvényes, és amelynek geometriai, fizikai tulajdonságait külső körülmények nem befolyásolják. A tér ilyen szemléletű elválasztása a [tömegeloszlástól](#) (l.  $\rightarrow$ ) és az [időtől](#), a fizikai valósággal ellentétesen bizonyult, és ez utóbbinak megfelelő szemléletet a speciális- és általános  $\rightarrow$ [relativitáselmélet](#) képviseli.

**abszorpció** **együttható** (fiz) A [hullámok](#) abszorpciója v. elnyelése (l.  $\rightarrow$ ) esetén a rezgési energia egy része a közegben más energiaformává alakul, emiatt a hullám  $\rightarrow$ [amplitúdója](#) (intenzitása) csökken. Ez a csökkenés — a tapasztalat szerint — általában exponenciális. Haladó síkhullám esetén, ha az  $x = 0$  helyen az intenzitás  $I_0$ , akkor  $x$  távolsággal odébb:  $I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$ , ahol  $\mu$  a közeg  $\sim$ -ja.

**additív (optikai) színkeverés** (fiz) Az  $\sim$  során egyidejűleg különböző színű (hullámhosszúságú, ill. frekvenciájú) fényeket juttatunk a szem retinájának ugyanarra a részére. A három alapszínből (kék-zöld-piros) a többi szín kikeverhető.



**adiabata** (fiz) az  $\rightarrow$ [adiabatikus folyamat](#)okhoz tartozó görbe a  $p, V$  állapot síkon ( $p$  a  $\rightarrow$ ,  $V$  a  $\rightarrow$ [térfogat](#)). Ideális gáz esetén  $pV^\kappa = \text{const.}$ , ahol  $\kappa$  a fajhőviszony. Lásd  $\rightarrow$ [adiabatikus folyamat](#).

**adiabatikus állapotváltozás** (műsz, fiz) v. hőcserementes állapotváltozás esetén a közeg  $\rightarrow$ [hőmennyisége](#) nem változik, mert nem vesz fel, és nem is ad le  $\rightarrow$ [hőt](#).

**adiabatikus folyamat** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [állapotváltozás](#), amely során a rendszer és környezete között nincs hőcsere.  $\rightarrow$ [ideális gáz](#) esetén az  $\rightarrow$ k között a

$$pV^\kappa = \text{const.}, TV^{\kappa-1} = \text{const.} \text{ és a } \frac{p^{\kappa-1}}{T} = \text{const.}$$

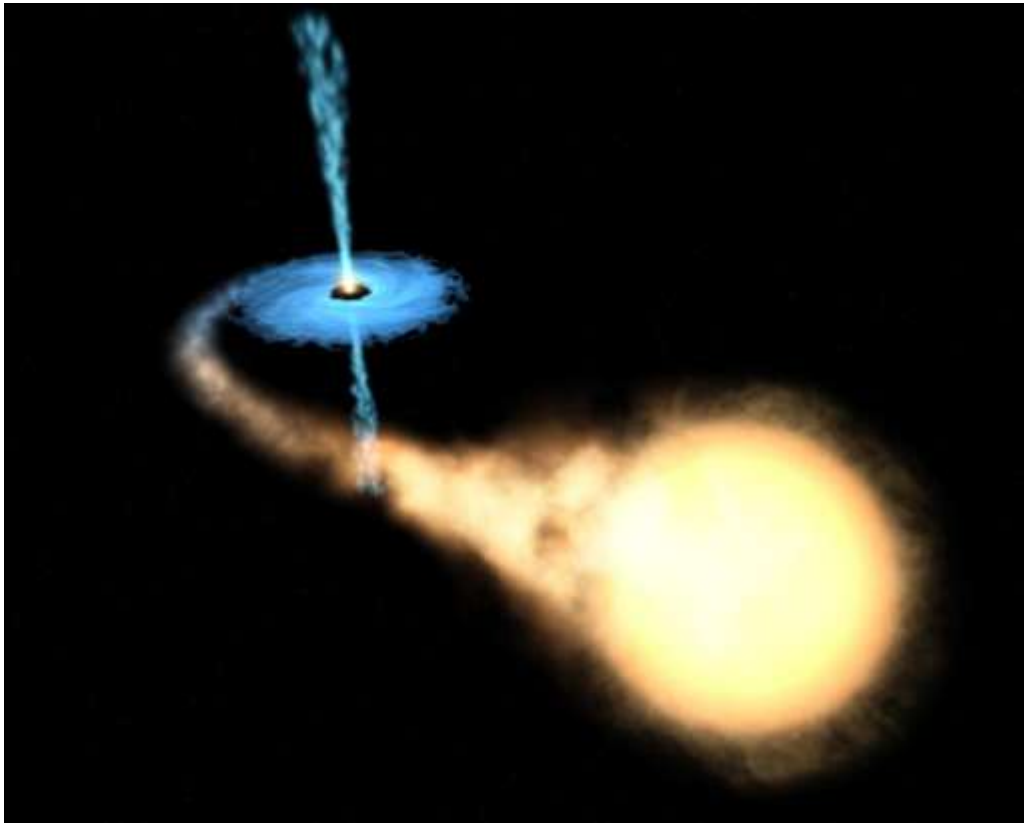
összefüggések érvényesek. Itt  $p$  a  $\rightarrow$ [nyomás](#),  $V$  a  $\rightarrow$ [térfogat](#),  $T$  a  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#), valamint  $\kappa$  a fajhőviszony, azaz az állandó nyomáson, ill. állandó térfogaton vett fajhők hányadosa  $\kappa = c_p/c_v$ . Ezen összefüggéseknek megfelelő diagramok az adiabaták. Az  $\sim$ -ban az  $\rightarrow$ [entrópia](#) állandó ( $\rightarrow$ [izentropikus](#) folyamat).

**adiabatikus kitevő** (fiz) az állandó → [nyomás](#)on és az állandó → [térfogaton](#) mért → [fajhő](#) hányadosa:  $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ , amelynek nagysága attól függ, hogy hány atomos molekulából áll a gáz.

**adszorpció** (fiz, kém) gáz, gőz v. cseppfolyós folyadék koncentrációjának növekedése valamilyen felületen, v. határfelületen. Az ~ lehet fizikai v. kémiai. Fizikai ~ esetében a molekulákat → [van der WAALS erők](#) tartják a felülethez v. határfelülethez kötve, a kémiai ~ban pedig a kötés az ~ban részt vevő atomok → [elektron](#)jainak kicserélődésével v. megosztásával jön létre. – A mindennapi életben ~s jelenség pl. ahogyan a bőr, a fa, a liszt stb. felveszi a levegő nedvességét. Az ~ra különösen alkalmas anyagokat, az ún. adszorbenseket különféle felület-aktiváló eljárásokkal állítják elő (pl.: zeolit, szilikagél, aktív szén). Ilyen adszorbenseket helyeznek el különféle műszerek, laptopok stb. tárolójában, hogy a levegő nedvességét megkötve szárazan tartsák a védendő készülékeket.

**aerodinamika** (fiz, rep) <gör> összenyomhatatlan, v. akként → [modell](#)ezett légnemű közegek (pl. levegő) áramlásával és az áramlásba helyezett testekre (pl. épületekre, hidakra, közúti járművekre, repülőgépekre és vasutakra) ható → [erőkkel](#) és → [forgató nyomaték](#)okkal foglalkozó tudományág, amely a XX. század elején önállósult a francia A. G. EIFFEL (1832. dec. 15. – 1923. dec. 28.), az orosz N. J. ZSUKOVSKIJ (1847. jan. 17. – 1921. márc. 17.) és a német L. PRANDTL (1875. febr. 4. – 1953. aug. 15.) irányításával végzett elméleti és kísérleti kutatások nyomán. Legfőbb kísérleti berendezésük a szélcsatorna volt, amely először EIFFEL aerodinamikai laboratóriumában létesült. Az ~ alapegyenlete a → [NAVIER–STOKES-egyenlet](#). A repülőgépek, a lövedékek és a rakéták áramlási kérdéseivel foglalkozó ~ a → [hangsebesség](#)hez viszonyított → [áramlási sebesség](#) szerint lehet szubszonikus v. klasszikus, szuperszonikus v. szuper- és hiperszonikus v. hiper~. A magyar származású KÁRMÁN Tódor (1881. máj. 11. Bp. – 1963. máj. 7. Aachen) az ~ban és a szuper~ban is maradandót alkotott. A hangsebesség körüli, vagy azt meghaladó sebességű áramlások a klasszikus ~ tárgykörén kívül vannak; a gázdinamika területére tartoznak, mert ilyenkor a fellépő nyomás- és sűrűségváltozások jelentősek.

**akkréciós korong** (fiz, csill) (anyagbefogási korong). Ha egy nagyon nagy tömegű → [fekete lyuk](#) v. → [neutroncsillag](#) közelében más [csillag](#) v. gáz-, plazma- és [porfelhő](#) van, az erős [gravitációs](#) mező [anyagot](#) szív el ettől a szomszédától; a centrum körül ~ alakul ki. A keringő anyag egy síkba rendeződik; a külsején lévő anyag egyre beljebb szorul, a perdület megmaradás törvénye miatt keringése felgyorsul, összenyomódik, és felhevül. A befelé spirálózó por, gáz v. plazma hőenergiájának egy részét [elektromágneses sugárzás](#) formájában elveszíti. A keringő anyag egyik része végül a központi égitestbe jut, másik része a korong síkjára merőlegesen, a korong forgástengelye mentén igen nagy sebességgel, [poláris jetek](#) formájában elszökik. A csillagászat többféle ~ot ismer; a leggyakoribb a csillagok keletkezésénél a [protosztelláris ~](#), amely a születő [protocsillagot](#) táplálja anyaggal.



Akkréciós korong aktivitása

**akkumulátor** (fiz) Olyan  $\rightarrow$  [feszültségforrás](#), amely képes kémiai energiát átalakítani elektromos energiává reverzibilis módon, tehát elektromos energiát képes tárolni úgy, hogy oda vissza átalakítja kémiai energiává.

Az  $\sim$ ok tehát reverzibilisen működő galvánelemek, amelyekben a kimerülés, vagyis a hatóanyagok részbeni elhasználódása után, ellentétes irányú  $\rightarrow$  [áram](#) átvezetése (feltöltés) után visszaállítható az eredeti állapot, és ez a folyamat nagyon sokszor megismételhető az  $\sim$  károsodása nélkül. Az egyik leggyakrabban, az autókban használt típus az ólom $\sim$ . Egy $\sim$  cellának a  $\rightarrow$  [feszültsége](#) kb. 2V, a leadott energiának kb 80%-a hasznosítható. Az  $\sim$  kapacitása (nem tévesztendő össze a kondenzátor kapacitásával, mértékegysége az amperóra [Ah]) az a teljes töltésmennyiség, amelyet feltöltés után az  $\sim$  elvileg leadhat, Azonban ennyire nem szabad az akkumulátort terhelni, mert tönkremegy.

**alakváltozás** (fiz, műsz)  $\rightarrow$  [deformáció](#)

**alakváltozási energia** (fiz, műsz) a  $\rightarrow$  [helyzeti energia](#) speciális esete, amely egyenlő a  $\rightarrow$  [deformáció](#) létrehozásához szükséges  $\rightarrow$  [alakváltozási munka](#) és a deformáció során  $\rightarrow$  [disszipált teljesítmény](#) időintegráljának különbségével. Ha a folyamat  $\rightarrow$  [konzervatív erőter](#)ben játszódik le, azaz speciálisan a  $\rightarrow$  [HOOKE-törvény](#) érvényességi körén belül, akkor disszipált teljesítménnyel nem kell számolni, mivel a deformáció reverzibilis.

**alakváltozási munka** (fiz, műsz) az alakítható testet terhelő  $\rightarrow$  [erőrendszer](#)nek a testen létrejövő  $\rightarrow$  [deformáció](#) ( $\rightarrow$  [elmozdulások](#) v. eltolódások és  $\rightarrow$  [elfordulások](#)) során végzett  $\rightarrow$  [munkája](#).

**alapállapot** (fiz) egy  $\rightarrow$  [rendszer](#) minimális energiájú állapotát  $\sim$ -nak nevezzük.

**alapállapotú atom** (fiz) a minimális energiájú állapotban lévő atomot  $\sim$ -nak nevezzük.

**alapegység** (tud) az az egységnek tekintett  $\rightarrow$  [fizikai mennyiség](#), amelyből valamely  $\rightarrow$  [mértékegység-rendszer](#)  $\rightarrow$  [elemei](#) levezethetők. A Nemzetközi Mértékegység-rendszer (SI) az egységek három csoportját definiálja:  $\sim$ ek, származtatott egységek, valamint kiegészítő egységek. Az SI által meghatározott hét  $\sim$  és a két kiegészítő egység segítségével a fizika minden mértékegysége kifejezhető.

Az SI alapegységei			
Alapmennyiség		Alapmértékegység	
Neve	Jele	Neve	Jele
Hosszúság	l	méter	m
Tömeg	m	kilogramm	kg
Idő	t	másodperc	s
Áramerősség	I	amper	A
Termodinamikai hőmérséklet	T	Kelvin	K
Fényerősség	I <sub>v</sub>	Kandela	cd
Anyagmennyiség	n	mól	mol

**alapvető kölcsönhatások** (fiz) a négy (erős, gyenge, elektromágneses és gravitációs) kölcsönhatás gyűjtőneve az  $\sim$ . Az  $\sim$  közvetítő részecskéi a  $\rightarrow$  [mértékbozonok](#). ( $\rightarrow$  [Erős kölcsönhatás](#)nak a  $\rightarrow$  [gluonok](#), elektromágneses kölcsönhatásnak a  $\rightarrow$  [fotonok](#),  $\rightarrow$  [gyenge kölcsönhatás](#)nak a „nehéz fotonok”:  $W^\pm$  és  $Z^0$ , a gravitációs kölcsönhatásnak a  $\rightarrow$  [gravitonok](#) [ha nem téridő görbületnek tulajdonítjuk]). A részecskék és  $\sim$  ma általánosan elfogadott elmélete a  $\rightarrow$  [Standard Modell](#).

**alrendszer** (műsz, fiz) egy összetett, bonyolult  $\rightarrow$  [rendszer](#) önálló rendszertulajdonságú része, tehát maga is rendszer. Az alrendszerre bontás elősegíti a rendszer vizsgálatát, ill. ismét tulajdonságú  $\sim$ ekből könnyebb lehet egy bonyolult rendszert szintetizálni. (Az  $\sim$ eknek a rendszer  $\rightarrow$  [optimalizálás](#) kritériuma szerinti különálló optimalizálása nem feltétlenül eredményezi a rendszerét is.)

**alternáló mozgás** (fiz, műsz) oda-vissza haladó mozgás megnevezése (pl: inga, belsőégésű motor dugattyú, gyalupad, szövőszék vetülék)

**a MICHELSON–MORLEY kísérlet értelmezései** (fiz) a tudományos interpretációk különbözőségét illusztrálják. A  $\rightarrow$  [váratlan eredményének tudományos értelmezései](#):

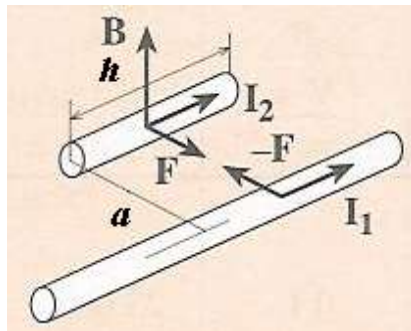
- LORENTZ magyarázata: a berendezés mozgásirányú méretei (kar-hossz) éppen olyan arányban rövidülnek, kontrahálódnak, amilyen léptékben hosszabb utat kellett volna megtennie a fénynek a Föld mozgása következtében. E két effektus kompenzálja egymást: ez a magyarázata a kísérlet negatív eredményének, az  $\rightarrow$  [interferencia](#)-csík eltolódás hiányának.
- EINSTEIN magyarázata: a  $\rightarrow$  [fénysebesség](#) állandóságának elve.
- A fénysebesség minden  $\rightarrow$  [inercia-rendszer](#)ben állandó, ezért a  $(c - v)$  és  $(c + v)$  tényezők helyett mindenütt  $c$  kell szerepeljen, ezért nincs kétféle interferencia-kép, azaz ezért nincs interferenciacsík-eltolódás.

**amper** (fiz) (jele:  $I$ , mértékegysége: 1 A) Az  $\rightarrow$  [árammal átjárt vezető teréből](#) tudjuk, hogy ha egy végtelen hosszú, egyenes vezetőben  $I_1$  erősségű  $\rightarrow$  folyik, akkor tőle  $a$  távolságra a mágneses térerősség nagysága:

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$$

Az  $\rightarrow$  AMPÉRE-törvényből tudjuk, hogy  $\mathbf{B}$  indukciójú térben  $I_2$  árammal átjárt vezető  $h$  hosszúságú darabjára, ha  $\mathbf{B} \perp \mathbf{h}$ , akkor  $\mathbf{F}$  nagyságú  $\rightarrow$  erő hat, amely merőleges az indukcióvektorra és az áram irányára:

$$F = I_2 h B$$



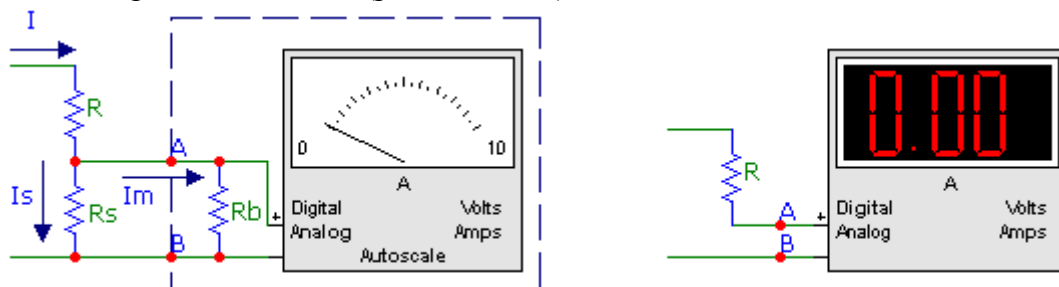
A két törvényből következik, hogy  $I_1$  és  $I_2$  árammal átjárt párhuzamos vezetők  $h$  hosszúságú szakasza között fellépő erő:

$$F = \frac{\mu_0 h I_1 I_2}{2\pi a}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

Az  $\sim$  definíciója: Ha két hosszú, párhuzamos vezető egymástól 1 méter távolságra van, és mindkettőben azonos irányban 1 A erősségű áram halad, akkor a vezetők méterenként pontosan  $2 \cdot 10^{-7}$  N erővel vonzzák egymást.

**ampermérő** (fiz, vill) Az áramkör elemein átfolyó  $\rightarrow$  áramerősség mérésére szolgál az  $\sim$ , úgy hogy az ampermérőt sorba kapcsoljuk a mérendő eszközzel. Az  $\sim$  korábban  $\rightarrow$  galvanométer tartalmazó analóg elektromechanikus eszköz volt, napjainkban már inkább elektronikus erősítő tartalmazó digitális berendezés (pl. multiméter).



Az  $\sim$ re, vagy másként nevezve árammérőre jellemző az  $R_b$  belső  $\rightarrow$  ellenállás. Ez galvanométer esetén néhányszor 10 ohm lehet, míg modern digitális műszer esetén kevesebb mint 0,1 ohm. . Az ideális árammérő belső ellenállása nulla. Az árammérő nélkül az  $R$  áramköri elem  $I$  áram folyik. Azonban az árammérőt sorba kapcsolva az  $U$  feszültség megoszlik az áramköri elem és a műszer között.

$$U = U_r + U_m$$

$$U = IR + IR_b$$

Ha  $I$  nagy, akkor a műszer tönkremehet. Ezért a műszerrel párhuzamosan szoktak kapcsolni egy  $R_s$  hitelesített sönt ellenállást, amely lecsökkenti a műszer áramát és a mérési tartományt is kiterjeszti.

$$U = I \left( R + \frac{R_s \cdot R_b}{R_s + R_b} \right)$$

Digitális műszernél a mérési tartomány változtatását elektronikusan valósítják meg és nincs szükség sőt ellenállásra. A méréshatár-váltás többnyire automatikusan történik.

**AMPÉRE-törvény** (fiz) AMPÉRE törvénye azt mondja ki, hogy egy zárt  $g$  görbe mentén integrálva a  $\mathbf{B} \rightarrow$  [mágneses indukcióvektor](#), a görbe által határolt bármely felületen átfolyó áramok előjeles összegének  $\mu_0$  szeresét kapjuk.

$$\oint_g \mathbf{B} d\mathbf{l} = \mu_0 \sum I$$

Az  $\sim$  integrális alakjának kevésbé ismert képlete:

$$\oint_g \mathbf{H} d\mathbf{l} = \sum I + \int_A \mathbf{J} d\mathbf{A}$$

Az  $\sim$  differenciális alakjai:

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}$$

**amplitúdó** (fiz) a [hullámok](#),  $\rightarrow$  [rezgések](#) maximális kitérésének abszolút értéke. (Lásd pl.  $\rightarrow$  [harmonikus rezgőmozgás](#).)

**analóg modell** (tud) a  $\rightarrow$  [referenssel](#) geometriai hasonlóságot általában nem mutat, a fizikai jelenség sem azonos, de a benne lejátszódó folyamatokat hasonló törvényszerűségek határozzák meg. Az  $\sim$  a referenshez viszonyítva hasonló behatásra hasonló módon reagál. Lehetővé teszi pl. mechanikai  $\rightarrow$  [rezgések](#) villamos modellen való tanulmányozását.

**anizotróp közeg** (fiz) Az olyan közeget, amelyek fizikai tulajdonságaikat illetően nem minden irányban viselkednek egyformán, azaz bennük kitüntetett irányok vannak,  $\sim$ eknek nevezzük. Optikailag  $\sim$ -ben a fényhullámok irány szerint változó sebességgel haladnak (pl. egyes kristályokban)

**antenna** (fiz) Az  $\sim$   $\rightarrow$  [elektromágneses hullámok](#) egy tartományának, a  $\rightarrow$  [rádióhullámok](#)nak a sugárzására vagy vételére alkalmas elektrotechnikai eszköz.  $\sim$ -t először 1888-ban Heinrich R. HERTZ (1857. febr. 22, Hamburg – 1894. jan. 1, Bonn) német fizikus épített, aki bebizonyította a James Clerk MAXWELL által elméletileg kikövetkeztetett elektromágneses hullámok létét. HERTZ már akkor egy parabola alakú reflektor fókuszpontjába helyezte a sugárzó dipól-antennát. Az  $\sim$  tervrajzait az Annalen der Physik und Chemie 1889/36. számában tette közzé.

**antianyag** (fiz) a látható Univerzumot (Metagalaxis) felépítő anyag mintegy „tükörképe”, amelynek tulajdonságai (pl.: töltés, spin) általában ellentétesek az anyagéval. Az  $\sim$  egyébként ugyanúgy viselkedik, mint a „rendes” anyag: ugyanazok az emissziós és abszorpciós spektrumai, mágneses tulajdonságai. Ha az  $\sim$  „rendes” anyaggal találkozik, akkor tömegük 100%-a elektromágneses energiává ( $\rightarrow$  [fotonok](#)) alakul (annihilálódik, vagyis „megsemmisül”). Az  $\sim$  létezését 1929-ben jósolta meg P. A. M. DIRAC. Feltételezhető, hogy a Nagy Bumm során anyag és  $\sim$  egyenlő mennyiségben keletkezett, de az  $\sim$ -gal valami történt a későbbiekben, amelynek okát még nem tudjuk jól megmagyarázni. Valószínűsíthető, hogy az  $\rightarrow$  [Ősrobbanás](#) után kb.  $10^{-9}$  részben az anyag került többségben – ebből épül fel jelenlegi világunk. Az első  $\sim$ -ot (anti**hidrogént**) a [CERN](#)-ben sikerült előállítani és megfigyelni 1995-ben. A nukleáris medicina modern eszköze a PET-berendezés, amelyben a  $\rightarrow$  [pozitronok](#)nak (az elektron

antirészecskéjének) és a vizsgált testszövet elektronjainak szétsugárzási  $\rightarrow$  [foton](#)jaival alkotnak tomográfias képet. Megjegyzés: Paul Adrien Maurice DIRAC (1902. aug. 8, Bristol, UK - 1984. okt. 20, Tallahassee, USA), brit NOBEL-díjas (1933) elméleti fizikus.

**antikvarkok** (fiz) a  $\rightarrow$  [kvarkok](#) antirészecskéit  $\sim$ -nak nevezzük, amelyekből – a kvarkokhoz hasonlóan – ugyancsak 6 különféle fajtát ismerünk

**antropikus elv** (fiz, kozmológia) az  $\sim$  szerint a megfigyelhető Világegyetemnek olyannak kell lennie, amilyennek látjuk, különben nem lehetnénk itt és nem figyelhetnénk meg. Más szóval az  $\sim$  – S. HAWKING megfogalmazásában – „azon elképzelés, amely szerint a Világegyetem azért olyan, amilyennek látjuk, mert ha más lenne, akkor nem létezhetnének benne olyan lények, akik képesek lennének megfigyelni”. Az  $\sim$  két eltérő következményű – az ún. erős és az ún. gyenge típusú – értelmezése ismert. Az *erős*  $\sim$  azt mondja ki, hogy a világ szerkezete azért olyan, amilyen, mert *valaki* – éppen az élet (és az ember) létrejöttének érdekében – éppen *ilyenre formálta*. Ebben a logikában az Univerzum pontosan arra a célra lett *tervezve* és kialakítva, hogy az értelmes megfigyelő létrejöhesse. Az erős értelmezés – még óvatos megfogalmazásban is – egyértelműen az „értelmes tervezésre” (Intelligent Design) utal. Vannak, akik még innen is tovább léptek, felvetve az  $\sim$  egy ún. „végső” változatát (*final anthropic principle*), amely azt állítja, hogy az intelligens életnek *létre kell jönnie*, és ha egyszer létrejött, *soha nem halhat ki*. Ennek a változatnak teológiai háttere van. A *gyenge*  $\sim$  mindössze azt állapítja meg, hogy a kozmikus állandók megfigyelt értékei hihetetlenül pontosan olyanok, amelyek egyedül teszik lehetővé az élet kialakulását. Ennek a rendkívül valószínűtlen, mégis létező *finomhangoltságnak* a magyarázatát nem ismerjük.

Megjegyzés: Stephen William HAWKING (1942. jan. 8, Oxford – ), WOLF-díjas angol elméleti fizikus, kozmológus.

**anyagok mágneses tulajdonsága** (fiz)  $\rightarrow$  [MAXWELL VI. anyagi egyenlete](#) teremt kapcsolatot a mágneses indukció és a mágneses térerősség között.

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$$

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

Az anyagokat mágneses szempontból 3 csoportba soroljuk:

- $\mu_r < 1$ , és  $|\mu_r| \sim 1$  diamágneses anyag ( $\mu_r$  *állandó*). Azok az anyagok, amelyek molekuláinak v. atomjainak eredő mágneses momentuma zérus, ill. lezárt elektrónhéjjal rendelkeznek. A permanens mágnesek ezeket taszítják (diamágneses anyag pl.: Si, Cu, Zn, Ag, Cd, Au)
- $\mu_r > 1$ ; és  $|\mu_r| \sim 1$  paramágneses anyag ( $\mu_r$  *állandó*) legalább egy páratlan  $\rightarrow$  [elektron](#)t tartalmaz, pl.: Mg, Al, Ti, W.
- $\mu_r \gg 1$  (tipikusan  $10^4$ - $10^5$ );  $\rightarrow$  ferromágneses anyag ( $\mu_r$  *nem állandó*). Csak szilárd anyagok mutatják a ferromágneses jelenséget. A ferromágnesesség nem az egyes atomok, vagy molekulák sajátja, hanem kristályszerkezeti tulajdonság. Atomjainak mágneses dipólusmomentumai a szomszéd atomok dipólusaira olyan erővel hatnak, hogy azok csoportjai (*domének*) egy irányba rendeződnek (pl.: Fe, Co, Ni, Gd, Dy, ill. ötvözeteik). A domének mikrokristályok; tipikus méretük  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  cm. Az ún. CURIE-hőmérséklet (CURIE-pont) felett a domének rendezettsége megszűnik (vasnál ez 1043 K), a felmágnesezett anyag mágnesezettsége eltűnik. Érdekesség, hogy vannak olyan ferromágneses anyagok, amelyeknek egyik komponense sem ferromágneses.

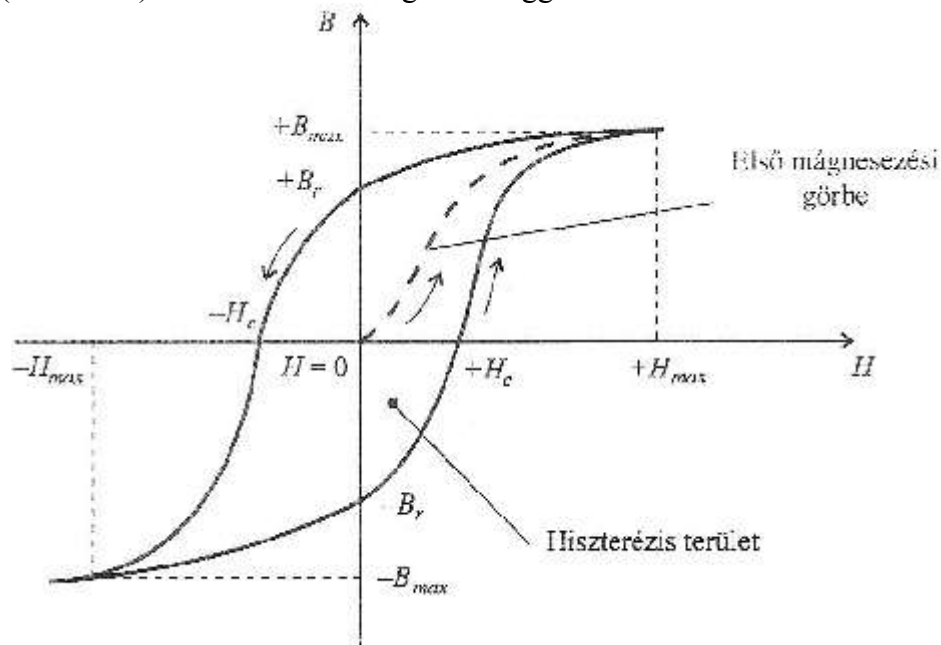
A  $\rightarrow$  ferromágneses anyagok csoportjára jellemző a *B-H* görbén a *histerézis*, amely azt jelenti, hogy az anyagbeli mágneses mező függ a külső mágnesező mezőtől és az előmágnesezettségtől. Azt a jelenséget, hogy egy külső hatás által előidézett változás függ az anyagi rendszer



előbbi állapotától („előéletétől”) hiszterézisnek nevezzük. A legelső felmágnesezés  $\mathbf{B}=f(\mathbf{H})$  görbéje az ún. „szűzgörbe” v. dinamikus középgerbe.

A hiszterézis jelentős energia *vesztésgforrás* transzformátorokban és motorokban, ezért ezek vasmagját egymástól mágnesezen elszigetelt lemezcsomagokból kell készíteni (általában FeSi ötvözet). Az a zárt görbe vonal, amely megmutatja, hogy a váltakozó nagyságú és irányú  $\mathbf{H}$  mágneses gerjesztő térerősség esetén hogyan változik a  $\mathbf{B}$  mágneses indukció, az úgynevezett *mágneses hiszterézisgörbe*.

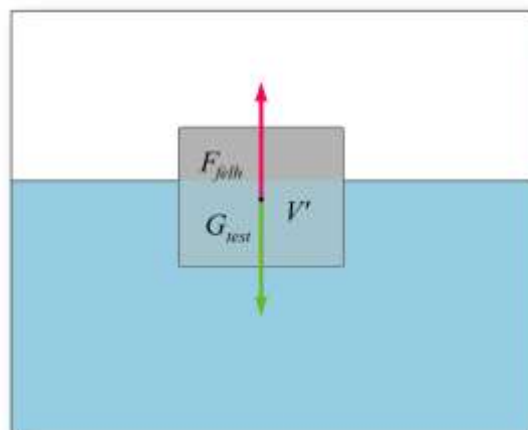
A hiszterézisgörbe által bezárt terület arányos az egységnyi  $\rightarrow$ térfogatú vasanyag átmágnesezéséhez szükséges  $\rightarrow$ energiával ( $\text{Ws/m}^3=\text{J/m}^3$ ). A váltakozó irányú gerjesztéssel elvesző  $\rightarrow$ energia, a *hiszterézisvesztés*,  $\rightarrow$ hővé alakul át (a transzformátorok és motorok vasmagja melegszik). A „sovány” hiszterézis görbéjű anyagok a lágy mágnesek, a „kövér” görbéjűek a kemény mágnesek. A hiszterézis jelenségével a *mechanikában* is találkozunk pl. a rugalmas megnyúlás (v. a torzió) és a belső feszültség összefüggése.



Azokat a ferromágneses anyagokat, amelyeknél a hiszterézis „keskeny” ( $|\mathbf{-H}_c| = |\mathbf{+H}_c| \approx 0$ ) *lágymágneseknek* nevezzük (ilyen pl.: a transzformátorlemez, ötvény), azokat pedig, ahol létezik számottevő hiszterézis ( $|\mathbf{-B}_r| = |\mathbf{+B}_r|$  nagy) *kemény mágneseknek* nevezzük (ilyen pl.: az acél, a ferrit, a  $\text{CrO}_2$ , az AlNiCo, a NiSm, a NdFeB ötvözet).

**arányossági határ** (fiz, műsz) az a  $\rightarrow$ feszültségállapot, ahol az  $\rightarrow$ alakváltozás kilép a  $\rightarrow$ HOOKE-törvény  $\rightarrow$ érvényességi köréből. Az  $\sim$  felett maradandó  $\rightarrow$ deformáció lép fel.

**ARKHIMÉDÉSZ törvénye** (fiz) ARKHIMÉDÉSZ v. ARCHIMÉDESZ (i. e. 287-212) görög matematikus, fizikus, feltaláló az aranyhamisítás leleplezésén gondolkodva a fürdőben jött rá a megoldásra, majd kísérletileg is igazolta azt, de később a földgömb  $\rightarrow$ egyensúlyát vizsgálva geometriailag is bizonyította.



~ az aero- és →hidrosztatika egyik fontos törvénye, amely szerint gravitációs →erőtérben a (légnemű v. cseppfolyós) folyadékkal körülvevő v. abba merülő testre annak →térfogatával megegyező v. a belemerülő test által kiszorított folyadék →súlyával egyenlő nagyságú →felhajtóerő hat:  $F_{\text{felh}} = \gamma V'$ , ahol  $\gamma$  a folyadék fajsúlya,  $V'$  pedig a folyadékba merülő rész térfogata.  $F_{\text{felh}}$  és  $G_{\text{test}}$  önsúly egymáshoz viszonyított nagysága határozza meg a test aktuális helyzetét v. mozgásállapotát. (~ szerint kiszorított folyadék alkalmas tömegmérésre is: <http://4szoba.hu/cikk/kutyuk/2343-arkhimedesz-a-konyhaban>)

Egy teljesen a folyadékban lévő test lesüllyed, ha súlya nagyobb abszolút értékű a felhajtóerőnél, lebeg, ha a két erő egyensúlyban van, és felfelé mozog, ha a súlya kisebb abszolút értékű a felhajtóerőnél. ~vel magyarázható a léghajók és tengeralattjárók lebegése, emelkedése és süllyedése, valamint a folyadékba merülő testek (pl. hajók) úszása a víz felszínén. Vannak olyan – viszonylag kisméretű – tárgyak (pl. borotvapenge, tű), amelyek a folyadék →felületi feszültségét kihasználva maradnak a felszínen, de pl. a molnárka nevű rovar is utóbbi révén képes a vízen járni, és nem ~ a „működési elve”.

**a statika alaptételei** (fiz, műsz):

- 0.) Az →erő vektormennyiség, amelynek van iránya (→hatásvonala és értelme [irányított-sága]), →támadáspontja és abszolút értéke.
  - 1.) Két erő akkor lehet egyensúlyban, ha abszolút értékük egyenlő, irányuk ellentétes értelmű és hatásvonaluk ugyanarra az egyenesre illeszkedik.
  - 2.) Három erő akkor lehet egyensúlyban, ha zárt →erősokszöget alkotnak, és hatásvonaluknak van közös metszéspontja. E metszéspont a végtelenben is lehet, ha a három erő hatásvonala párhuzamos egymással.
  - 3.) A →merev testre ható erőrendszer kiegészíthető egyensúlyi erőrendszerrel, de ilyen el is távolítható belőle. Ennek következménye, hogy a (merev) testre ható erő saját hatásvonala mentén eltolható. (Az erő támadáspontja ilyenkor érdektelen.)
  - 4.) Hatással szemben ellenhatás lép fel. Pl.:  $\mathbf{F}_h = -\mathbf{F}_{eh}$  (lásd. →NEWTON III. törvényét)
  - 5.) Az erőt összetevőire (komponenseire) lehet bontani, és az erőknek kiszámítható az eredője. Az erőrendszer helyettesíthető eredőjével. (Két közös támadáspontú, általános irányú erő eredőjét megadja az ún. erő-parallelogramma. Több, közös támadáspontú erő eredőjét megadja az →erősokszög v. →erőpoligon)
  - 6.) A nem merev test merevvel helyettesíthető az alakváltozása utáni alakjával.
- Kiegészítő tételek (kéttámaszú tartóra vonatkoztatva):
- 7.) Nyomatéki egyensúlyt is kielégítő reakcióerők meghatározhatók →kötélsokszöggel v. →kötélpolygonnal is.

8.) A zárt kötélsokszög metszetei ( $h$  erőléptékben) arányosak a keresztmetszetben fellépő nyomatékkal:  $M=Ch$ , ahol  $C$  az erőszög ún. pólustávolsága hosszléptékben.

**aszimptotikus szabadság** (fiz) az ún. kvantum-szindinamika ( $\rightarrow$ [QCD](#)) egyik tulajdonsága: nagyon nagy energiájú kölcsönhatásokban a  $\rightarrow$ [kvarkok](#) és (az  $\rightarrow$ [erős kölcsönhatást](#) közvetítő)  $\rightarrow$ [gluonok](#) gyengén csatoltak, azaz csak gyengén hatnak kölcsön egymással. Ebből következik, hogy a QCD egyenletei megjósolják a [kvark-gluon plazma](#) létezését.

**asztronómiai egység** (csill) (jele: AU) l.  $\rightarrow$ [csillagászati egység](#).

**a szuperpozíció elve** (fiz, aut) Tegyük fel, hogy egy  $\rightarrow$ [rendszer](#) gerjesztése egy időfüggvénnyel adható meg:  $u(t)$  és  $\forall t \in \mathfrak{R}$ , ugyanakkor a rendszer válasza valamilyen módon függ a gerjesztéstől:  $v(t) = f[u(t)]$ .

A rendszernek legyen, pl. két gerjesztése:  $u_1(t)$  és  $u_2(t)$ ;  $\forall t \in \mathfrak{R}$

A rendszer válasza ezekre rendre:  $v_1(t) = f[u_1(t)]$  és  $v_2(t) = f[u_2(t)]$

A szuperpozíció, vagyis az egyenes arányosság melletti összegezhetőség akkor teljesül, ha  $a_1$  és  $a_2$  tetszőleges, skalár állandók esetén fennáll az alábbi egyenlőség:

$$v(t) = f[a_1 u_1(t) + a_2 u_2(t)] = a_1 v_1(t) + a_2 v_2(t).$$

Speciálisan az időben állandó jelenségekre is gyakran teljesül  $\sim$ . Pl. a  $\rightarrow$ [statikai](#) számításoknál gyakran alkalmazzák a  $\rightarrow$ [reakcióerők](#) és az eredő  $\rightarrow$ [igénybevételek](#) meghatározásakor. A kísérletileg igazolt  $\rightarrow$ [NEWTON-féle IV. axióma](#) is jó példa  $\sim$  érvényesülésére.

**a tehetetlenségi és a gravitációs erőter értelmezése** (fiz) roppant fontos a fizikai gondolkodás szempontjából. Kétféle  $\rightarrow$ [tömeg](#)et ismer a klasszikus fizika is, de azokat bizonyítás nélkül azonos számértékűnek tekinti; ezek:

- a tehetetlen tömeg ( $m_t$ ): a testek azon tulajdonsága, melynek révén ellenállást fejtenek ki mozgásállapotuk megváltoztatásával szemben (l.  $\rightarrow$ [NEWTON I.](#) és  $\rightarrow$ [II. törv.](#);  $F=ma$ )
- a súlyos tömeg ( $m_s$ ): a testek azon tulajdonsága melynek révén – anyagi minőségüktől függetlenül – egymásra vonzóerőt fejtenek ki. (l.  $F = f \frac{m_1 m_2}{r^2}$ )

**atombomba** (fiz, kat) nehéz atommagok kontrollálatlan  $\rightarrow$ [maghasadás](#)akor (fisszió) felszabaduló energiára épülő tömegpusztító fegyver. Az  $\sim$ ban a  $\rightarrow$ [hasadóanyag](#): plutónium vagy urán. A  $\rightarrow$ [láncreakció](#)hoz szükséges  $\rightarrow$ [kritikus tömeget](#) úgy érik el, hogy hagyományos robbanóanyaggal egyesítik a hasadóanyag-részeket. Első éles bevetésére 1945. aug. 6-án és 9-én Hirosimában és Nagaszakiban került sor. E két atomtámadás között a szovjet Vörös Hadsereg aug. 8-án megtámadta Mandzsúriában japán elithadseregét, így Japán reménytelen helyzetbe került, ezért aug. 15-én megadta magát, és szeptember 2-án véget ért a második világháború.



Hiroshima a bomba ledobása után

**atomi tömeg egység** (fiz) a  $^{12}\text{C}$   $\rightarrow$  izotóp tömegének 1/12-ed része:  $1,66 \cdot 10^{-27}$  kg v. 931,49 MeV/c<sup>2</sup> v.  $1,49 \cdot 10^{-10}$  J/c<sup>2</sup>. Jele ATE v. AMU.

**atommaghasadás** (fiz) az  $\sim$  során egy nehéz atommag két vagy több, könnyebb magra szakad szét, amelynek során gamma-, valamint gyorsneutron sugárzás keletkezik. A nehéz elemek  $\sim$  a exoterm (energia felszabadulással járó) folyamat, amelynek során energia szabadul fel elektromágneses- és neutronsugárzás, és a hasadási termékek (fragmentek) mozgási energiájának formájában. Az  $\sim$  az elemátalakulás egyik lehetséges módja, mivel a folyamat végén kapott hasadványmagok (fragmentumok) nem azonosak az eredeti (hasított) kémiai elemmel.

**atomreaktor** (fiz) olyan berendezés, amely nehéz atommagok (pl. uránium, plutónium) könnyebb magokra való hasadásakor (fisszió) energiát, ill. gyors és termikus neutronokat termel. A kontrollált fissziós folyamat (moderált lánreakció) a reaktor ún. aktív zónájában történik. Az  $\sim$  több típusát ismerjük (víz- és grafit moderátoros, forralóvízes, nyomottvízes, nehézvízes, gázhűtésű, uszoda típusú [swimming pool], impulzus, erőművi, kísérleti, besugárzó, neutronsokszorozó, izotóptermelő, gyors tenyésztő [breeder], tanreaktor stb. Az  $\sim$ okat járművek hajtására is alkalmazzák (tengeralattjáró, repülőgép hordozó). A legelső  $\sim$ t (Pile-1) FERMI és munkatársai építették Chicagóban, amely 1942. dec. 2-án lett kritikus. Az első atomerőművet Obnyinszkban (SZU) állították üzembe, 1954-ben, 5 MW<sub>t</sub> teljesítménnyel. A mai atomerőművek legnagyobb blokkjainak villamos teljesítménye kb. 1600 MW, hatásfokuk 35-36%. A paksi atomerőmű névleges blokkteljesítménye 440 MW<sub>e</sub>, a teljes erőműé 1760 MW<sub>e</sub>. A paksi fejlesztések során egy-egy blokk teljesítményét 500-510 MW<sub>e</sub>-re növelték. Franciaország teljes villamosenergia szükségletének 76%-át atomerőművek adják, ez a szám hazánkban kb. 40%.



A paksi atomerőmű egyik 440 MW<sub>e</sub> névleges teljesítményű reaktora

**atommégegység** (fiz) az ~ egy adott elem egyetlen atomjának → alapállapotban mért → nyugalmi tömege. Egysége az → atomi tömegegység (ATE v. az angolszász irodalomban AMU [Atomic Mass Unit]).

**automatika** (műsz) az irányításmélelet és az irányítástechnika önműködő → rendszerekre vonatkozó része. A fizikai rendszer jeleinek absztrakt kapcsolataira szorító elmélet alapján, a konkrét feladattól függő → optimalizálást követően, számítógépes programmal ill. különféle fizikai elven működő készülékekkel, valósítja meg a jelátviteli tagokat.

**AVOGADRO-féle szám** (fiz) (jele:  $N_A$ ) a molnyi mennyiségű anyagban lévő molekulák száma.  $N_A = 6,02257 \cdot 10^{23}$  db/mol. Az ~ot Amadeo AVOGADRO (1776–1856) olasz fizikusról nevezték el, de értékét elsőként Johann Josef LOSCHMIDT (1821–1895) osztrák vegyész számolta ki 1865-ben a → kinetikus gázelmélet segítségével.

**az anyagmegmaradás elve** (fiz, kém) a XVIII. századi tudomány egyik legjelentősebb eredménye. Mihail Vasziljevics LOMONOSZOV (1711. nov. 8. – 1765. ápr. 6.) orosz költő, festő és természettudós akadémikus Leonhard EULER (Bázel, 1707. ápr. 15. – Szentpétervár, 1783. szept. 18.) svájci matematikus és fizikus akadémikushoz írt francia nyelvű levelében fejtette ki az energia és ~t, illetve mai felfogásunk szerint a tömegmegmaradás és a mozgásmennyiség-megmaradás (impulzus-megmaradás) törvényét: „Minden változás, amely a természetben történik, úgy megy végbe, hogy ha valami hozzátevődik valamihez, akkor ugyanannyi elvételik valami másból. Így amennyi anyag csatlakozik valamely testhez, ugyanannyi vételik el a másiktól: ahány órát fordítok alvásra, ugyanannyit veszek el az ébrenlétből stb. Minthogy ez általános természeti törvény, kiterjed még a mozgás szabályaira is, s az a test, amely a maga lökésével mozgásba hoz egy másikat, ugyanannyit veszít a maga mozgásából, mint amennyit a másikkal közölt, amelyet mozgásba hozott.”

Forrás: P. Sz. Kudrjavcev: *A fizika története*, Akadémia Kiadó, Bp. 1951. pp. 333.

A zseniális, de tragikus sorsú Antoine Laurent de LAVOISIER (1743. aug. 26. - 1794. máj. 8.) francia vegyész, akadémikus halhatatlan érdeme, hogy lerakta a modern kémia tudományos alapjait: 1773-ban kísérletileg is igazolta a → tömegmegmaradás törvényét, kidolgozta az égésméleletet és megoldotta a víz analizisét és szintézisét, lerakta a sztöchiometria alapjait. Sajnos a francia forradalom vele sem kivételezett; zsarolás és adóbehajtás vádjával elítélték és nyaktilóval kivégezték.

Megjegyzés: A *flogiszon* nevű „anyag”, amellyel a 17. században az égés folyamatát próbálták magyarázni, a kémia fejlődésének egyik mérföldköve volt. A flogiszonelméletet végül LAVOISIER cáfolta meg, aki más vegyész munkáin – (Cavendish, Scheele, Priestley) alapuló elméletével bizonyította az oxigén égési folyamatban

való részvételét, és a flogiszton elmélet tarthatatlanságát.



LAVOISIER világszerte irigyelt szépségű feleségével, híres kísérleti berendezései mellett  
Forrás: [s293.photobucket.com](https://s293.photobucket.com)

**az** → általános relativitáselmélet kísérleti bizonyítékai (fiz) a csillagásztól kapott eredmények, ugyanakkor ezek értelmezése a fizika és azon belül a csillagászat számára inspirálóak ~ közül a legfontosabbak: → fényelhajlás a Nap közelében, a → Merkúr-bolygó perihélium mozgása és a → vöröseltolódás.

**az EINSTEIN-féle és a GALILEI-féle relativitás elv viszonya** (fiz) a vonatkoztatási rendszerek közötti kapcsolatot tisztázza. Az EINSTEIN-féle relativitás elv minden fizikai törvényre mondja ki azt, amit a → GALILEI-féle relativitás elv csak a mechanikai törvényekre mondott ki. A két relativitás elv között nincs ellentmondás! Az EINSTEIN-féle elv a GALILEI-féle relativitás elv általánosítása. A → fénysebesség állandóságának axiómája azonban kifejezetten ellentmondásban van a klasszikus fizikával.

**állandó állapot elmélete** (fiz) az  $\sim t$  (steady state universe) eredetileg Albert EINSTEIN fogalmazta meg 1930-ban. Az állandó állapotú Világegyetem elmélete szerint a Világegyetem örök, általános megjelenését bárholnan tekintve változatlan. Ez az elmélet tehát egy olyan Univerzumot feltételez, amelynek nincs kezdete v. vége az időben, és minden kozmikus korszakban nagyjából ugyanúgy fest, tágulása ellenére. A tágulást az ún. *teremtőmező*(k)ben keletkező anyag folyamatosan kompenzálja. A teremtőmező *negatív energiájú* térrész. Az elmélet az 1950-60-as években hódított (H. BONDI, F. HOYLE, J. V. NARLIKAR).

Megjegyzés: Hermann BONDI (1919. nov. 1, Bécs – 2005. szept. 10, Cambridge), osztrák/brit matematikus, kozmológus, Fred HOYLE (1915. jún. 24, Bingley, UK – 2001. aug. 20, Bournemouth, UK), angol kozmológus, matematikus, csillagász, Jayant Vishnu NARLIKAR (1938. júl. 19, Kolhapur, India - ), indiai kozmológus.

**állandó mágneses tér** (fiz) Időben állandó (stacioner),  $B$  indukciójú mágneses teret  $\sim$ nek nevezünk. Ilyennek tekintjük például a Föld mágneses terét, az iránytűket, a → permanens mágneseket.

Megjegyzés: A földi mágneses tér északi pólusa a földtengely északi pólusa közelében van; az innen kilépő erővonalak a déli mágneses póluson és a föld magján keresztül záródnak. Az iránytű tujén jelzett északi pólus ezért *fizikailag* déli mágneses pólus.

**állapot** (fiz) egy fizikai v. kémiai rendszer tulajdonságainak, jellemzőinek összessége. Az  $\sim$ ok megváltozása és a tulajdonságok megváltozása között kapcsolat van.

**állapotegyenlet** (fiz) a → termodinamikában a rendszer → állapothatározói (általában a  $p$  → nyomás [Pa], a  $V$  → térfogat [m<sup>3</sup>], a  $T$  → hőmérséklet [K]) közötti kapcsolat. Az → ideális gázok  $\sim$ e a  $pV=nRT$  összefüggés, ahol  $n$  a gáz kémiai anyagmennyisége molban,  $R$  az → egyetemes gázállandó.

**állapotfüggvény** (fiz)

(1) a  $\rightarrow$ [termodinamika](#) rendszer olyan fizikai jellemzője, amely a termodinamikai folyamat lefolyásától függetlenül a kezdeti és végállapotokhoz tartozó  $\rightarrow$ [állapotjelzők](#) egyértelmű függvénye. Ilyen  $\sim$ -ek a  $\rightarrow$ [belső energia](#),  $\rightarrow$ [entalpia](#),  $\rightarrow$ [entrópia](#).

(2) az  $\sim$  v.  $\rightarrow$ [hullámfüggvény](#) olyan függvény (vektor), amely egy fizikai  $\rightarrow$ [rendszer](#) teljes állapotát írja le. Az  $\sim$  azonban egy adott rendszert nem határoz meg egyértelműen, azaz ugyanazt a rendszert végtelen sok eltérő  $\sim$  is leírhatja.

**állapothatározók** (állapotjelzők) (fiz) a vizsgált fizikai rendszer  $\rightarrow$ [állapot](#)ának leírására alkalmas fizikai mennyiségek, amelyek között megkülönböztetünk egyszerű (pl.  $\rightarrow$ [térfogat](#)  $\rightarrow$ [nyomás](#),  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#), részecskeszám) és származtatott (az egyszerűekből felépített, mint pl.: energia, entrópia)  $\sim$ -at. Az  $\sim$  viselkedésük jellege szerint lehetnek  $\rightarrow$ [extenzívek](#) ill.  $\rightarrow$ [intenzívek](#).

**állapottér** (fiz) a fizikai rendszer  $\rightarrow$ [állapot](#)át jellemző  $\rightarrow$ [állapothatározók](#)ból felépített  $n$ -dimenziós euklideszi tér. Az állapotváltozók értéke minden pillanatban az  $\sim$  egy pontjának felel meg. Az állapotváltozás (a  $\rightarrow$ [termodinamika](#)ban szigorúan véve csak az egyensúlyi állapotokon keresztüli  $\rightarrow$ [állapotváltozás](#)) az  $\sim$ -ben egy görbének (trajektóriának) feleltethető meg. Két állapotváltozó esetén az állapotsíkban (pl.  $p, V$ ) lerajzolható.

**állapotváltozás** (fiz) a rendszer folyamatai során történő, az  $\rightarrow$ [állapothatározók](#)ban v. azok értékeinek változásával nyomon követhető változás.

**állapotváltozók** (fiz) egy vizsgált fizikai rendszer azon változóinak legkisebb csoportja, amelyek ismeretében a rendszer többi változója meghatározható.

**állásszög** (műsz, rep) a repülőgépszárny húr hossza és a szárnytól távoli  $\rightarrow$ [áramlási sebesség](#) iránya által bezárt szög. Az  $\sim$ -et a repülőgép-vezető a botkormány v. szarvkormány előrenyomásával csökkenti, hátrahúzásával pedig növeli.

**állóhullámok** (fiz) egymással szemben haladó egyenlő  $\rightarrow$ [amplitúdó](#)jú,  $\rightarrow$ [frekvenciá](#)jú és  $\rightarrow$ [polaritás](#)ú hullámok  $\rightarrow$ [interferenciá](#)ja esetén fellépő jelenség. A kialakult  $\sim$  két alapvető jellegzetessége kísérletileg is megfigyelhető. Az egyik az, hogy pl. a rezgő test különböző részei nem egymás után, hanem egyszerre végzik  $\rightarrow$ [rezgés](#)üket. A másik jellegzetesség az amplitúdó-eloszlásnál figyelhető meg. Bizonyos pontok nyugalomban vannak (ezek a  $\rightarrow$ [csomópont](#)ok), ill.  $\rightarrow$ [elektromágneses hullám](#)ok esetén a csomópontokban zérus az elektromágneses tér, mások pedig maximális kitéréssel végzik rezgésüket (ezek a  $\rightarrow$ [duzzadási helyek](#)). (Pl. egy nagyobb teljesítményű állóhullámú  $\rightarrow$ [antenna](#) csomópontjait akár meg is lehet fogni, de a duzzadási helyek érintése áramütéssel járhat, tehát életveszélyes.)

**általános relativitáselmélet** (fiz) annyiban „általános” elmélet, hogy míg a speciális  $\rightarrow$ [relativitáselmélet](#) csak  $\rightarrow$ [inercia-rendszer](#)ekben érvényes, addig az  $\sim$  axiómái gyorsuló rendszerekre is érvényesek. Az  $\sim$

**első axiómája**: található olyan transzformációs szabály, amely tetszés szerinti gyorsuló rendszerek közötti átmenetkor is megőrzi a fizikai törvények matematikai alakját. Ez az ún. általános relativitás elve. A speciális relativitáselmélet megfelelő axiómáját megkülönböztetésül speciális relativitás elvnek nevezik.

**második axiómája**: a tehetetlenségi és a gravitációs erőter egyenértékűsége.

Az  $\sim$ -nek a világmindenségre, kozmológiai kérdésekre alkalmazása: a világ tér-idő-beliségét hogyan határozza meg a világ anyageloszlása?

- A kozmológia az  $\sim$ -tel vált tudománnyá.

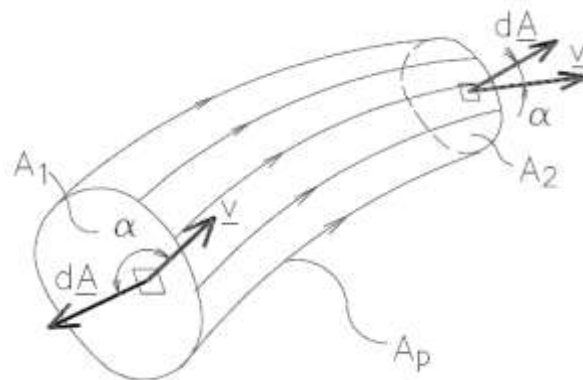
- Korunkban az anyag legkisebb részeinek kutatása és a világmindenségre vonatkozó kutatások összefonódnak:
    - részecskék kölcsönhatása laboratóriumban vizsgálható;
    - a Napban  $H \rightarrow He$  fúzió megy végbe, részecskefizikai folyamatok mennek végbe a csillagokban, a világmindenségben.
  - A részecskefizika óriási ütemben fejlődik:
    - 1932-ig 3 részecskét ismert a tudomány, ma nagyságrendileg 300-at.
    - Néhány évtizede még „elemirész fiziká”-ról beszéltünk, ma már tudja a tudomány, hogy a részecskéknek is van belső szerkezete, nem elemiek.
- Korunkban több rivális kozmológiai elmélet létezik, bizonyosságául annak, hogy vannak nyitott megoldatlan kérdései a kozmológiának. Ezek megoldása részecskefizikai és csillagászati eredményekkel összefüggésben várható.

**áram**  $\rightarrow$  áramerősség

**áramcső** (fiz, hidr) speciális  $\rightarrow$  áramfelület, amelynél az  $\rightarrow$  áramvonalak egy zárt görbére illeszkednek. Az alábbi ábrán az  $\sim$  palástjára illeszkedő áramvonalak közül tüntettünk fel néhányat. (Az ábra a vektormennyiségeket aláhúzással jelöli.) Az összenyomhatatlan folyadékoknál  $A_1$  és  $A_2$  felületen átáramló folyadék  $\rightarrow$  térfogatárama egy adott pillanatban egyenlő egymással és bármelyik közbülső  $A$  keresztmetszeti felületen számított térfogatárammal:

$$\iint_{A_1} \underline{v} d\mathbf{A} = \iint_{A_2} \underline{v} d\mathbf{A} = \iint_A |\underline{v}| \cos \alpha dA$$

Ez az egyenlőség a  $\rightarrow$  folytonosság tételének speciális esete. Ha az  $A_1$  v.  $A_2$ , illetve bármelyik közbülső  $A$  felület zérushoz tart, akkor az  $\sim \rightarrow$  áramfonallá válik. Ilyenkor az  $\sim A_p$  palástfelülete is zérushoz tart.



Forrás: LAJOS Tamás: *Az áramlástan alapjai*, előadási jegyzet. Bp. 1992. p. 30. (3.7. ábra)

**áramerősség** (fiz, vill) (jele:  $I$ , mértékegysége: 1 A, André-Marie AMPÉRE [1775. jan. 22, Lyon – 1836. jún. 10, Marseille, francia fizikus, kémikus, matematikus] tiszteletére) Az  $I$  elektromos  $\sim$ et a vezető teljes keresztmetszetén 1 s alatt áthaladó  $\rightarrow$  töltés mennyiségével definiáljuk.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Az  $\sim$  SI mértékegysége  $1$  Coulomb/másodperc (C/s), amelyet ampernek nevezünk (jele: **A**) AMPÉRE az elektromos áram mágneses hatásának kutatója volt. (Ma az SI mértékegység-rendszerben az  $\sim$ et mágneses hatása alapján definiáljuk.)



**áramfelület** (fiz, hidr) Az ~et egy kijelölt vonalra illeszkedő →áramvonalak alkotják, amelyeket az →áramlási sebesség vektorai érintik. Ezért az ~en nincsen átáramlás. Bármely áramlásba helyezett felület, amelyen nincs átáramlás (pl. egy szilárd testé), áramfelület.

**áramfonal** (fiz, hidr) elemi keresztmetszetű →áramcső

**áramlási sebesség** (műsz, fiz) áramló folyadék →sebessége, amely a térkoordináták és az idő függvényeként írható le. A →hidraulikában a →térfogatáram és az áramlási keresztmetszet hányadosaként számított átlagsebességgel helyettesítjük az ~et.

**áramlásos hőközlés** (műsz, fiz) v. →hőátadás a testek közti →hőközlésnek az a módja, amelynél az energiát áramló folyadék közvetíti. A  $q$  →hőáram kiszámítására NEWTON javasolta az alábbi képletet, amelyben  $\alpha$  a →hőátadási tényező jele és  $A$  jelöli a hőt leadó v. felvevő szilárd test folyadékkal érintkező felületét:

$$q = \alpha A (\vartheta_1 - \vartheta_2)$$

Pl. csődarab esetén

$$A = 2\pi r l,$$

tehát a belső és a külső termikus ellenállás:

$$R_b = \frac{1}{\alpha_b 2\pi r_1 l} \quad R_k = \frac{1}{\alpha_k 2\pi r_2 l}.$$

Az eredő termikus ellenállás a csőfalban történő →hővezetés termikus ellenállásával együtt:

$$R_\vartheta = R_b + R_\lambda + R_k.$$

**áramlástan** (fiz, hidr, rep) a folyadékok és légnemű testek mechanikája. Lásd még →aerodinamika!

**árammal átjárt vezetőre ható erő** (fiz) Amennyiben a →töltések vezetőben mozognak, úgy a →LORENTZ-erőt leíró törvény alapján felírható:

$$\Delta \mathbf{F} = \Delta q \frac{d\mathbf{l}}{dt} \times \mathbf{B} = \frac{dq}{dt} \Delta \mathbf{l} \times \mathbf{B} = I \Delta \mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

$I$  árammal átjárt  $l = |\mathbf{l}|$  hosszúságú egyenes vezetőre  $\mathbf{B}$  indukciójú →homogén mágneses térben  $\mathbf{F}$  →erő hat.

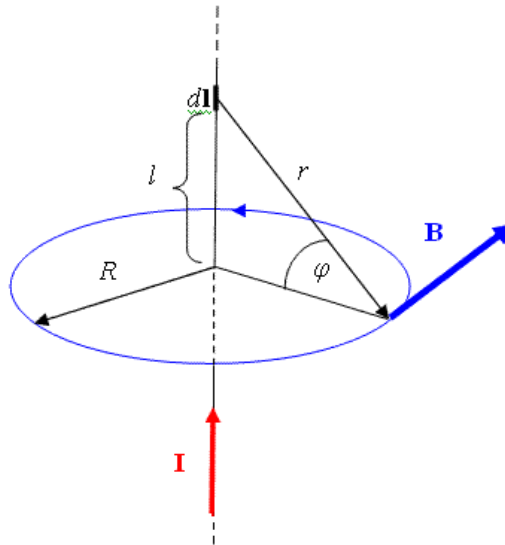
$$\mathbf{F} = I \mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

**árammal átjárt vezető tere** (fiz) A →BIOT-SAVART törvény integrális alakjával számolhatjuk ki egy tetszőleges  $g$  görbe mentén folyó  $I$  áram mágneses terét.

$$\mathbf{B} = \int_g d\mathbf{B} = \left( \frac{\mu_0}{4\pi} \right) I \int_g \frac{d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^2 |\mathbf{r}|}$$

Végtelen hosszú,  $I = |\mathbf{I}|$  árammal átjárt egyenes vezető mágneses tere hengersizmetrikus, amelynek szimmetriatengelye az áramvektor. Az áramtól  $R$  távolságra a  $B$  indukció nagysága:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$



árammérő → ampermérő

áramsűrűség (fiz) (jele:  $\mathbf{J}$ , mértékegysége:  $1 \text{ A/m}^2$ )  $A \rightarrow$  töltésáramlásból tudjuk, ha egy huzalban  $n$  az egységnyi  $\rightarrow$  térfogatban lévő vezetési  $\rightarrow$  elektronok száma,  $e$  az elektronok töltése,  $v_d$  az elektronok sebességátlaga és  $A$  a huzal keresztmetszete, akkor az áram:

$$I = nev_d A$$

Ilyenkor célszerű az  $\sim$  fogalmát bevezetni, amelyet az adott pontban az egységnyi felületen átfolyó  $\rightarrow$  áramerősséggel határozunk meg.

Ha az  $A$  felület merőleges a vezeték középvonalára, akkor

$$J = \frac{I}{A} = nev_d$$

Ha nem csak elektronvezetés esetére általánosítjuk a képletet, hanem tetszőleges  $q$  töltés mozgására, akkor vektoriális alakban írhatjuk a  $\mathbf{J}$  áramsűrűségre [ $\text{A/m}^2$ ]:

$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d$$

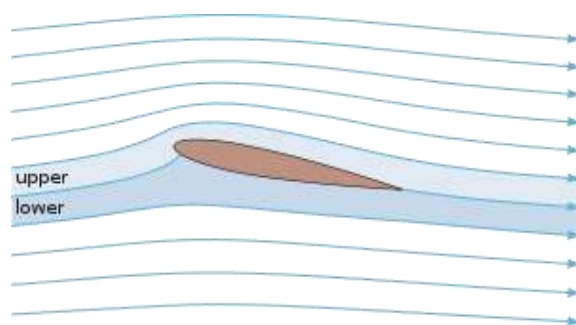
A vezetéket metsző tetszőleges helyzetű  $A$  felületen átfolyó áram erőssége  $I$  az áramsűrűség felületi integrálja:

$$I = \int_A \mathbf{J} d\mathbf{A}$$

áramszál (fiz, hidr)  $\rightarrow$  áramfonal

áramvezető (fiz)  $\rightarrow$  vezető

áramvonal (fiz, hidr) mozgó (cseppfolyós v. légnemű) folyadék v. gáz áramlási viszonyait jellemző térgörbe, amelynek érintőjére illeszkedik minden pontban az ottani  $\rightarrow$  áramlási sebesség vektora.  $\rightarrow$  stacionárius áramlás esetén az  $\sim$ ak egybeesnek a mozgó részecskék  $\rightarrow$  pályájával. (Az  $\sim$  egy adott pillanatban a  $\rightarrow$  sebességvektorok burkológörbéje.) Ha az  $\sim$ akat úgy ábrázoljuk, hogy felületegységenként annyi haladjon át, amennyi a  $\rightarrow$  térfogatáram  $\rightarrow$  mérőszáma, akkor az  $\sim$ ak sűrűsége az áramlási sebességet jól szemlélteti (ahol sűrűbb, ott nagyobb az áramlási sebesség abszolút értéke és kisebb a nyomás, ahol ritkább, ott kisebb az áramlási sebesség abszolút értéke és nagyobb a nyomás).

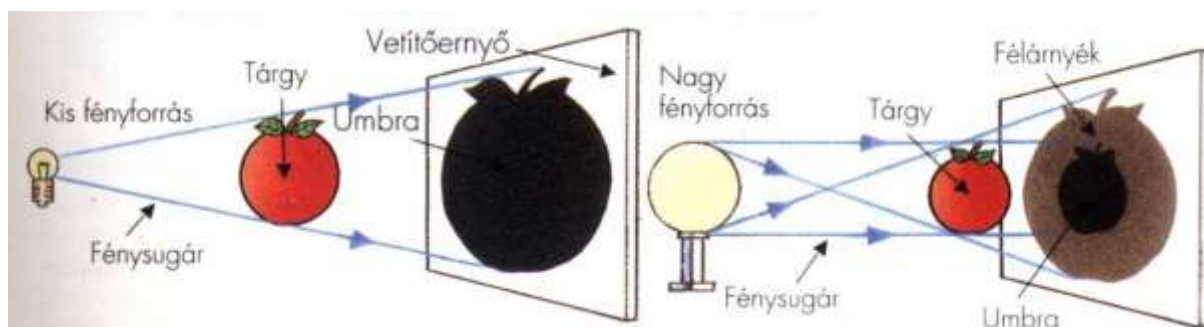


NACA 0012 szárnyprofil körüli kis állásszögű áramlás áramvonalai

Forrás: [http://hu.wikipedia.org/wiki/Felhajt%C3%B3er%C5%91\\_\(aerodinamika\)\\_Streamlines\\_around\\_a\\_NACA\\_0012.svg](http://hu.wikipedia.org/wiki/Felhajt%C3%B3er%C5%91_(aerodinamika)_Streamlines_around_a_NACA_0012.svg)

**áramvonal nyaláb** (fiz, hidr) az  $\sim$ -ot  $\rightarrow$  áramcső vel határolt  $\rightarrow$  áramvonalak alkotják.

**árnyék** (fiz) az  $\sim$  egy megvilágított, át nem látszó test mögött a fény egyenes vonalú terjedése miatt keletkező fénymentes, sötét térrész. Alakja és nagysága függ a megvilágított test és a fényforrás alakjától, méretétől, valamint (pontszerű fényforrás esetén) a fényforrás és a tárgy közötti távolságtól. Az árnyék széle általában nem éles; ennek oka a tárgy szélein keletkező  $\rightarrow$  fényelhajlás és a fényszórás.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 19.

**átalakító** (műsz) segítségével az  $\rightarrow$  energiaformák ideális esetben veszteség nélkül, a valóságban korlátozott veszteséggel egymásba átalakíthatóak. Pl. a villamos motor-generátor a  $\rightarrow$  mechanikai energia és a villamos energia között végez jó  $\rightarrow$  hatásfokú átalakítást. A villamos jelszint (pl. illesztés céljából történő) átalakítására vagy a fordulatszám (ill. nyomaték) módosítására  $\rightarrow$  transzformátor okat alkalmazunk. Ha a változók típusát kell fölcserélni, akkor  $\rightarrow$  girátort alkalmazunk.

**áteresztőképesség** (fiz) Jellemző adat, amely azt fejezi ki, hogy az egyes anyagok más anyagok mekkora áramát képesek át bocsátani.

**átfordító váltó** (műsz) olyan  $\rightarrow$  váltó, amelynél a bemenő változók fajtája és típusa is megváltozik. Pl.  $\sim$  egy hidraulikus munkahenger, amelynél lineáris kapcsolat van a K-típusú mechanikai  $\rightarrow$  sebesség és az Á-típusú  $\rightarrow$  térfogatáram, ill. az Á-típusú mechanikai  $\rightarrow$  erő és a K-típusú  $\rightarrow$  nyomás között. Az  $\sim$ -t szokták egyszerűen fordítóváltónak, v.  $\rightarrow$  girátornak is nevezni.

**Á-típusú tároló** (műsz) olyan  $\rightarrow$  tároló, amely az energiát átmenő változó révén tárolja. Pl. ilyen a  $\rightarrow$  rugó, amely az  $\rightarrow$  erő, az  $\rightarrow$  önindukciós tekercs, amely a  $\rightarrow$  villamos áram révén tárol az  $\rightarrow$  Á-típusú változó négyzetével arányos energiát.

**Á-típusú változó** (műsz) valamely  $\rightarrow$  extenzív mennyiség időszerinti deriváltja, amely az extenzív mennyiség áramsűrűség-vektorának v. -tenzorának felületi integrálja v. az integrál

egyik komponense. Ez a változó a rendszerem mindkét végpontján azonos értékű. ~ pl. a →[villamos áram](#), az →[erő](#) egyik komponense, a →[tömegáram](#) és a →[térfogatáram](#).

**átlagsebesség** (fiz, hidr)

(1). az az állandó →[sebesség](#), amellyel egy adott →[elmozdulás](#) (amelyre az ~et számítjuk) egyenletes mozgással ugyanannyi idő alatt tehető meg, mint a valóságban változó mozgással. Képlete:

$$v_{\text{átl}} = \frac{1}{t} \int_0^t v dt$$

Egyenes vonalú, egyenletesen változó mozgás esetén az ~ a kezdő és a végsebesség számtani közepe:

$$v_{\text{átl}} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

Ha adott a gyorsulás  $a$  értéke és az út megtételéhez szükséges  $t$  idő, akkor az ~:

$$v_{\text{átl}} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{v_1 + v_1 + at}{2} = v_1 + \frac{at}{2}.$$

(2). az →[áramlástan](#)ban az →[áramlási sebesség](#) időbeli átlagértéke valamely rögzített pontban. Nem szabad összetéveszteni az ún. →[középsébséggel](#).

**átlátszó közeg** (fiz) Az ~ szabályosan áteresztő, és a színek szóba jöhető tartományában megfelelően nagy, szabályos →[áteresztőképességű](#) közeg.

**átmenőváltozó** (műsz) →[Á-típusú változó](#)

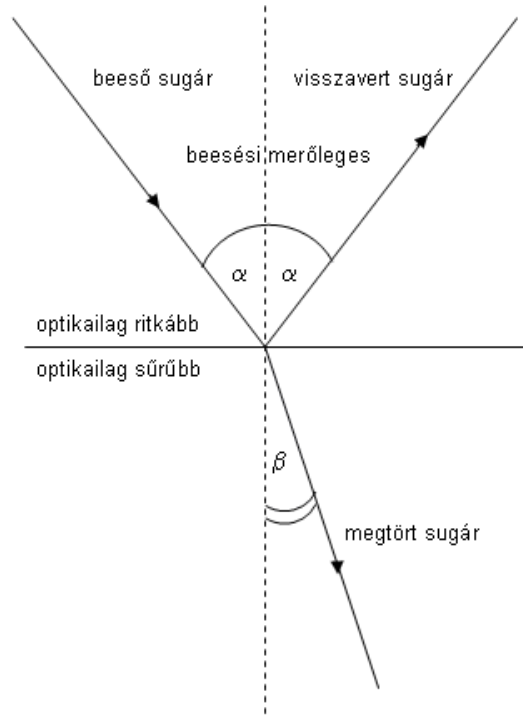
**barion** (fiz) barionnak nevezzük a protonokat, neutronokat és a hiperonokat. A "barion" kifejezés a görög "barüsz" ("nehéz") szóból származik, mivel nehezebbek, mint a legtöbb elemi részecske. A "hiperon" név a nukleonoknál nagyobb tömegre utal. A barionok mindegyike részt vesz az alapvető kölcsönhatásokban, feles vagy félegész spinűek, azaz [fermionok](#), ezért érvényes rájuk a FERMI-DIRAC statisztika és a PAULI-féle kizárási elv. A bariontöltés megmaradásának értelmében barion-antibarion párban, nagyenergiájú folyamatokban keletkeznek.

**barométer** (fiz) v. légsúlymérő szolgál a légköri →[nyomás](#) mérésére. Van higanyos és anero-id v. szelencés ~ is. Tengerszinten az átlagos →[légnomás](#) mérésekor 76 cm magas a higanyoszlop a folyadékos ~ben.

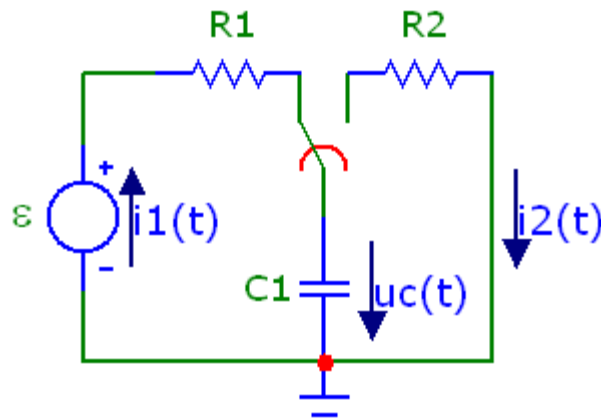
**beesési merőleges** (fiz) →[Optikai közegek](#) határára vagy visszaverő felületre beeső sugárzás beesési pontjában a felületre emelt merőleges. Ez megegyezik a beesési pontban a felület *normálisával*.

**beesési sík** (fiz) a beeső sugár és a →[beesési merőleges](#) (normális) által meghatározott sík. A *visszavert sugár* is a ~ban halad tovább. A visszavert fény részben v. teljesen →[polarizált](#).

**beesési szög** (fiz) →[Optikai közeg](#) határára beeső fénysugár és a →[beesési merőleges](#) (a felület normálisa) által bezárt szög (az ábrán  $\alpha$ ). Optikai közeghatáron a beesési és visszaverődési szög egyenlő.

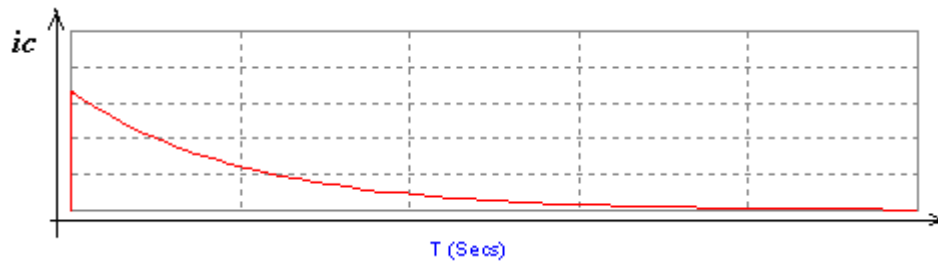


**bekapcsolási jelenség, RC tag** (fiz) Egyenáramú hálózatban a  $\rightarrow$ feszültség és a  $\rightarrow$ villamos áram általában időben állandó. Azonban, ha  $\rightarrow$ kondenzátorra egyenáramot kapcsolunk v. a feltöltött kondenzátort kisütjük, akkor folyamatosan töltődik (v. kisül), és változik a feszültsége. Ha pedig a kondenzátornak állandó a feszültsége, akkor állandó a  $\rightarrow$ töltése is, tehát a töltésváltozás, azaz az áram nulla. Vizsgáljuk meg, hogyan változik a feszültség és az áram, ha kondenzátorból és  $\rightarrow$ ellenállásból álló soros áramkörre kapcsolóval egyenfeszültséget kapcsolunk.

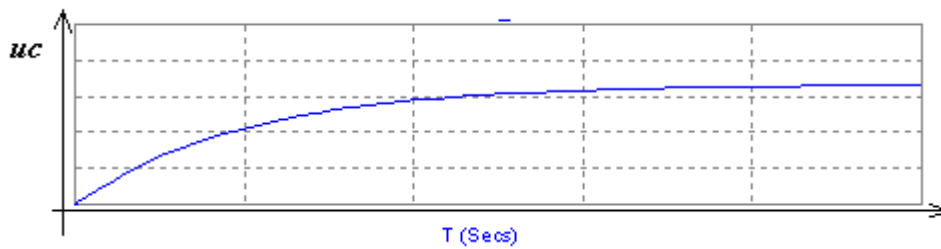


Feltöltés:

$$i_1(t) = \frac{\varepsilon}{R_1} e^{-\frac{t}{R_1 C_1}}$$

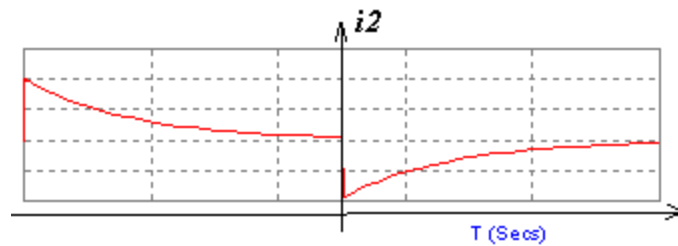


$$u_c(t) = \varepsilon \left( 1 - e^{-\frac{t}{R_1 C_1}} \right)$$

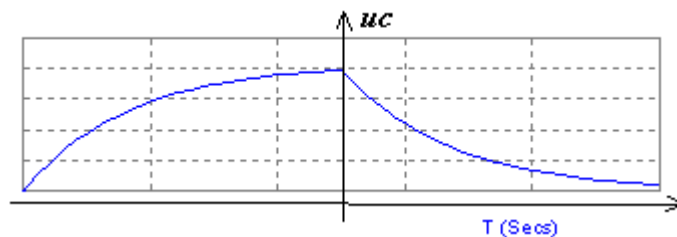


Kisütés:

$$i_2(t) = -\frac{\varepsilon}{R_2} e^{-\frac{t}{R_2 C_1}}$$

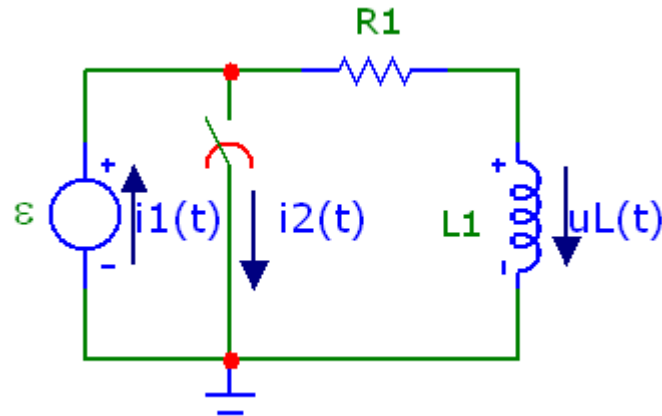


$$u_c(t) = \varepsilon e^{-\frac{t}{R_2 C_1}}$$



Megjegyzendő, hogy általában az ún. *időállandó* ( $\tau = RC$ ) elteltének háromszorosa alatt kb. beáll a stacionárius állapot. Az időállandó értékét a  $T=0$  időpillanatban a be-, ill. kikapcsolási görbéhez húzott érintő kimetszi az időtengelyen.

**bekapcsolási jelenségek RL áramkörben** (fiz)  $\rightarrow$  ellenállás és tekercset sorba kapcsolunk úgy, hogy a rajtuk átfolyó  $\rightarrow$  áram időben változik. Azonban a tekercs árama az időnek folytonos függvénye kell hogy legyen, ellenkező esetben végtelen nagy  $\rightarrow$  feszültség indukálna, ami lehetetlen. Vizsgáljuk meg, hogyan változik a feszültség és az áram, ha tekercsből és ellenállásból álló soros áramkörre kapcsolóval egyenfeszültséget kapcsolunk.



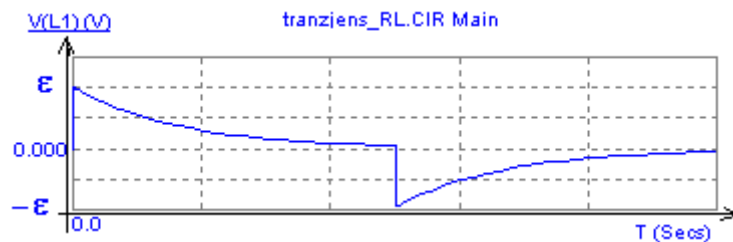
**Feszültségek nyitott kapcsolónál:**

$$u_{L1}(t) = \varepsilon e^{-\frac{R_1 t}{L_1}} \quad u_R(t) = \varepsilon \left( 1 - e^{-\frac{R_1 t}{L_1}} \right)$$

**Feszültségek bezárt kapcsolónál:**

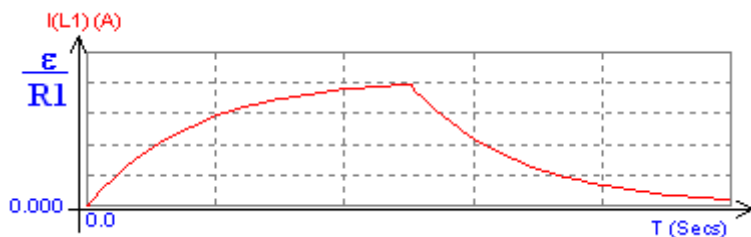
$$u_{L1}(t) = -\varepsilon e^{-\frac{R_1(t-t_k)}{L_1}}$$

$$u_R(t) = \varepsilon e^{-\frac{R_1(t-t_k)}{L_1}}$$



**Áram nyitott és bezárt kapcsolónál:**

$$i_1(t) = \frac{\varepsilon}{R_1} \left( 1 - e^{-\frac{R_1 t}{L_1}} \right) \quad i_2(t) = \frac{\varepsilon}{R_1} e^{-\frac{R_1(t-t_k)}{L_1}}$$



**belső energia** (músz, fiz) (jele:  $E$  v.  $U$ , mértékegysége: 1 J) a termodinamikai test hőmozgásából és az ún.  $\rightarrow$  nultponti energiából kiadódó  $\rightarrow$  energia, amely  $\rightarrow$  extenzív mennyiség és  $\rightarrow$  állapotfüggvény. Az  $\rightarrow$  ideális gázok fajlagos, azaz egységnyi  $\rightarrow$  tömegre jutó  $\sim$ -ja (jele:  $\varepsilon$ ) csak a hőmérséklettől függ. A valóságos gázok fajlagos  $\sim$ -ja nemcsak a hőmérséklettől, hanem a  $v \rightarrow$  fajtérfogattól is függ:

$$\varepsilon = \int c_v(T) dT + \frac{a}{v} + \varepsilon_0,$$

ahol  $a$  a  $\rightarrow$  van der WAALS-egyenlet egyik paramétere,  
 $c_v(T)$  az állandó térfogaton mért  $\rightarrow$  fajhő hőmérséklettől való függését fejezi ki és

$\varepsilon_0$  a fajlagos nullponti energia.

Mivel a  $\sim$  a  $\rightarrow$ [rendszer](#)en belüli mikroszkopikus mozgásformákhoz tartozó, rendszertelen mozgástípusok energiáiból adódik össze, ezért a  $\sim$ -ban a rendszer makroszkopikus mozgásainak energiái nincsenek benne.

**belsőégésű motor** (fiz,műsz) a gázgépeknek olyan csoportja, amelyben a levegővel kevert tüzelőanyag elégésekor (robbanásakor) keletkező gáz mozgatja a dugattyút. A dugattyú alternatív mozgását forgattyús hajtómű alakítja át forgó mozgássá. Legismertebb és legelterjedtebb  $\sim$ -ok a kétütemű benzinmotorok, a négyütemű OTTO-féle benzinmotorok és a dízelmotorok.

**belső kvantumszám** (fiz) a kvantumtérelméletben alapvetően kétféle szimmetriát különböztünk meg: téridő és belső  $\rightarrow$ [szimmetria](#). A belső szimmetriákhoz (leptonszám, barionszám, elektromos töltés megmaradása) kötődő kvantumszámokat  $\sim$ -nak nevezzük.

**BERNOULLI effektus** (fiz, rep) Daniel BERNOULLI (1700. febr. 8.-1782. márc. 17.) svájci matematikus, fizikus, orvos 1738-ban jelentette meg *Hydrodynamica sive de viribus et motibus fluidorum commentarii* c. könyvét, amelyben lefektette az  $\rightarrow$ [áramlástan](#) alapjait, és számos áramlási jelenség magyarázatát is leírta. Ezek közé tartozik a  $\sim$  is; a  $\rightarrow$ [BERNOULLI-egyenlet](#) értelmében a gyorsabban áramló folyadék  $\rightarrow$ [statikus nyomás](#)a kisebb, mint a lassabban mozgóé v. a nyugvóé. A  $\sim$ -t szokták áramlástan paradoxonnak is nevezni (pl. ha két párhuzamos papírlap közé levegőt fújunk, akkor a papírlapok összetapadnak).

**BERNOULLI-egyenlet** (műsz, fiz) az egységnyi  $\rightarrow$ [térfogatú](#) folyadékra  $\rightarrow$ [stacionárius áramlás](#) esetén érvényes energia-megmaradási törvényt kifejező  $\rightarrow$ [BERNOULLI törvény](#) leírására alkalmas képlet:

$$p + \frac{\rho}{2}v^2 + \rho gz = \text{állandó},$$

ahol  $p$  a  $\rightarrow$ [statikus nyomás](#),  
 $\rho$  a  $\rightarrow$ [sűrűség](#) és  
 $v$  az  $\rightarrow$ [áramlási sebesség](#) abszolút értéke.

A  $\sim$  felírható úgy is, hogy az áramló folyadék sűrűségével elosztjuk a fenti – nyomás dimenziójú tagokból álló – egyenletet:

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz = \text{állandó}$$

A  $\sim$ -nek ez az alakja  $\rightarrow$ [entalpiák](#) összegét tartalmazza.  $\rightarrow$ [instacionárius áramlás](#) esetén a  $\sim$  kiegészül egy határozott integrállal. A  $\sim$  úgy is levezethető, ha az  $\rightarrow$ [EULER egyenlet](#) mindkét oldalának vonalintegrálját vesszük az áramlási tér két (pl. 1-gyel és 2-vel jelölt) pontján átmenő  $\rightarrow$ [áramvonal](#), avagy örvényvonal, esetleg a  $\mathbf{v}$  és  $\text{rot}\mathbf{v}$  által kifeszített síkban lévő görbe mentén. Ilyenkor az EULER egyenletben lévő  $\mathbf{v} \times \text{rot}\mathbf{v}$  vektori szorzat és a  $ds$  ívelem skaláris szorzata (vegyes szorzat) zérusértékű. A külső erőter potenciálját  $U$ -val jelölik, amely lehet a  $\rightarrow$ [gravitációs gyorsulás](#) ( $U_g = gz$ ), v. gyorsuló  $\rightarrow$ [koordináta-rendszer](#)ben a  $\rightarrow$ [gyorsulás](#) következménye, pl.  $\rightarrow$ [forgómozgást](#) végző koordináta-rendszerben  $\rightarrow$ [centrifugális erőter](#) potenciálja:

$$U_c = -\frac{r^2\omega^2}{2} + \text{konst.}$$

A  $\sim$   $\rightarrow$ [instacionárius áramlás](#)ra vonatkozó alakja:



$$\int_1^2 \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} ds + \left[ \frac{\mathbf{v}^2}{2} + \frac{p}{\rho} + U \right]_1^2 = 0$$

A mérnökök alkalmazzák az ún. veszteséges ~et is, amelyben a nulla helyén a  $\Delta p$ -vel jelölt súrlódási veszteség szerepel.

**BERNOULLI törvény** (műsz, fiz) a  $\rightarrow$ munkavégzés és az  $\rightarrow$ energiaváltozás egyenlőségét ki-mondó, speciális esetre érvényes fizikai törvény. Ha az egységnyi  $\rightarrow$ térfogatú áramló köze-gen környezete  $\rightarrow$ statikus nyomása révén munkát végez, akkor ez a  $\rightarrow$ munka egyenlő a közeg mozgási és helyzeti energiájának megváltozásával. A ~t a  $\rightarrow$ BERNOULLI egyenlet írja le az áramló közeg statikus nyomásával és  $\rightarrow$ sebességével kifejezve. A ~ fontos gyakorlati követ-kezménye, hogy ahol növekszik az áramlási sebesség, ott csökken a statikus nyomás. A dina-mikus  $\rightarrow$ felhajtóerő keletkezésének a fizikai háttere a ~ érvényesülése.

**bimetall (kettősfém)** (fiz) két, különböző  $\rightarrow$ hőtágulási együtthatójú rétegből álló, forrasztás-sal, hegesztéssel v. összehengerléssel készített fémszalag. Mivel ennek görbülsége függ a  $\rightarrow$ hőmérséklettől, ezért  $\rightarrow$ hőmérőként, hőmérsékletszabályozó érzékelőjeként, kapcsoló be-rendezésekben áramszaggatóként v. megszakítóként használatos. (pl. háztartási elektromos kismegszakító, lépcsőház-világítási automata stb.).

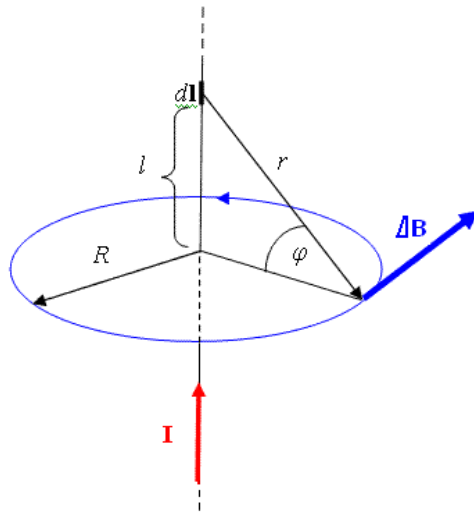
**BIOT-SAVART-törvény** (fiz) 1819-ben Hans Christian ØRSTED (1777. aug. 14, Koppenhága - 1851. márc. 9, Koppenhága, dán fizikus, vegyész, író és költő, az alumínium első előállítója) éppen befejezett egy elektromosságról és mágnességről szóló előadást, amikor az áram hőha-tását illusztráló, árammal átjárt vezető huzalt véletlenül egy  $\rightarrow$ iránytűhöz közelítette. Ennek hatására az iránytű új irányba állt. Egy szemfüles hallgató, aki észlelte a jelenséget, annak oka felől érdeklődött a professzortól, aki gondolkodási időt kért a hallgatóságtól. A következő előadáson adta meg a választ. (A hallgató nevét nem jegyezte fel a fizikatörténet.) Az elekt-romosság és mágnesség közötti kapcsolat felfedezése alapvető fontosságú volt. (Pl. az első távirók áram hatására kitérő iránytűkkel működtek.)

Az elektromos térerősség definíciójából következik, hogy nyugvó elemi  $\Delta q$  töltés  $\Delta \mathbf{E}$  erőteret kelt:

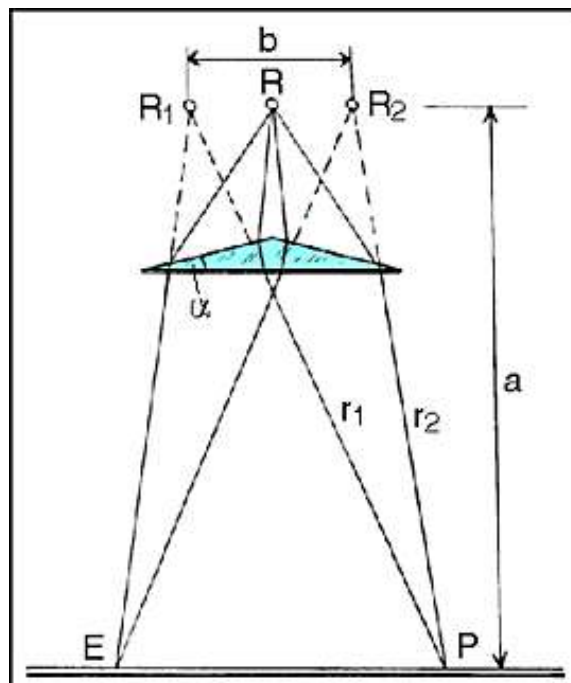
$$\Delta \mathbf{E} = \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right) \frac{\Delta q \mathbf{r}}{r^2 |\mathbf{r}|}$$

Most egy ehhez hasonló egyenletet írunk fel, amely azt mutatja meg, hogy egy  $dl$  elemi hosz-szúságú vezetődarabon átfolyó  $I \rightarrow$ villamos áram mekkora  $d\mathbf{B} \rightarrow$ mágneses fluxussűrűségű erőteret hoz létre a vezető darabtól  $\mathbf{r}$  távolságra. Az összefüggést 1820-ban két francia fizikus, Jean-Baptiste BIOT (1774. ÁPR. 21, PÁRIZS – 1862. FEBR. 3, PÁRIZS) és Félix SAVART (1791. jún. 30, Mézières – 1841. márc. 16, Paris) adta meg elsőként, amelyet tiszteletükre ~nek ne-vezünk.

$$d\mathbf{B} = \left( \frac{\mu_0}{4\pi} \right) \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^2 |\mathbf{r}|}$$



**biprizma** (fiz) Kettős → prizma, amely két, különböző irányban törő prizmából áll.



**bizonytalanság** (fiz) a kvantumfizikában annak mértéke, hogy az ún. kanonikusan konjugált változókat (változó párokat) milyen pontosan tudjuk *egyidejűleg* meghatározni. A HEISENBERG-féle  $\sim$ i elv kimondja, hogy a kvantumfizikában a kanonikusan konjugált változó párok (hely-impulzus, szögelfordulás-impulzuszóránymomentum, energia-idő) egyidejű mérésének hibaszorzata korlátos. Pl.:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{1}{2} (h/2\pi), \quad \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{1}{2} (h/2\pi), \quad \text{ahol } h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js az ún. } \rightarrow \text{PLANCK-állandó.}$$

A HEISENBERG-féle  $\sim$ i elvet W. HEISENBERG 1927-ben publikálta.

Megjegyzés: Werner Karl HEISENBERG (1901. dec. 5, Würzburg – 1976. febr. 1, München), NOBEL -díjas (1932) német elméleti fizikus, Max Karl Ernst Ludwig PLANCK (1858. ápr. 23, Kiel – 1947. okt. 4, Göttingen), NOBEL -díjas (1918) német elméleti fizikus.

**BOHR-magneton** (fiz)  $\sim$ -nak nevezzük a  $\mu_B = eh/4\pi m_e$  mennyiséget, ahol  $e$  az elemi töltés,  $h$  a  $\rightarrow$  PLANCK-állandó,  $m_e$  az elektron töltése. Értéke:  $\mu_B = 927,400\,915(23) \times 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$ .

Megjegyzés: Niels Henrik David BOHR (1885. okt. 7, Koppenhága – 1962. nov. 18, Koppenhága) NOBEL-díjas (1922) dán fizikus.

**BOHR-modell** (fiz) a → [RUTHERFORD-féle atommodell](#) javított változata. A ~ben a pozitív elektromos töltésű [atommag](#) körül keringenek az → [elektronok](#). A BOHR-féle atommodell főbb megállapításai: Az elektron az atommag körül körpályán mozog, a klasszikus mechanika törvényei szerint. Az elektronok csak megengedett sugarú pályákon keringhetnek, amelyeken nem sugároznak, mivel az E energia ezeken a pályákon állandó, azaz az elektron stacionárius állapotban van. (A klasszikus elektrodinamika szerint a gyorsuló villamos töltés sugároz. E szerint az elektron spirális pályán mozogva folytonosan energiát veszítene, és végül belezuhanna az atommagba). A stacionárius állapotok közti átmenetek során az elektron átugrik egyik állapotból (pályáról) a másikba, közben az atom elektromágneses hullámo(ka)t bocsát ki v. nyel el. A két energiaállapot közti különbség egyenlő a kibocsátott vagy elnyelt sugárzás energiakvantumával. Az energiaszintek az elektron impulzuszórájának diszkrét értékeitől függenek. A ~ sikeresen magyarázta a [RYDBERG-formulát](#) és a [hidrogén spektrumát](#), de finomabb részleteket nem tudott megindokolni. A RYDBERG-formula:

$$\frac{1}{\lambda_{\text{vac}}} = R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

ahol

$\lambda_{\text{vac}}$  a részecske által vákuumban kibocsátott → [hullámhossz](#).

$R_H$  a [hidrogén](#) RYDBERG-állandója,  $R_H = \mu_0^2 m e^4 c^3 / 8 h^3$ , ahol  $\mu_0$  a vákuum permeabilitása,  $m$  és  $e$  az elektron tömege, ill. töltése,  $c$  a vákuumbeli fénysebesség és  $h$  a → [PLANCK-állandó](#). Értéke:  $R_H = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ .

$n_1$  és  $n_2$  olyan egészek, melyre  $n_1 < n_2$ .

Megjegyzés: Sir Ernest RUTHERFORD (1871. aug. 30, Nelson [Új-Zéland] – 1937. okt. 19, Cambridge), NOBEL-díjas (1908) új zélandi/brit kémikus és fizikus, Johannes Robert RYDBERG (1854, nov. 8, Halmstad – 1919. dec. 28, Lund), svéd fizikus.

**bolométer** (fiz) készülék, amely a *hősugarak* által okozott csekély hőváltozások megfigyelésére és mérésére szolgál, és a fémek áramvezetési ellenállásának hő okozta változásán alapszik.

**BOLTZMANN-állandó** (fiz) → [BOLTZMANN-féle állandó](#)

**BOLTZMANN-féle állandó** (fiz) (jele:  $k$ ) a ~ a → [termodinamikában](#) és statisztikus fizikában igen fontos, univerzális állandó; az  $\mathcal{R}$  → [egyetemes gázállandó](#) és az  $N_0$  → [AVOGADRO-féle szám](#) hányadosa  $k = \mathcal{R} / N_0$ ; értéke:  $1,38054 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ . Pl. egy termodinamikai test mikroállapotai alapján meghatározható ún. → [termodinamikai valószínűség](#) legvalószínűbb állapothoz tartozó értékének logaritmusát a ~val megszorozva megkapjuk a termodinamikai → [entrópiát](#):  $S = k \log W_{\text{max}}$ .



Ludwig BOLTZMANN (1844–1906) matematikaprofesszor és az elméleti fizika tanszék tanára  
 Forrás: Dr. Kun István felvétele a Bécsi Tudományegyetem kertjében 2010. áprilisában

**bordahatásfok** (műsz) a hűtőborda → hőáramának és az ideális hőáramnak a hányadosa. Az ideális hőáramot azzal a feltételezéssel számítjuk ki, hogy a hűtőborda felületének minden pontjában azonos a → hőmérséklet. A ~ elsősorban a borda alakjától és a borda → hővezetési tényezőjétől függ.

**BOYLE-MARIOTTE-törvény** (fiz) az → ideális gáz → állapotváltozásait leíró törvények egyike, amely nevezetesen  $pV = const.$ , a  $T = const.$  feltétel mellett. ( $p$  → nyomás,  $V$  → térfogat,  $T$  → hőmérséklet.)

Megjegyzés: Robert BOYLE (1627. jan. 25, Lismore Castle –1691. dec. 31, St. Martin) ír kémikus, fizikus, természetfilozófus, Edme MARIOTTE (~1620, Dijon – 1684. máj. 12, Párizs) francia pap, fizikus.

**bozonok** (fiz) teljesen szimmetrikus, összetett → kvantumállapotot alkotó részecskék, amelyek a BOSE-EINSTEIN statisztikának engedelmeskednek, belső spinnel rendelkeznek, amely csak pozitív egész szám lehet. Az → alapvető kölcsönhatásokat a mérték~ (foton,  $W^\pm$ ,  $Z^0$ , gluon, HIGGS [utóbbi a Standard Modell által feltételezett, töltés nélküli, nulla spinű részecske; még nem találták meg. Az LHC-kísérletek egyik fő célja, hogy a 14 TeV-es energián meg-  
 lelik]) közvetítik, amelyek egyes spinű részecskék. Ha a HIGGS-~ tömege 117 és 181 GeV/c<sup>2</sup> között van, akkor a → Standard Modell - majdnem a PLANCK-skáláig - érvényes marad. Minden elemi részecske v. bozon v. fermion, ideértve az atommagokat, atomokat és molekulákat is. Az összetett részecskék a teljes spinjük (egész, illetve félegész) függvényében lehetnek ~, ill. fermionok. Az atommagok nagy része bozon. Míg a fermionok engedelmeskednek a → PAULI-féle kizárási elvnek, addig a ~ra ez nem érvényes; nagy számban kerülhetnek azonos kvantumállapotba.

Megjegyzés: Satyendranath BOSE (1894. jan. 1, Kalkutta – 1974. febr. 4, Kalkutta), indiai matematikus és fizikus. Albert EINSTEIN (1879. márc. 14, Ulm – 1955. ápr. 18, Princeton), NOBEL-díjas német/svájci/amerikai elméleti fizikus, Peter HIGGS (1929. máj. 29, Newcastle, UK - ), angol elméleti fizikus, Wolfgang Ernst PAULI (1900. ápr. 25, Bécs – 1958. dec. 15, Zürich), NOBEL-díjas (1945) osztrák elméleti fizikus.

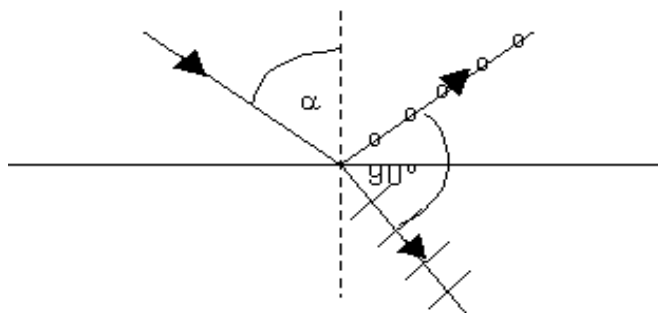
Közvetítő részecske	Töltés (e)	Spin	Tömeg (GeV)	Kölcsönhatás
Foton	0	1	0	elektromágneses

$W^\pm$	$\pm 1$	1	80,4	gyenge
$Z^0$	0	1	91,2	gyenge
Gluon	0	1	0	erős
Higgs	0	0	>112	

**brán** (fiz, kozmológia) a membrán szóból származó kifejezés alatt tetszőleges dimenziószámú felületet értünk. A húr az 1-brán, a kétdimenziós felület a 2-brán stb. STEINHARDT és TUROK elmélete szerint Világegyetemünk egy négydimenziós térben lebegő háromdimenziós sík (membrán vagy ~). Ezek a ~ok időnként (a Nagy  $\rightarrow$  [Ősrobbanás](#) óta eltelt időnél több nagyságrenddel ritkábban) összeütköznek egymással, és ekkor a Big Bang-hoz hasonló folyamat megy végbe, tehát egy új Univerzum születik. Ez az ún. „ciklikus Univerzum” v. „végtelen idejű Univerzum” elmélete, amely szerint a tér és az idő öröktől fogva létezik, és a Világegyetemek sora végtelen. A ~ összeütközése után ezek eltávolodnak egymástól és kitágulnak, ahogy az őszrobbanás-modell szerint tágul a Világegyetem. A ~ tágulásával az anyag-, az energia- és az entrópiasűrűség egyre kisebbé válik, a következő ~ütközés idején már nagyon kicsi. Így a megfigyelő által észlelhető teljes  $\rightarrow$  [entrópia](#) értéke kicsi, vagyis a termodinamika főtételének megfelelően kis entrópiával (nagyfokúan rendezetten) indul egy új Világegyetem története.

Megjegyzés: Paul J. STEINHARDT (1952. dec. 25 - ), amerikai elméleti fizikus, kozmológus, Neil Geoffrey TUROK (1958, Johannesburg - ), délafrikai/amerikai matematikus, fizikus, kozmológus.

**BREWSTER törvénye** (fiz) A visszavert fénysugár teljesen poláros lesz, ha a visszavert, valamint a közegbe behatoló, megtört fénysugár egymásra merőleges. A teljes  $\rightarrow$  [polarizáció](#)hoz tartozó  $\alpha$  beesési szög (*Brewster-szög*) és a törésmutató kapcsolata:  $tga = n$



**BROWN-mozgás** (fiz) mikrofizikai jelenségek következményeként makroszkopikusan megfigyelhető jelenségek, mint pl. porszemcsék rendszertelen mozgása gázokban és folyadékokban a molekulákkal való rendszertelen ütközések során. A makroszkopikus részecskék által befutott útszakaszok hossza (útszakaszok négyzetének időátlaga) jól megfigyelhető. Az elmozdulás négyzetének időátlaga a statisztikus mechanika módszereivel kiszámolható (EINSTEIN-SMOLUCHOWSKI):  $\langle x^2 \rangle_t = \frac{kT}{3\pi\eta r} t$ , ahol  $k$  a  $\rightarrow$  [BOLTZMANN-állandó](#),  $T$  az abszolút hőmérséklet,  $\eta$  a gáz vagy folyadék viszkozitása,  $r$  a megfigyelt részecske sugara és  $t$  a megfigyelés időtartama.

Megjegyzés: Albert EINSTEIN (1879. márc. 14, Ulm – 1955. ápr. 18, Princeton), NOBEL-díjas német/svájci/amerikai elméleti fizikus, Marian SMOLUCHOWSKI (1872. máj. 28, Vorderbrühl/Bécs – 1917. szept. 5, Krakó), osztrák fizikus.

**CALABI-YAU alakzatok** (fiz) a  $\rightarrow$  [húrelmélet](#) által felvehető bonyolult geometriai formák, amelyek a hatdimenziós geometriai alakzatoknak egy sajátos matematikai osztálya. A

CALABI-YAU terek lyukai nem csak a részecskecsaládokra hatnak, hanem arra is, hogy a keletkező részecskéknek milyen tulajdonságai lesznek. Közelítőleg arról van szó, hogy a speciális ~-at átszövő lyukak legtöbbször el is metszik egymást. A parányi húrok, amikor áthaladnak ezeken az összetett metszészonalakon, jellegzetes rezgési mintázatokba rendeződnek; pontosan olyanokba, amelyek a megfigyelt részecskék tulajdonságait (tömeg, töltések, spin stb.) adják vissza. Az 1980-as évek végére a szuperhúrelmélet szakmai berkeiben túlhaladottá vált. Az Univerzum egységes tárgyalásához egészen közel kerültek a húrelmélet kutatói, de a döntő lépést mégsem tudták megtenni.

Megjegyzés: Eugenio CALABI (1923. máj. 11.-), olasz/amerikai matematikus, Shing-Tung YAU (1949. ápr. 4. -), kínai/amerikai matematikus.

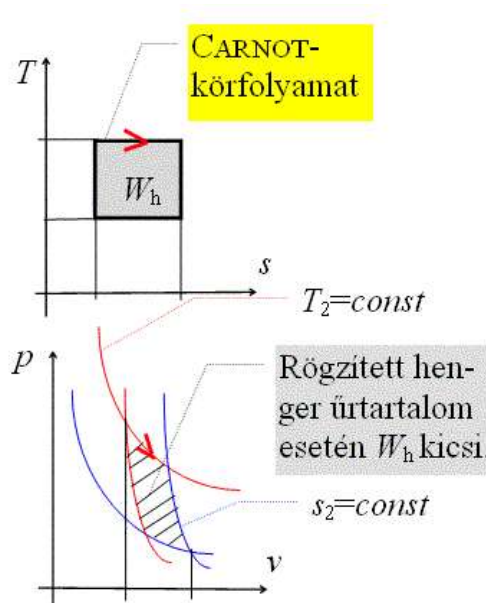
### CARNOT-folyamat (fiz) → CARNOT-körfolyamat

**CARNOT-körfolyamat** (műsz, fiz) névadója, Nicolas Léonard Sadi CARNOT (1796-1832) francia hadmérnök, akinek fő kutatási területe a gőzgépek működése volt. A ~ olyan → körfolyamat, amelynél a munkaközeget adiabatikus komprimálással nyomják össze, a → hőt állandó → hőmérsékleten vezetik hozzá, a → mechanikai munkát adiabatikus expanzió során végzi, és a hőt állandó hőmérsékleten vonják el belőle. Tehát a ~ periodikusan ismétlődni képes, négy lépésből álló körfolyamat, amelynek megvalósításához két hőtartály,  $T_1$  és  $T_2$  hőmérsékletekkel (legyen pl.  $T_1 > T_2$ ), szükséges. A körfolyamat lépései:

1. A rendszer a  $T_1$  magasabb hőmérsékletű hőtartálytól  $Q_1$  hőt vesz fel miközben izotermikusan tágul.
2. A → rendszer → térfogat adiabatikus folyamatban  $T_2$  hőmérsékletűre hűl.
3. A rendszert  $T_2$  hőmérsékleten izotermikusan összenyomjuk, miközben  $Q_2$  hőt ad le.
4. A rendszert adiabatikusan összenyomjuk, s közben hőmérséklete  $T_2$  hőmérsékletéről  $T_1$  hőmérsékletre melegszik elérve a kiindulási állapotot.

A ~ során végzett munka  $W = Q_1 - Q_2$ , a folyamat → hatásfoka  $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ . Ez

a hatásfok független az anyagi minőségtől és szerkezeti felépítéstől, valamennyi reverzibilis körfolyamat közül a ~ hatásfoka a legnagyobb. A ~ az alapja termodinamikai hőmérsékleti skála bevezetésének, másrészt fontos szerepe van a termodinamika második főtételének megfogalmazásában is.



A nem ~ot megvalósító → hőerőgépek igyekeznek olyan kiegészítő berendezésekkel felszerelni, amelyek a ~ot megközelítő eredő körfolyamatot eredményeznek. Így növelhető a hő-

erőgép termikus hatásfoka. Pl. az egyszerű  $\rightarrow$  [gázturbina-körfolyamatot](#)  $\rightarrow$  [ellenáramú hőcserélő](#)vel „CARNOT-síjtják”.

**CASTIGLIANO tétele** (fiz, műsz) C. A. P. CASTIGLIANO (1847. nov. 9.- 1884. okt. 25.) olasz mérnök, matematikus 1873-ban kidolgozta, majd 1875-ben általánosította a legkisebb  $\rightarrow$  [alakváltozási munka](#) tételét. A  $\sim$  szerint valamely szerkezet mechanikai terhelés hatására bekövetkező  $\rightarrow$  [deformációja](#) során az összes lehetséges  $\rightarrow$  [egyensúlyi](#) állapot közül az valósul meg, amelyre nézve az alakváltozási munka a legkisebb. A  $\rightarrow$  [statikailag határozatlan szerkezetek](#) energetikai módszerrel történő számítására és méretezésére használják.  $\sim$  speciális mérnöki alkalmazására kidolgozott változata szerint valamely  $\rightarrow$  [statikailag határozott szerkezet](#) tetszőleges pontjának  $i$  irányú  $s_i$  elmozdulása egyenlő az  $U \rightarrow$  [alakváltozási energiának](#) az adott pontban  $i$  irányban ható  $F_i \rightarrow$  [erő](#) szerinti parciális deriváltjával. A pont környezetének  $j$  tengely körüli  $\varphi_j$  szögelfordulása pedig az alakváltozási energiának az adott pontban ható, a  $j$  tengely körül forgató  $M_j \rightarrow$  [nyomaték](#) (a  $\rightarrow$  [nyomatékvektor](#)  $j$  irányú) szerinti parciális deriváltjával egyenlő.

$$s_i = \frac{\partial U}{\partial F_i} \quad \text{és} \quad \varphi_j = \frac{\partial U}{\partial M_j}$$

**CELSIUS-skála** (fiz) hőmérsékleti skála, amelynek zéruspontja a légköri nyomáson lévő jég olvadáspontja. A  $\sim$  másik fontos pontja a légköri nyomáson lévő víz forráspontja. Ezt a tartományt osztjuk 100 egyenlő részre. A skála mutatója a kitégülő higany. Az  $1^\circ\text{C}$  nagyságra nézve megegyezik az  $1\text{K}$ -nel, azonban a két skálának más az alappontja;  $0\text{K} = -273,15^\circ\text{C}$ .

**centrifugális erő** (fiz) az  $\rightarrow$  [inerciarendszer](#)hez képest  $\omega$  pillanatnyi  $\rightarrow$  [szögsebességgel](#)  $\rightarrow$  [forgómozgást](#) végző  $\rightarrow$  [koordinátarendszer](#)ben  $\mathbf{r}' \rightarrow$  [helyzetvektorral](#) megadott  $m \rightarrow$  [tömegű](#) pontszerű test  $\rightarrow$  [gyorsulása](#) miatt keletkező  $\rightarrow$  [tehetetlenségi erők](#) egyik komponense:  $\mathbf{F}_{cf} = m\omega \times (\mathbf{r}' \times \omega)$ . Levezetéséhez lásd.:  $\rightarrow$  [CORIOLIS-erő!](#)

**centrifugális erőtér** (fiz) a  $\rightarrow$  [centrifugális gyorsulás](#) felfogható egy  $\sim$  sugárirányú térerősség vektoraként is. Az  $\omega \rightarrow$  [szögsebességgel](#) forgó rendszer forgástengelyétől  $r$  távolságra lévő pontban a  $\sim$  potenciálja:

$$U_c = -\frac{r^2\omega^2}{2} + konst.$$

**centrifugális gyorsulás** (fiz) az  $\rightarrow$  [inerciarendszer](#)hez képest  $\omega$  pillanatnyi  $\rightarrow$  [szögsebességgel](#)  $\rightarrow$  [forgómozgást](#) végző  $\rightarrow$  [koordinátarendszer](#)ben az  $\mathbf{r}'$  helyvektorral megadott, pontszerű test  $\rightarrow$  [gyorsulásának](#) egyik komponense:  $\mathbf{a}_{cf} = \omega \times (\mathbf{r}' \times \omega)$ . A  $\sim$  abszolút értéke a  $\rightarrow$  [kerületi se-](#)

[besség](#)gel kifejezve:  $a_{cf} = \frac{v_k^2}{r}$

**centripetális gyorsulás** (fiz) (jele:  $a_{cp}$ ) A  $\sim$   $\rightarrow$  [körmozgás](#) során minden esetben fellépő gyorsuláskomponens. Mindig sugár irányban a kör középpontja felé mutat, a  $\rightarrow$  [sebességvektor](#) irányának változása miatt lép fel. Számítása a következő összefüggés szerint történik:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

ahol  $v$  – a  $\rightarrow$  [kerületi sebesség](#)

$r$  – a sugár

**CGS-rendszer** (fiz) 1881-ben, Párizsban elfogadott abszolút  $\rightarrow$  [mértékegységrendszer](#), amelyet a fizikusok még ma is gyakran használnak. A  $\sim$  mechanikai  $\rightarrow$  [alapegységei](#), amelyről a nevét kapta:

Alapmennyiség	CGS-beli mértékegység	SI-beli mértékegység
hosszúság	centiméter (cm)	1m = 10 <sup>2</sup> cm
tömeg	gramm (g)	1 kg = 10 <sup>3</sup> g
idő	másodperc (s)	ua.

**CHANDRASEKHAR-határ** (fiz, csill) a ~ a [fehér törpecsillagok](#) maximális →[tömege](#), amely nagyjából  $3 \cdot 10^{30}$  kg, vagyis 1,44 [Naptömeg](#). Különböző cikkekben ez az érték 1,2 és 1,46 Naptömeg között változik, a csillag [kémiai](#) összetételétől függően. Ez a *csillag magjának* tömegére vonatkozó határérték azt határozza meg, hogy egy csillag élete végén fehér törpévé válik v. [szupernóvaként](#) szétrobban. A ~ értéke:

$$\frac{\omega_3^0 \sqrt{3\pi}}{2} \left( \frac{\hbar c}{G} \right)^{3/2} \frac{1}{(\mu_e m_H)^2},$$

ahol  $\mu_e$  az átlagos [molekulatömeg](#) →[elektron](#)onként,  $m_H$  a [hidrogénatom](#) tömege,

$\omega_3^0 \approx 2,018236$  pedig egy (a *LANE-EMDEN-egyenlőség*ből származó) állandó.

*Megjegyzés:* Subrahmanyan CHANDRASEKHAR (1910. okt. 19, Lahor, India – 1995. aug. 25, Chicago), NOBEL-díjas (1983) indiai/amerikai fizikus, asztrofizikus, matematikus.

**ciklotron** (fiz) A ~ olyan részecskegyorsító, amelyben töltött részecskék (például protonok, ionok) mágneses tér hatására spirális →[pályán](#) haladnak belülről kifelé. Minden egyes körbefordulás során a váltakozó áram elektromos tere kétszer gyorsít a részecskén, egyre nagyobb sugarú körpályára juttatva azt.

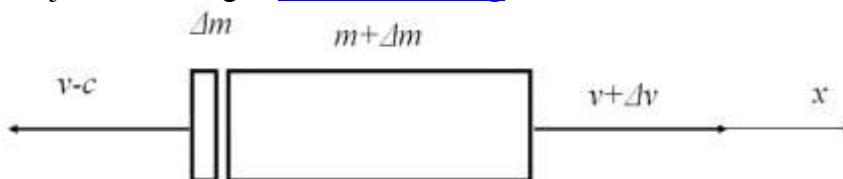
A ~ elvét GAÁL Sándor (1885. okt. 4, Gogánváralja – 1972. júl. 28, Sepsiszentgyörgy) magyar fizikus alkotta meg. 1929-es leírása azonban szerencsétlen véletlen folytán publikálatlan maradt és ezért a magyar (és a román) szakirodalmon kívül a világban – helytelenül – Ernest O. LAWRENCE amerikai fizikusnak (1901.aug, Canton – 1958. aug. 27, Palo Alto) tulajdonítják az elsőséget. Magát az első, működő ciklotront LAWRENCE és hallgatója, Stanley LIVINGSTON fejlesztette ki 1930 és 1932 között.

*Megjegyzések:*

A ~ működése animációjának webhelye: <http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Ciklotro.htm>

A ciklotron egy adott frekvencián működik, amelynek maximális feszültségű időpontjaiban gyorsulnak a részecskék. Egy idő múlva (nagyobb energia, ill. sebesség, nagyobb sugarú körpálya), a részecskék a *relativisztikus* hatás miatt *késve érkeznek* a gyorsító résekhez – „lekésik” a gyorsító feszültséget. Ezért a klasszikus ciklotront csak meghatározott energiáig lehet használni.

**CIOLKOVSKIJ–CIVITA-egyenlet** (fiz) I. V. MESCERSZKIJ (1859-1935): „*A változó tömegű pont dinamikája*” (1897) doktori értekezésén alapul; K. E. CIOLKOVSKIJ (1857-1935) orosz és TULLIO LEVI-CIVITA (1873-1941) olasz fizikus dolgozta ki. A ~ az  $m_0$  kezdőtömegű,  $v_0$  kezdősebességű és  $c$  →[kiáramlási sebességű](#) hajtóművel felszerelt rakéta végsebességének kiszámítására szolgál. A hajtómű beindításával új állapotba kerül a kezdetben  $m\mathbf{v}$  →[impulzusú](#) →”→[tömegpont](#)”. A kiáramló →[tömeg](#) →[relatív sebességének](#) abszolút értékét  $c$ -vel jelöljük az ábrán, ezért a  $\mathbf{v}$  pillanatnyi sebességű ( $x$  irányú komponense:  $v$ ) rakétából távozó, negatív előjelű  $\Delta m$  tömeg →[abszolút sebessége](#):  $v-c$ .



→[NEWTON II. törvénye](#) szerint az impulzusváltozás egyenlő az →[erőimpulzussal](#):



$$-(v-c)\Delta m + (v+\Delta v)(m+\Delta m) - vm = c\Delta m + m\Delta v + \Delta v\Delta m = F\Delta t$$

A másodrendűen kicsiny változást ( $\Delta v\Delta m$ ) elhanyagolva,  $m$ -mel osztva és  $\Delta v$ -re rendezve a  $\sim$ :

$$\Delta v \cong -\frac{c\Delta m}{m} + \frac{F}{m}\Delta t$$

A differenciákról áttérve infinitezimális mennyiségekre és integrálva, megkapjuk a  $\rightarrow$ [sebesség](#) általános képletét, amelyben  $k$  az integrálási állandó:

$$v = -c \ln m + \int_{t_0}^t \frac{F(\tau)}{m(\tau)} d\tau + k$$

A rakétahajtómű leállásakor az idő:  $t=t_{\epsilon}$  az ún. égési idővel egyezik meg, a pillanatnyi sebesség:  $v=v_{\max}$  és a kiürült hajtóanyagú rakéta tömege:  $m=m_{\text{ü}}$ , amellyel a végsebesség képlete ismert külső erőfüggvény  $F(t)$  és tömegfüggvény  $m(t)$  esetén:

$$v_{\max} = v_0 + c \ln \frac{m_0}{m_{\text{ü}}} + \int_{t_0}^{t_{\epsilon}} \frac{F(\tau)}{m(\tau)} d\tau$$

A megoldás harmadik tagja rendszerint a  $\rightarrow$ [gravitációs erő](#)n és a  $\rightarrow$ [közegellenállás](#)on, valamint az általában egyenletesen csökkenő tömegén keresztül az idő bonyolult függvénye, de numerikus módszerrel kiszámítható.

Légüres térben, távol a nagytömegű objektumoktól a végsebesség elméleti értékét (egyfokozatú rakéta esetén)  $\rightarrow$ [CIOLKOVSKIJ képlete](#) adja meg (elhanyagolva a harmadik tagot):

$$v_{\max} = v_0 + c \ln \frac{m_0}{m_{\text{ü}}}$$

**CIOLKOVSKIJ képlete** (fiz) megadja az egyfokozatú rakéta végsebességének elméleti értékét (légüres térben, távol a nagytömegű objektumoktól), ha a kezdősebesség  $v_0$ . Az alábbi képletben  $c$  a rakétából kiáramló gázsugár relatív  $\rightarrow$ [sebessége](#) ( $\rightarrow$ [kiáramlási sebesség](#)) a rakétához viszonyítva,  $m_0$  a rakéta indulási  $\rightarrow$ [tömege](#) és  $m_{\text{ü}}$  a tüzelőanyag-tartályok kiürülésekor meglévő tömege:

$$v_{\max} = v_0 + c \ln \frac{m_0}{m_{\text{ü}}}$$

Pl. a világ első irányított, folyadék hajtóanyagú rakétája, a német A4-es ( $V_2$ ) volt. E rakéta kezdősebessége nulla, tömegaránya pedig 3,5 volt. Kiáramlási sebessége  $c=2100$  m/s-ot ért el. A  $t_{\epsilon}=75$  s égésidő végén a maximális sebesség elméleti értéke:

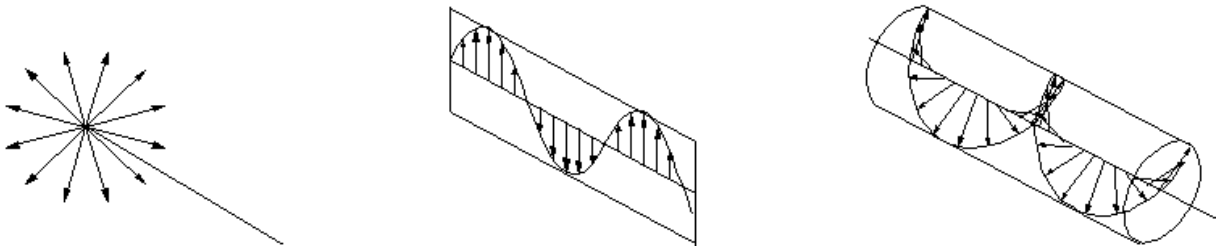
$$v_{\max} = c \ln \frac{m_0}{m_{\text{ü}}} = 2100 \ln 3,5 = 2630,8 \left[ \frac{m}{s} \right] \cong 9470 \left[ \frac{km}{h} \right]$$

A valóságban ennél sokkal kisebb sebességet ért el, de így is a  $\rightarrow$ [hangsebesség](#) többszörösét, ezért 1944-ben London és Antwerpen lakói nem hallhatták, amikor közeledett.

Lásd még  $\rightarrow$  [CIOLKOVSKIJ-CIVITA-egyenlet!](#)

**cirkulárisan polarizált fény** (fiz) Ha a fénynyalámban az összes hullám rezgését egy síkra korlátozzuk, a fény polarizációjáról beszélünk. Ha ez a sík időben állandó, a fény lineárisan, ha körbe forog, elliptikusan, ezen belül — állandó  $\rightarrow$ [amplitúdó](#) esetén — [cirkulárisan polaros](#). Ez olyan fénynyaláb, amelyben az elektromos térerősség vektora (E) valamely forgási

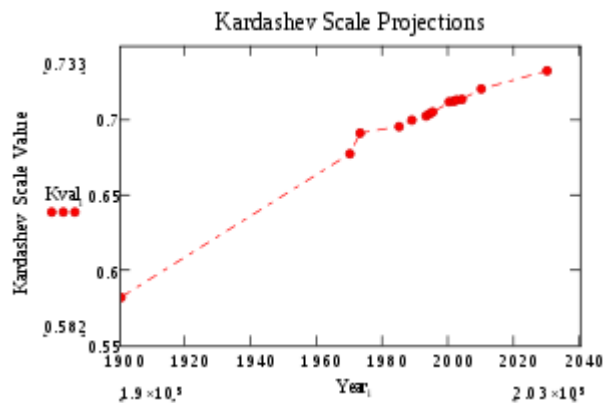
irányban állandó nagyságú és egyenletes → szögsebességgel forog.



**civilizációk osztályozása** (fiz, kozmológia) az egyes civilizációk technikai fejlettségének szemléltetésére szolgál, a Nyikolaj KARDASEV szovjet csillagász által 1964-ben létrehozott logaritmikus skála, amely a felhasznált/igényelt teljesítmény függvényében osztályozza a civilizációkat (I., II., és III. típusú civilizációk).

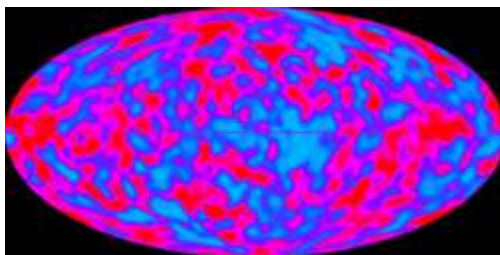
- I. típus: civilizáció, amely a lakóhelyéül szolgáló, bolygóra szórt csillag-teljesítményt (kb.  $10^{13}$  W) hasznosítja,
- II. típus: szupercivilizáció, amely saját központi csillagának és bolygóinak összes teljesítményét (kb.  $10^{26}$  W) hasznosítja,
- III. típus: szupercivilizáció, amely saját galaxisának teljes teljesítményét (kb.  $10^{37}$  W) hasznosítja.

Később az egyes típusok közé Carl SAGAN alosztályokat is definiált, így a földi civilizációt 0,7 körüli típusúnak minősítette.

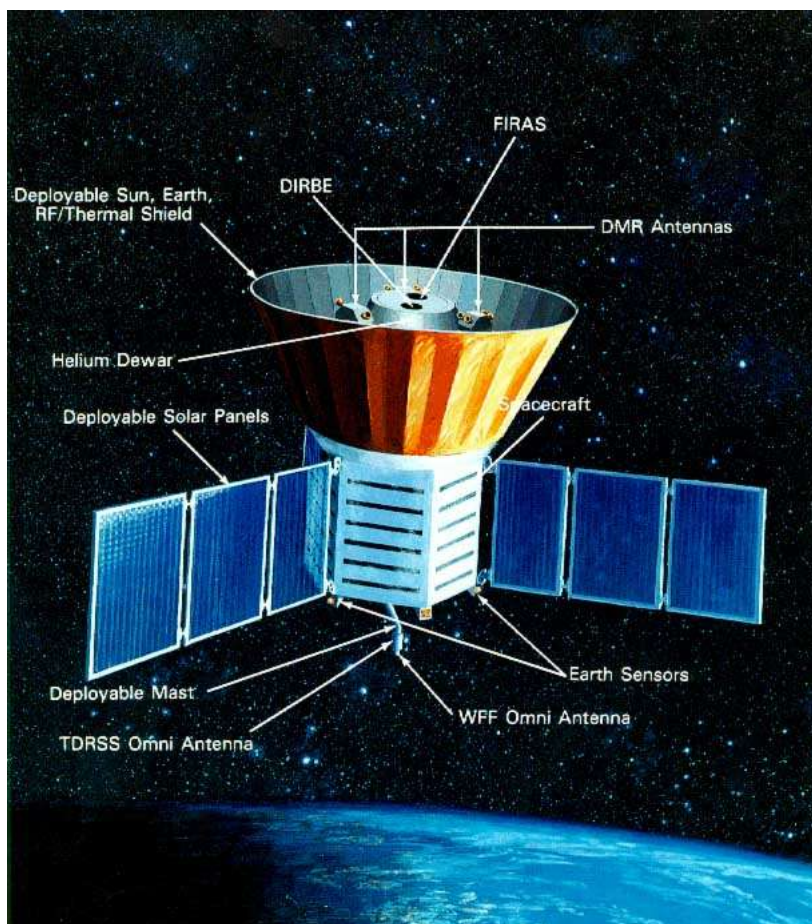


A Kardashev-féle skála extrapolációja a földi civilizációra

**COBE** (fiz, kozmológia) 1965-ben Arno A. PENZIAS és Robert W. WILSON felfedezte a galaxisunktól távoli forrásból származó és egész Univerzumunkat betöltő mikrohullámú háttérsugárzást. A COBE (**CO**smic **B**ackground **E**xplorer) a NASA azon csillagászati műholdja, amelynek feladata a mikrohullámú kozmikus háttérsugárzás vizsgálata és az → Ősrobbanás elmélet igazolása volt. A ~ mesterséges holdat 1989. november 18-án indították; fejlesztőjük John C. MATHER és George F. SMOOT volt. A kozmikus háttérsugárzás anizotrópiáját 1992-ben publikálták; a szögfelbontás  $7^0$  volt. 2006-ban „a mikrohullámú kozmikus háttérsugárzás feketetest jellegének és anizotrópiájának felfedezéséért” megosztva kapták a fizikai NOBEL-díjat.



A kozmikus háttérsugárzás anizotrópiája a COBE mérései alapján



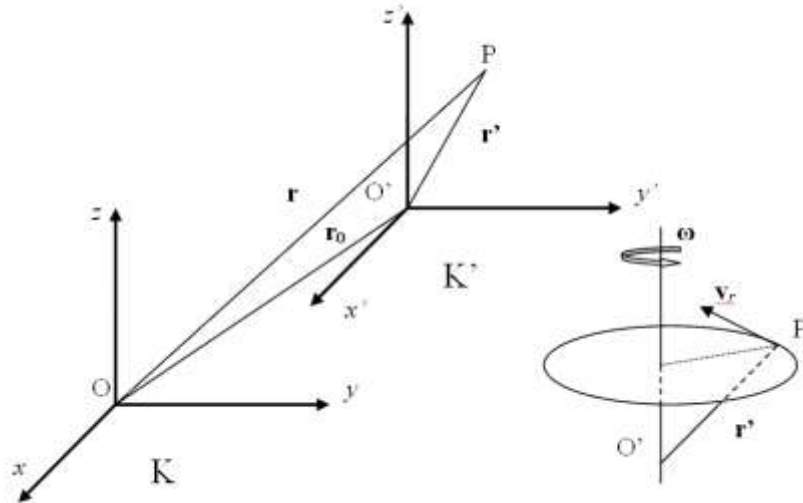
Űrtávcső látványterve

A háttérsugárzás fluktuációiról az eddigi legpontosabb méréseket a WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, felbocsátva 2001. június) mesterséges hold végezte, amely változtatható szögfelbontással mért; hőmérsékletmérési pontossága  $1 \mu\text{K}$  volt.

Megjegyzés: Robert Woodrow WILSON (1936. jan. 10, Houston – ) NOBEL-díjas (1978) amerikai csillagász, Arno Allan PENZIAS (1933. ápr. 26, München – ), NOBEL-díjas (1978) német/amerikai fizikus, John C. MATHER (1946. aug. 7, Roanoke, VA, USA - ), NOBEL-díjas (2006) amerikai asztrofizikus, kozmológus, George Fitzgerald SMOOT (1945. febr. 20, Yukon, USA – ), NOBEL-díjas (2006) amerikai asztrofizikus, kozmológus.

**CORIOLIS-erő** (fiz) Gaspard Gustave de CORIOLIS (1782. máj. 21. – 1843 szept. 19.) francia mérnök, fizikus, matematikusról elnevezett  $\rightarrow$  tehetetlenségi erő. A  $\sim$  az  $\rightarrow$  inercia-rendszerhez képest  $\rightarrow$  relatív mozgást végző  $\rightarrow$  koordinátarendszerben mozgó,  $m \rightarrow$  tömegű pontszerű test  $\rightarrow$  gyorsulása miatt keletkező  $\rightarrow$  tehetetlenségi erők egyik komponense.

A  $K'$  koordinátarendszer a  $K$ -hoz képest  $\mathbf{v}_0 \rightarrow$  sebességgel haladó (transzlációs) és  $\boldsymbol{\omega}$  pillanatnyi  $\rightarrow$  szögsebességgel  $\rightarrow$  forgómozgást is végez (rotáció), még hozzá  $\boldsymbol{\alpha} \rightarrow$  szöggyorsulással. A forgó  $\rightarrow$  rendszer  $\rightarrow$  relatív sebességét vektori szorzással kell meghatározni.



A K-beli  $\rightarrow$ helyvektor a K'-belivel felírva:  $\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{r}'$

A forgásból származó  $\rightarrow$ sebességkomponens K'-ben:  $\mathbf{v}_r = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}'$

A K'-beli helyvektor ( $\mathbf{r}'$ ) idő szerinti deriváltja K'-ben:  $\frac{d'\mathbf{r}'}{dt}$  (itt  $d'/dt$  a K' rendszerben az idő szerinti deriválást jelöli).

$\mathbf{r}'$  idő szerinti deriváltja K-ban:  $\frac{d\mathbf{r}'}{dt} = \frac{d'\mathbf{r}'}{dt} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}' = \mathbf{v}' + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}'$

A K-beli  $\rightarrow$ sebességvektor a K'-belivel felírva:  $\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{v}' + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}'$

A sebesség idő szerinti deriváltja K-ban:

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{v}}{dt} &= \frac{d\mathbf{v}_0}{dt} + \frac{d'}{dt}(\mathbf{v}' + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}') + \boldsymbol{\omega} \times (\mathbf{v}' + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}') = \\ &= \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}' + \frac{d'\boldsymbol{\omega}}{dt} \times \mathbf{r}' + \boldsymbol{\omega} \times \frac{d'\mathbf{r}'}{dt} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}' + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}') = \\ &= \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}' + \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}' + 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}' + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}') \end{aligned}$$

$\rightarrow$ NEWTON II. törvénye szerint a pontra ható  $\rightarrow$ szabaderők eredője megegyezik a  $\rightarrow$ mozgásmennyiség idő szerinti deriváltjával. Ha a tömeg állandó, akkor:

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m[\mathbf{a}_0 + \mathbf{a}' + \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}' + 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}' + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}')]$$

A K'-beli tehetetlenségi erőre kifejezve:

$$m\mathbf{a}' = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i - m\mathbf{a}_0 - m\boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}' + 2m\mathbf{v}' \times \boldsymbol{\omega} + m\boldsymbol{\omega} \times (\mathbf{r}' \times \boldsymbol{\omega})$$

A relatív koordináta-rendszerbeli  $\rightarrow$ eredő erő egyenlő a szabaderők eredőjéből kivonva a K'  $\rightarrow$ transzlációs gyorsulása ( $\mathbf{a}_0$ ), a K'  $\rightarrow$ rotációs gyorsulása ( $\boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}'$ ), hozzáadva a  $\rightarrow$ CORIOLIS-gyorsulás ( $2\mathbf{v}' \times \boldsymbol{\omega}$ ) és a  $\rightarrow$ centrifugális gyorsulás [ $\boldsymbol{\omega} \times (\mathbf{r}' \times \boldsymbol{\omega})$ ] miatti tehetetlenségi erő eredőjét.

Szokásos jelöléssel a szabaderők összegét követő erőkomponensek:  $-m\mathbf{a}_0$  a  $\rightarrow$ D'ALEMBERT-féle tehetetlenségi erő,  $-m(\boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}')$  az EULER-erő,  $-2m(\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}')$  a  $\sim$  és  $-m\boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}')$  a  $\rightarrow$ centrifugális erő.

A  $\sim$  jelentős szerepet játszik a légkör és az óceánok nagyléptékű áramlásainak alakításában. Pl. a víz- és légörvények forgási irányát is a  $\sim$  határozza meg, és ezért ellentétes a spontán örvények forgási iránya az É-i és a D-i féltekén (az északon balcsavar, a délin jobbsavar). A

~t figyelembe veszik a műszaki tervezés számos területén (pl. légvédelmi ágyúk csöve v. turbinalapátok deformációjának kiszámításánál, rakétapályák számításánál és szeperatorok tervezésekor).

**CORIOLIS-gyorsulás** (fiz) az  $\rightarrow$ inercia-rendszerhez képest  $\omega$  pillanatnyi  $\rightarrow$ szögsebességgel  $\rightarrow$ forgómozgást végző  $\rightarrow$ koordinátarendszerben  $\mathbf{v}'$   $\rightarrow$ sebességgel mozgó pontszerű test  $\rightarrow$ gyorsulásának egyik komponense:  $\mathbf{a}_c = 2\mathbf{v}' \times \boldsymbol{\omega}$ . Levezetéséhez lásd:  $\rightarrow$ CORIOLIS-erő!

**CORIOLIS-hatás** (rep) a  $\rightarrow$ CORIOLIS-gyorsulás miatt repülés közben fellépő, mozgási és zuhanási illúziót keltő hatás. A ~ oda vezethet, hogy a pilóta elveszti uralmát a repülőgép felett. Mivel a ~ főleg a műrepüléskor jelentős, ezért a vadász- és műrepülők kiképzésének része a ~ megelőzése a hirtelen fejmozgás kerülésével. Különösen az éles fordulóknál és az ún.  $\rightarrow$ dobott figuráknál kell erre tudatosan ügyelni.

**COULOMB erő** (fiz, vill) ~ vákuumban két pontszerű  $\rightarrow$ elektromos töltés ( $Q_1$  és  $Q_2$   $\rightarrow$ ponttöltés) között ható  $\rightarrow$ erő nagysága egyenesen arányos a két  $\rightarrow$ töltés szorzatával és fordítottan arányos a közöttük lévő távolság négyzetével.

Skaláris alakban, COULOMB megfogalmazásában az erő nagysága

$$F = k \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2},$$

ahol

$F$  a két töltés között fellépő erő abszolút értéke,

$Q_1$  és  $Q_2$  a töltések nagysága,

$r$  a töltések közti távolság,

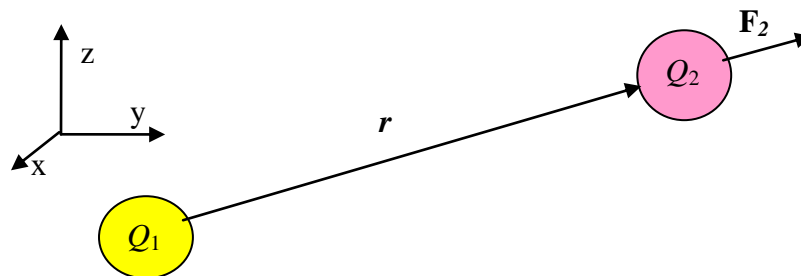
$k$  a COULOMB-féle arányossági tényező, értéke  $k \approx 8,988 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$ .

A  $k$  értékét szokás

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

alakban is felírni. Az itt szereplő  $\epsilon_0$  a  $\rightarrow$ vákuum permittivitása (régábbi elnevezéssel  $\rightarrow$ dielektromos állandója), újabb elnevezése a vákuum áteresztő képessége), értéke  $\epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ .

Vektoriális alakban



Ha a pontszerű  $Q_1$  és  $Q_2$  töltéseket  $\rightarrow$ koordinátarendszerben helyezzük el, és az  $\mathbf{r}$  vektor a  $Q_1$  töltéstől a  $Q_2$  töltés felé mutat, akkor a  $Q_2$  töltésre ható  $\mathbf{F}_2$  erővektort az erő nagyságának és az  $\mathbf{r}$  irányú  $\mathbf{r}_0$  egységvektornak a szorzataként kapjuk:

$$\mathbf{F}_2 = F \cdot \mathbf{r}_0$$

Azaz

$$\mathbf{F}_2 = \frac{kQ_1Q_2\mathbf{r}}{|\mathbf{r}|^3}$$

Ha a töltések előjele azonos, akkor  $\mathbf{F}_2$  iránya megegyezik az  $\mathbf{r}$  vektorával, tehát taszítóerő, de ha előjelük különböző, akkor  $\mathbf{F}_2$  iránya  $\mathbf{r}$ -rel ellentétes, tehát vonzóerő. → [NEWTON III. törvényének](#) megfelelően a  $Q_1$  töltésre ható  $\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$ -vel.

Megjegyzés: vegyük észre, hogy a COULOMB-törvény *formailag* megegyezik a NEWTON-féle tömegvonzási törvénnyel, de utóbbinál az *erő mindig vonzó*, mivel negatív tömeg – mai ismereteink szerint – nincsen. Mind az anyag, mind az antianyag vonzzák egymást, illetve a másik anyagformát.

**COULOMB-súrlódás** (fiz) → [súrlódás](#) (1)

**COULOMB törvény** (fiz, vill) két pontszerű elektromos → [töltés](#) (→ [ponttöltés](#)) közti elektromos kölcsönhatásból származó → [erő](#) nagyságát és irányát adja meg. A törvényt Charles Augustin de COULOMB (1736. jún. 14, Angoulême – 1806. aug. 23, Párizs) francia fizikus, hadmérnök igazolta kísérleti úton, torziós mérleggel végzett mérések segítségével. Az elektromosan töltött testek között fellépő erőhatást ~nek nevezzük.

**csapocskák** (fiz) A szem ideghártyájának (renehártya v. retina) fényérzékeny csap alakjában végződő elemei. Ez a látott képet felfogó ernyő; elsősorban ezek biztosítják a színlátást.

**csapsúrlódás** (műsz) a csapágyak belsejében a csap és a csapágyfészek közötti relatív mozgás miatti → [súrlódás](#) fékező → [nyomaték](#)kal hat a tengelyre. A ~ következtében → [hő](#) formájában a környezetbe távozó → [energia](#) teljesítményvesztést okoz. Ezt a tengelyt hajtó motornak pótolnia kell.

**csavar** (fiz) az → [egyszerű gépek](#) egyik fajtája, amely a → [lejtő](#)vel és az → [ékkal](#) együtt a lejtőtípusú gépek csoportjába tartozik. Szerkezetileg az ún. lapos menetű ~ egyenes körhenger palástján elhelyezkedő folyamatos lejtő, amelynek felülete adja az ún. csavarfelületet.  $G$  → [súly](#) (a teher és a ~ együttes súlya) felfelé mozgásakor az egyensúlyi → [erő](#):

$$F_{fel} = \frac{G}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \rho),$$

ahol  $\alpha$  a ~ emelkedési szöge és

$\rho$  a súrlódási fél-kúpszög, azaz  $\mu = \operatorname{tg} \rho$  ( $\mu$  a → [csúszási súrlódási együttható](#)).

Ennek az erőnek a maximuma akkor lép fel, ha a ~ áll, ezért ekkor a → [tapadó súrlódási együttható](#)val ( $\rho_0 > \rho$ ) kell számolni:

$$F_{\max} = \frac{G}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \rho_0).$$

Az ennek megfelelő egyensúlyt tartó → [nyomaték](#)  $r$  középsugarú ~ esetén:

$$M_{\max} = rG \operatorname{tg}(\alpha + \rho_0) \quad \text{ha } 0 < 2(\alpha + \rho_0) < \pi.$$

Lefelé mozgás megindulása előtt a → [kényszererő](#) iránya megváltozik, ezért a nyomaték minimuma:

$$M_{\min} = rG \operatorname{tg}(\alpha - \rho_0)$$

Ha  $\alpha = \rho_0$ , akkor nincs szükség a teher megtartásához nyomatékra, ezért az ilyen ~ önzáró.

Nyugalom esetén a nyomaték nyílt tartománya:  $(M_{\min}, M_{\max})$ . Ha az érintkező felületek ideálisak (súrlódásmentesek), akkor a mindkét irányú → [elmozdulás](#) határesetére érvényes az alábbi képlet:  $M = rG \operatorname{tg} \alpha$ .

Éles menetű ~nál a csavarfelületet nem a hengerpalástra merőleges egyenes alkotja, hanem egy  $\beta$  félszögű ék, amely az

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta$$

félszögű horonyban mozoghat. Emiatt a

$$\mu'_0 = \frac{\mu_0}{\sin \alpha} = \frac{\mu_0}{\cos \beta}$$

megnövelt súrlódási tényezővel kell számolni. Az önzárás hamarabb bekövetkezik, mint a lapos menetű ~nál, ezért az éles menetű ~ kötőelemként használható.

**csavarás** (fiz, műsz) v. torzió, az alakváltozások ( $\rightarrow$ [deformáció](#)) egyik fajtája. A  $\rightarrow$ [torziós inga](#) jó példa a legegyszerűbb, ún. tiszta ~ra. Az egyik végén rögzített, ( $l$ ) hosszúságú, körkeresztmetszetű,  $\rightarrow$ [prizmatikus rúd](#) (praktikusan egy huzaldarab) szabad végét vízszintes síkban elfordítjuk. Pl. egy kör keresztmetszetű rúd rugalmas ~a esetén az  $\rightarrow$ [elfordulás](#) szöge ( $\varphi$ ) egyenesen arányos a  $\rightarrow$ [csavaró nyomaték](#)kal ( $M_t$ ) és a rúd ( $l$ ) hosszával, de fordítva arányos a rúd átmérőjének negyedik hatványával ( $d^4$ ):

$$\varphi = \frac{32lM_t}{\pi Gd^4},$$

ahol  $G$  a rúd anyagára jellemző  $\rightarrow$ [csúsztató rugalmassági modulus](#).

**csavaró igénybevétel** (műsz) a  $\rightarrow$ [csavaró nyomaték](#) hatása a testekre. Egyik következménye a  $\rightarrow$ [csavarás](#). ~ lép fel pl. motorok tengelyein, a repülőgép szárnyán az  $\rightarrow$ [eredő légerő](#)  $\rightarrow$ [támadáspont](#)jának vándorlásától függően,  $\rightarrow$ [csavarrugókban](#) (a  $\rightarrow$ [hajlító igénybevétele](#) mellett) és a különféle fizikai méréseknél használt  $\rightarrow$ [torziós inga](#) szálában is.

**csavaró nyomaték** (műsz) (jele:  $M_t$ , mértékegysége:  $1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$ ) a  $\rightarrow$ [prizmatikus rúd](#) szerű test hossz tengelye körül forgató  $\rightarrow$ [nyomaték](#). Általában a testet terhelő  $\rightarrow$ [erőrendszer](#) által létrehozott egyik  $\rightarrow$ [igénybevételi függvény](#)ének (csavaró nyomatéki függvény) aktuális értéke a ~. Pl. koncentrált ~ot szolgáltatnak a  $\rightarrow$ [nyomatékforrások](#).

**csavarószilárdság** (műsz) a szerkezeti anyag ellenállása a  $\rightarrow$ [csavaró igénybevétel](#)nek, azaz ennek hatására létrejövő  $\rightarrow$ [deformáció](#) és  $\rightarrow$ [csúsztatófeszültség](#) a használat szempontjából korlátos marad. Pl. a ~  $\rightarrow$ [prizmatikus rúd](#) terhelési méretezéshez szükséges képlete:

$$\tau_{\text{meg}} \geq \frac{M_t}{K_t},$$

ahol  $\tau_{\text{meg}}$  a megengedett csúsztatófeszültség,  
 $M_t$  a fellépő  $\rightarrow$ [csavaró nyomaték](#) abszolút értéke,  
 $K_t$  a torziós  $\rightarrow$ [keresztmetszeti tényező](#), amely az  $I_p$   $\rightarrow$ [poláris másodrendű nyomaték](#)ának és a szélső szál  $\rightarrow$ [súlypont](#)tól mért  $r$  távolságának a hányadosa.

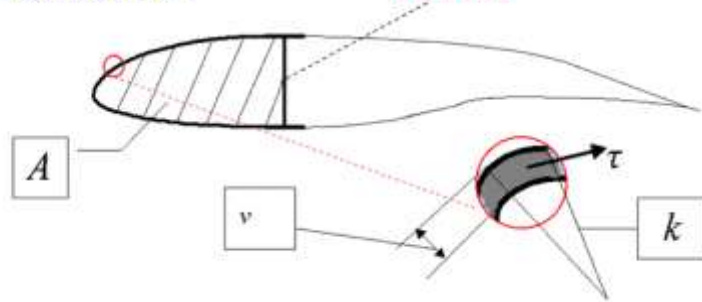
Az alakváltozási méretezéshez szükséges képletek:

$$\tau_{\text{max}} = G \frac{r\varphi}{l} \text{ és } M_{\text{meg}} = \frac{GI_p}{l} \varphi_{\text{meg}},$$

ahol  $l$  a rúd hossza,  
 $\varphi$  az  $\rightarrow$ [elfordulás](#) szöge és  
 $\varphi_{\text{meg}}$  az elfordulás szögének megengedett maximális értéke.

A ~ fontos szerepet játszik a repülőgépek szárny szerkezetének tervezésénél.

Nyírófeszültség keletkezése csavaráskor –  
torziós orrborítás főtartó

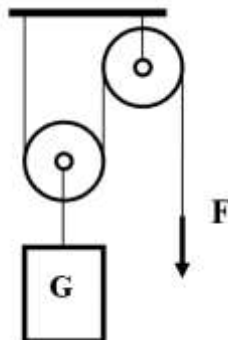


$$M_t = \int_0^{2\pi} k \tau v k d\varphi = \tau v \int_0^{2\pi} k^2 d\varphi = v \tau A$$

Az  $\rightarrow$ [összetett igénybevétel](#)nek ellenálló repülőgépszárny ún. torziós szekrényének keresztmetszeti területével, vastagságával és a megengedett csúsztatófeszültséggel egyenesen arányos az elviselhető csavaró nyomaték.

**csavarrugó** (műsz) a  $\rightarrow$ [rugó](#) anyaga hengeres v. kúpos csavarvonal alakú.

**csiga** (fiz) az  $\rightarrow$ [egyszerű gépek](#) egyike; olyan tengely körül forgásra képes korong, amelynek peremét kender-, sodronykötél, v. lánc felvételére alkalmas horonnyal látták el. A rögzített tengelyű  $\sim$ t álló  $\sim$ nak, míg a működés közben  $\rightarrow$ [elmozdulás](#)ra képes tengelyűt mozgó  $\sim$ nak nevezik. A vázlaton a **G**  $\rightarrow$ [súly](#)ú teher a mozgó  $\sim$ ra függ, és az álló  $\sim$ ra kifejtett **F**  $\rightarrow$ [erő](#)vel emelik, v. tartják  $\rightarrow$ [egyensúly](#)ban.



Ideális esetben, amikor a  $\rightarrow$ [csapsúrlódás](#) és a mozgó  $\sim$   $\rightarrow$ [tömege](#) elhanyagolható, a ható erők közti kapcsolat:  $|\mathbf{F}| = |\mathbf{G}|/2$ , tehát az ábra szerinti  $\sim$   $\rightarrow$ [erőátviteli tényező](#)je 2.

**csigasor** (fiz) álló- és mozgócsigából (kötéltárcsa,  $\rightarrow$ [csiga](#)) és rajtuk átvett kender- v. sodronykötélből, v. láncból álló  $\rightarrow$ [erő](#)növelő mechanikai szerkezet. A terhet a legalsó mozgócsiga keretéhez kell kapcsolni.





Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 15.

A ~ fontosabb változatai: a közönséges, az arkhimédeszi és a differenciális ~.

1. A közönséges ~ azonos számú álló- és mozgócsigából áll, ezek külön-külön közös keretbe vannak szerelve. A kötélnél v. lánc az álló csigakerethez van erősítve, váltakozva van átfűzve a csigákon, és az utolsó csigáról lelógó szabad végén kell az erőt kifejteni. Az  $m \rightarrow$  tömegű teher fölemeléséhez a szabad kötélvégen  $F$  abszolút értékű erőt kell kifejteni, amely  $n$  pár csigából álló ~-ra – ideális esetben, amikor az alsó kerek tömege és a  $\rightarrow$  csapsúrlódás elhanyagolható – a következő képlettel számítható ki (az  $\rightarrow$  erőátviteli tényezője  $2n$ ):

$$F = \frac{mg}{2n},$$

ahol  $g$  a  $\rightarrow$  gravitációs gyorsulás,  
 $2n$  az összes csigakerék száma

2. Az arkhimédeszi ~ szerkezeti mérete kiterjedtebb, alkalmazása nehézkes, de  $n > 2$ -nél az erőátviteli tényezője már nagyobb ( $2^n$ ), mert az erő képlete:

$$F = \frac{mg}{2^n}.$$

3. A differenciális ~ egy rögzített  $\rightarrow$  hengerkerékből és egy terhelt mozgócsigából áll. Az erő képlete, amelynek nevezője az erőátviteli tényező:

$$F = \frac{mg}{2\left(1 - \frac{r}{R}\right)},$$

ahol  $r$  a hengerkerék kishengerének a sugara,  
 $R$  pedig a nagyé.

**csillagászati egység (CSE)** (fiz, csill) a csillagászatban használt távolságegység,  $1 \sim (1 \text{ CSE v. } 1 \text{ AU} = 8,33 \text{ fényperc})$  a Föld és a Nap közepes távolsága ( $149\,597\,870 \text{ km} \approx 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ).  $1 \text{ ly (fényév)} = 63\,241 \text{ CSE}$ ,  $1 \text{ pc (parszek)} = 206\,265 \text{ CSE}$ .

Megjegyzés: az AU rövidítés az asztronómiai egység angol nevének kezdőbetűiből áll.

**csillagászati távcső** (fiz) csillagászati objektumok megfigyelését lehetővé tevő eszköz (elterjedt neve még teleszkóp vagy messzelátó). Legfontosabb optikai változatai a lencsés (ún.  $\rightarrow$  refraktor, pl. a GALILEI-féle vagy a KEPLER-féle  $\rightarrow$  távcső) és a tükrös (ún.  $\rightarrow$  reflektor, pl. a NEWTON-féle vagy a CASSEGRAIN-féle teleszkóp). A refraktorok a  $\rightarrow$  fénytörés, a reflektorok a  $\rightarrow$  fény visszaverődés alapján működnek.

**csomópont** (fiz) (1). → állóhullámok (2). → KIRCHHOFF I. törvénye

**csomóponi áram** → töltés megmaradás

**csomóponi törvény** (fiz) a ~ kimondja, hogy bármely áramkört csomópontba befolyó összes → áram előjeles összege zérus. Lásd: → töltés megmaradás

Vonalas vezetők esetén:

$$\sum I = 0$$

Stacionárius térbeli áram-eloszlások, áramsűrűségek esetén bármely zárt A felületre:

$$\oint_A \mathbf{J} d\mathbf{A} = 0$$

(Zárt felület normálisának irányára vonatkozó megállapodás szerint ebben az esetben a befolyó áramsűrűségek negatív, a kifolyó áramsűrűségek pozitív előjelűek.)

**csőlíra** (műsz) olyan csőhajlat, amely a csővezetékek → hőtágulását egyenlíti ki, mert könnyen deformálódik.

**csősúrlódási tényező** (műsz) (jele:  $\lambda$ ) a → prizmatikus rúd alakú csövekben létrejövő → vesztéségyenlet kiszámításához szükséges tényező, amely a → REYNOLDS-számtól és a csőfal relatív érdességétől függhet. A → hidraulikailag sima cső ~je:

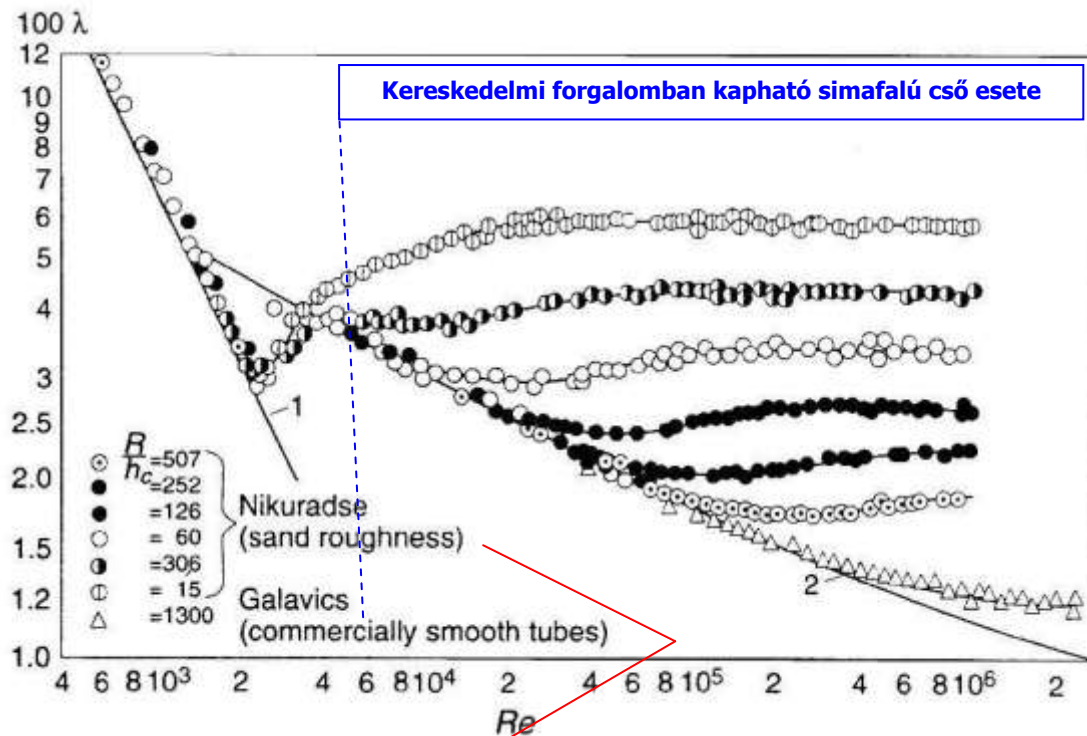
Lamináris áramlás esete

$$\lambda(\text{Re}) = \begin{cases} \frac{64}{\text{Re}}, & \text{ha } \text{Re} < 2300 \\ \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}}, & \text{ha } 2300 < \text{Re} < 10^5 \\ \left( \frac{0,55}{\text{Re}} \right)^2 \left( \lg \frac{\text{Re}}{8} \right)^{-2}, & \text{ha } \text{Re} > 10^5 \end{cases}$$

BLASIUS-formula

FILONYENKÓ képlete

Érdes csőben egy bizonyos REYNOLDS-szám felett a ~ csak a relatív érdességtől függ, amint az alábbi grafikonon is látszik, amelynek elkészítéséhez a legtöbb mérést Johann NIKURADZE (1894. nov. 20, – 1979. júl. 18.) grúz származású német fizikus végezte el L. PRANDTL asz-szisztenseként:



Magyar nyelvű forrása: I. I. AGROSKIN, G. T. DMITRIJEV, F. I. PIKALOV: *Hidraulika*, Tankönyvkiadó, Bp. 1952. pp. 132.

Érdes cső esetén a  $\lambda$  az ún. **homok érdességétől**, azaz  $k/d$ -től függ. Teljesen érdes a cső, ha

Anyag	Érdesség: $k$ [mm]
Üveg, réz	$1-6 \cdot 10^{-3}$
Húzott acélcső	0,02–0,08
Kissé rozsdás acél	0,2–0,5
Ötöttvas	0,1–0,6
Beton	0,2–5

$$Re \geq Re_h \cong \frac{100d}{k}$$

Forrás: LAJOS Tamás: *Az áramlástan alapjai*, Bp. 2008. pp. 474-475.

Ekkor a  $\lambda$  képlete:

$$\lambda = \left( \frac{0,5}{\lg \frac{3,715d}{k}} \right)^2$$

**csúszási súrlódási együttható** (fiz) (jele:  $\mu$ ) → súrlódási erő

**csúszatófeszültség** (fiz, műsz) (jele:  $\tau$ , mértékegysége:  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ). A → szilárdságtanban a  $\sim$  vektormennyiség, a → feszültségvektor egyik komponense. Tiszta, homogén nyírásnál (→ nyíró igénybevétel) keletkező  $\sim$ :

$$\tau_{xy} = \frac{F_y}{A},$$

ahol  $F_y$  a keresztmetszetre illeszkedő → erő abszolút értéke,  
 $A$  a keresztmetszet felülete.

**csúszató rugalmassági modulus** (fiz, műsz) (jele:  $G$ , mértékegysége:  $1 \text{ Pa/rad} = 1 \text{ N/m}^2\text{rad}$ ) a  $\tau_{xy}$  → csúszatófeszültség és a nyírási kísérletek során tapasztalt → deformációt jellemző  $\gamma_{xy}$

szögelfordulás hányadosa (a  $\rightarrow$  [arányossági határ](#)on belül). Ezzel a  $\rightarrow$  [HOOKE-törvény](#)éhez hasonló képlet írható fel:

$$\tau_{xy} = G\gamma_{xy}$$

A  $\sim$  értéke az  $E$  YOUNG-féle  $\rightarrow$  [rugalmassági modulus](#)ból és a  $\nu \rightarrow$  [POISSON-tényező](#)ből számítható:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

A rugalmassági moduluszt Thomas YOUNG (1773. jún 13. – 1829. máj. 10.) angol fizikus, fiziológusról nevezték el

**D'ALEMBERT-elv** (fiz) a  $\rightarrow$  [NEWTON II. törvényét](#) kifejező  $\mathbf{F}_e = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = m\mathbf{a}$  egyenletet Jean

Le Rond D'ALEMBERT (1717. november 16. – 1783. október 29.) francia matematikus, mérnök, fizikus és filozófus egyensúlyi egyenlet alakjában írta fel:  $\mathbf{F}_e - m\mathbf{a} = 0$ .

Ez az átrendezés nem csupán egy algebrai átrendezés, sokkal mélyebb értelme van. Az  $m\mathbf{a}$  mennyiség a mozgásjellemzőket tartalmazó jobb oldalról az  $\rightarrow$  [erőt](#) tartalmazó bal oldalra került át, tehát megváltozott a jellege. Így az  $m\mathbf{a}$  mennyiséget erőnek kell tekintenünk, és ezt a képzelt erőt  $\rightarrow$  [D'ALEMBERT-féle tehetetlenségi erő](#)nek nevezzük.

A  $\sim$  értelmében a mozgó testre ható erők a tehetetlenségi erővel együtt egyensúlyban vannak. Ezt az  $\rightarrow$  [egyensúlyi](#) állapotot a  $\rightarrow$  [statikai egyensúly](#)tól megkülönböztetve  $\rightarrow$  [kinetikai egyensúly](#)nak nevezzük.

**D'ALEMBERT-féle tehetetlenségi erő** (fiz) a  $\rightarrow$  [D'ALEMBERT-elv](#) szerint értelmezett  $\rightarrow$  [erő](#), amely a  $\rightarrow$  [gyorsuló koordinátarendszer](#)ben lévő  $\rightarrow$  [tömegekre](#) hat. Ilyen pl. a  $\rightarrow$  [forgó koordinátarendszer](#)ben észlelhető  $\rightarrow$  [centrifugális erő](#) is.

**DALTON-törvény** (fiz) a  $\sim$  kimondja, hogy az ideális gázok keverékének nyomása a komponensek  $\rightarrow$  [parciális nyomás](#)ának összegével egyenlő.

Megjegyzés: John DALTON (1766. szept. 6, Eaglesfield - 1844. júl. 27, Manchester), angol fizikus és kémikus

**DAVISSON–GERMER kísérlet** (fiz) a DAVISSON–GERMER kísérletet Clinton DAVISSON és Lester GERMER amerikai fizikusok végezték 1927-ben, amellyel igazolták a DE BROGLIE hipotézist azaz az anyag részecskéi hullám tulajdonsággal is rendelkeznek. Louis DE BROGLIE 1924-ben tette közzé a hullám-részecske elméletét, amely szerint minden anyag a hullám-részecske dualitást mutatja vagyis minden anyagra igaz, hogy a részecske impulzusa  $p$ , függ a részecske  $\lambda$  hullámhosszától, amit DE BROGLIE egyeletnek neveznek

$$p = h/\lambda$$

ahol  $h$  a  $\rightarrow$  [PLANCK-állandó](#).

1927-ben a Bell Labs-nál DAVISSON és GERMER lassú mozgású elektronokkal bombázott egy kristályos nikkelt célanyagot. A visszavert elektronok eltérési intenzitását mérték és megállapították, hogy hasonló szóródási képet mutatnak, mint amit Bragg jóslott a röntgensugaraknál.

Megjegyzés: Louis DE BROGLIE (1892. augusztus 15, Dieppe (Franciaország) - 1987. március 19, Louveciennes (Franciaország)) NOBEL-díjas francia fizikus, Clinton DAVISSON (1881. október 22, Bloomington, (USA) - 1958. február 1, Charlottesville, (USA)), NOBEL-díjas amerikai fizikus, Lester GERMER (1896. október 10, Chicago (USA) - 1971 október 3, New York, (USA)) NOBEL-díjas amerikai fizikus.

**D-brán** (fiz) a  $\sim$ ok a kiterjedt objektumok egyik osztályát képezik; a II. típusú szuperhúr-elméletben bukkannak fel. Ezek olyan felületek, amelyekhez a nyílt végű hurok hozzá tudnak kapcsolódni. A D0 brán egy pont, a D1 egy vonal (húr), a D2 egy sík, a D25 pl. a bozonikus

húrelméletben szereplő magas dimenziószámú  $\sim$ . A  $\sim$ -ok elméletét DAI, LEIGH, POLCHINSKI és HOŘAVA 1989-ben fejlesztették ki.

Megjegyzés: Joseph POLCHINSKI (1954. máj. 16, -) White Plains, New York), amerikai fizikus. Petr HOŘAVA, cseh elméleti fizikus.

**deformáció** (fiz) valamely testnek külső  $\rightarrow$ [erő](#) (v.  $\rightarrow$ [erőrendszer](#)) hatására létrejövő alak-, ill.  $\rightarrow$ [térfogat](#)változása. A  $\sim$  (reverzibilis, visszafordítható), ha a test a deformáló erőhatás megszűnése után visszanyeri eredeti alakját. Ennek ellentéte a maradandó v. plasztikus  $\sim$ . Speciális  $\sim$ -k a *nyújtás*, a *kompresszió*, a  $\rightarrow$ [hajlítás](#), a  $\rightarrow$ [csavarás](#) és a  $\rightarrow$ [nyírás](#). A testek deformálhatósága anyagfajták szerint változó. A szerkezeti anyagok deformálhatósága viszonylag kicsiny.

**DE SITTER-tér** (fiz, kozmológia) a nem stacionárius, exponenciálisan örökké táguló, „üres” (anyag nélküli) Univerzum matematikai leírása. DE SITTER már korán felvetette a „sötét anyag” és a nagy méretekben „lapos”, euklidészi Univerzum gondolatát.

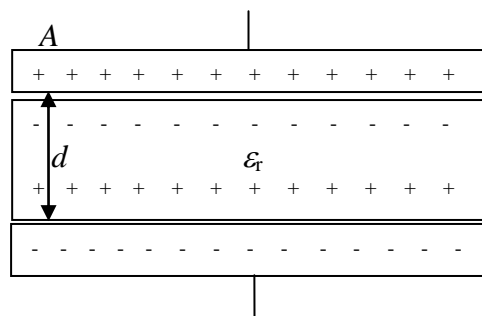
Megjegyzés: Willem DE SITTER (1872. máj. 6, Sneek – 1934. nov. 20, Leiden), holland matematikus, fizikus és asztronómus.

**déli pólus** (fiz) lásd:  $\rightarrow$ [iránytű](#)

**diamágnés** (fiz) lásd:  $\rightarrow$  [anyagok mágneses tulajdonsága](#)

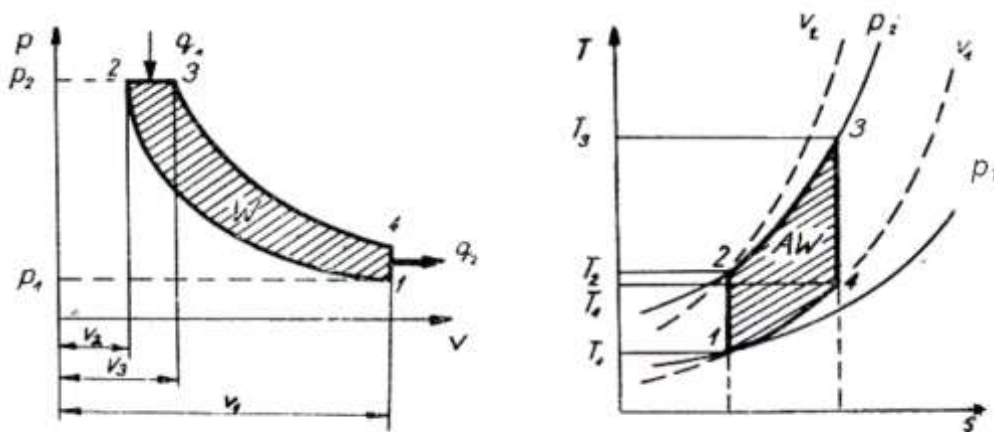
**dielektrikum** (fiz, vill) helyezünk szigetelőanyagból, ún. dielektrikumból készült réteget egy feltöltött, egymástól szigetelt, párhuzamos lemezekből álló  $\rightarrow$ [kondenzátor](#) lemezei közé. Azt vesszük észre, hogy a lemezek között a feszültség lecsökken, a dielektrikum  $\rightarrow$ [polarizációt](#) mutat, a dielektrikumon felületi töltések jelennek meg, a dielektrikumban az elektromos térerősség lecsökken.

Mivel a kondenzátor töltése nem változik, feszültsége csökken, így  $\rightarrow$ [kapacitása](#) nő ( $Q=CU$ ) A kapacitás változását a relatív  $\rightarrow$ [dielektromos állandó](#)val  $\epsilon_r$  jellemezzük, amely dimenzió nélküli szám



**dielektromos állandó** (fiz)  $\rightarrow$ [permittivitás](#)

**DIESEL-körfolyamat** (műsz, fiz) Rudolf C. K. DIESEL (1858. márc. 18. Párizs, 1913. szept. 29. La Manche) német gépészmérnök, feltaláló 1882-ben kapott szabadalmat új belsőégésű motorjára. A valóságos dízelmotor fő  $\rightarrow$ [körfolyamata](#) megközelíti a  $\sim$ -ot, amely olyan körfolyamat, amelynél a munkaközeget adiabatikus komprimálással nyomják össze, a  $\rightarrow$ [hőt](#) állandó  $\rightarrow$ [nyomás](#)on vezetik hozzá, a  $\rightarrow$ [mechanikai munkát](#) adiabatikus expanzió során végzi, és a hőt állandó  $\rightarrow$ [térfogat](#)on vonják el belőle.



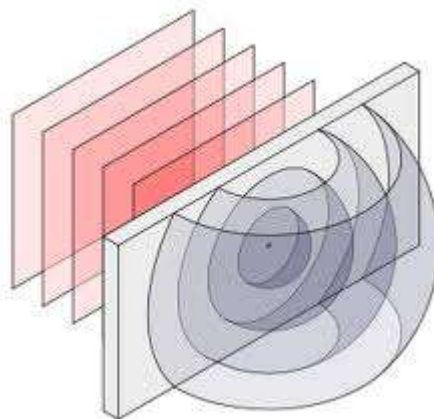
Diesel-körfolyamat  $p-v$  és  $T-s$  diagramja

A  $\sim$ -ot megvalósító dízelmotor hengerének véges térfogata miatt a munkaközeg fel nem dolgozható  $\rightarrow$  hőtartalmát, az ilyen korlátba nem ütköző gázturbinában hasznosítják, amelynek mechanikai teljesítményét feltöltő kompresszor hajtására használják fel. A kompresszor megnöveli a munkaközeg  $\rightarrow$  tömegét és nyomását, ezáltal nagyobb lesz a dízelmotor teljesítménye. Ez a turbótöltő elve.

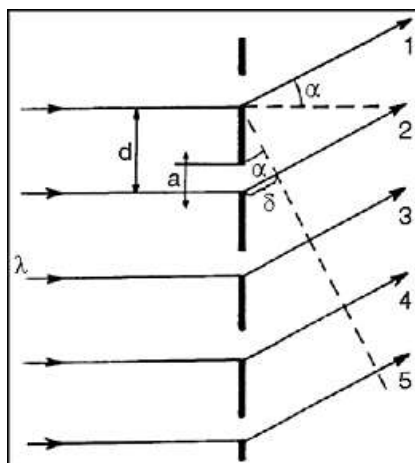
**differentiális Ohm törvény** (fiz) A térerősség és az áramsűrűség közötti összefüggés vektoriális alakban is igaz. A vektoriális összefüggést  $\sim$ -nek nevezzük.

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$$

**diffrakció (elhajlás)** (fiz) A HUYGENS-elv értelmében egy hullámfelület minden pontja egyben elemi hullámok kiinduló pontja is. Ugyanakkor a  $\rightarrow$  HUYGENS-FRESNEL-elv kimondja, hogy a hullámtérben megfigyelhető hatást az adott hullámfelületből kiinduló  $\rightarrow$  koherens elemi hullámok interferenciája határozza meg. Ha a hullámok útjába a hullámhosszhoz képest viszonylag nagyméretű réssel ellátott akadályt teszünk, akkor a nyíláson áthaladó hullámok közelítőleg egyenesen haladnak tovább. Ha azonban a rést elegendően kicsire szűkítjük, a hullámok behatolnak abba a térbe is, ami eredetileg az akadály által  $\rightarrow$  árnyékolva van – ilyenkor tapasztalható a  $\sim$ .



**diffrakciós rács (optikai rács)** (fiz) Párhuzamosan, egymáshoz közel kialakított, igen vékony rések vagy visszaverő felületek sorozata. Az egyes rácselemeken létrejövő FRAUNHOFER-féle elhajlás interferenciája révén rácsszínkép keletkezik (Joseph von FRAUNHOFER német fizikus (1787. márc. 6, Straubing — 1826. jún. 7, München)



**diffúzió** (fiz, kém) egyenetlen összetételű v. töménységű anyagokban spontán lejátszódó folyamat, amelynek során az eltérő összetétel kiegyenlítődik anélkül, hogy az anyagokat kevernék, áramoltatnák, v. melegítenék. ~ során a jellemző → extenzív mennyiség a → tömeg, amelynek konduktív (vezetéssel történő) transzportja jön létre a töménységtől (koncentrációtól) és a hőmérséklettől függő ún. kémiai potenciál (ez a jellemző → intenzív mennyiség) vagy bármely más intenzív mennyiség inhomogenitása miatt. Az anyag *i*-edik fázisának ~ját Adolf FICK (1829-1901) német természettudós 1855-ben felállított, és a nevét viselő FICK-törvények parciális differenciálegyenletei írják le, ha csak a koncentráció inhomogén:

1. törvény képlete:  $\mathbf{j}_i = D \text{grad} \rho_i$ ,

ahol  $\mathbf{j}_i$  az *i*-dik fázis tömegének áramsűrűség-vektora,

$\rho_i$  az *i*-dik fázis sűrűsége és

$D$  a diffúziós tényező (állandónak tételezve az *i*-dik fázisra).

2. törvény képlete:

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} = D \nabla^2 \rho_i$$

Megjegyzések:

(1) a FICK-törvényeket adott atom darabszámára is fel szokták írni;

(2) a fenti képletek deduktív levezetése iránt érdeklődőknek javasolt az alábbi webhely. A levezetés nyomán feltárul a FICK-törvények → érvényességi köre is: <http://web.t-online.hu/eszucs7/DIALOGUSOK/08.htm>

**dilatáció** (fiz) általában növekedés, tágulás (1). → hőtágulás (2). → idődilatáció

**dilatációs elem** (műsz) A → tartószerkezetek → alakváltozásai, amelyeket külső hatások, mint pl. szélterhelés, hőmérsékletingadozás váltanak ki, kiszámíthatók, de ha ezeket a → dilatáció miatti → deformációkat korlátozni próbálják, a tartószerkezetben járulékos → feszültségek, repedések keletkeznek, amelyek jelentősen csökkentik annak állékonyságát és használhatóságát. Ennek elkerülése a ~ek rendeltetése. A tartószerkezetekhez dilatációs hézagokat kell tervezni, amelyek ha kell, képesek nyíróerőket átvinni az épületrészek között. A hagyományos építményeknél ezt → konzolokkal vagy → GERBER-csuklóval oldották meg, de ez sok esetben kettős fal, kettős oszlop, v. kereszttartók építését kívánta meg. Ezek a járulékos szerkezetek gyakran nehéz feladat elé állítják a zsalutechnológiát, valamint csökkentik a hasznos területet. A dilatációs nyíróerő-átadó elemekkel ezek a jelentős többletköltséget okozó elemek elhagyhatók. A ~ekkel megvalósított védelmek típusai:

- Függőleges → elmozdulást biztosító hézag, amely a különböző, eltérő terhelésű épületrészeket választja el (pl. többszintes lakóépület mellé épített földszintes garázs, templomtorony és templomhajó, siló és kiszolgáló épület, hangár és karbantartóműhely).
- Vízszintes elmozdulást lehetővé tevő hézag, amelyet pillérkettőzéssel, gerendák csúszó felfektetésével vagy a teljes földem megszakításával lehet elérni. A ~ek lehetnek dilatációs szalagok, dilatációs zsaluzá-

ti elemek és  $\rightarrow$ csórlók. A  $\sim$ ek szolgálják pl. a hidaknál azok  $\rightarrow$ hőtágulásának kompenzálását. Ha a  $\sim$ -et valamilyen oknál fogva kihagyják, akkor a hőtágulásból származó többlet-igénybevételre az épületet méretezni kell. Ez a feladat a vasúti sínek építésénél is, mert a vízszintes elmozdulás általában a hőtágulás hatására alakul ki. A hidak egyik végének görgős alátámasztása is  $\sim$ -ként funkcionál.

- Kultúrmérnöki szerkezeteknél olyan hőtágulást kell biztosítani, amely a szerkezeten belül szögelfordulást tesz lehetővé (pl. hidpályák). A  $\sim$  fésűszerűen egymásba nyúló fogaival lehetővé teszi a híd egyes részeinek szabad mozgását.
- Funkcionális okok miatt is lehet különleges  $\sim$ -et beépíteni, amelyek eltérő rendeltetésű szerkezeteket szigetelnek el egymástól. Ilyen pl. a „ház a házban” szerkezet is (pl. liftakna), de ezek egyedi megoldásokat igényelnek.

**dimenzióanalízis** (fiz, műsz) a fizikai jelenségek vizsgálatának a dimenziók egyneműségén (homogenitásán) alapuló módszere. A  $\rightarrow$ fizikai mennyiségek meghatározásának lépéseiből következő ún. "homogenitási törvény" lényegében megállapodás. Ez ugyanis azt mondja ki, hogy csak egynemű mennyiségek adhatók össze (ill. vonhatók ki). Nem egynemű mennyiségeket is össze lehet adni, de csakis egyneműek adhatók össze számokként! A  $\sim$  módszerét a  $\rightarrow$ közegellenállás képletének meghatározásával szemléltetjük. A tapasztalat szerint a közegellenállás függ a közeg  $\rho \rightarrow$ sűrűségétől, a benne mozgó tárgy és a közeg egymáshoz viszonyított  $v \rightarrow$ sebességétől, a tárgy  $A$  felületétől és egy – számos egyéb körülménytől (pl. a tárgy alakjától) meghatározott – állandóval ( $const$ ). A függés fokát – az egyelőre ismeretlen  $n_i$  – kitevőkkel vesszük figyelembe úgy, hogy az egyenlet két oldalán szereplő fizikai mennyiségek helyett (a hosszúság:  $L$ , idő:  $T$  és  $\rightarrow$ tömeg:  $M$ ) alapidimenziókkal számolunk:

$$F_e = \rho^{n_1} v^{n_2} A^{n_3} \cdot const.$$

$$[F_e] = \frac{M \cdot L}{T^2}, [\rho] = \frac{M}{L^3}, [v] = \frac{L}{T} \text{ és } [A] = L^2.$$

$$\frac{M \cdot L}{T^2} = \left(\frac{M}{L^3}\right)^{n_1} \cdot \left(\frac{L}{T}\right)^{n_2} \cdot (L^2)^{n_3} = M^{n_1} \cdot L^{n_2 + 2n_3 - 3n_1} \cdot T^{-n_2},$$

$$\Rightarrow n_1 = 1, n_2 = 2 \text{ és } n_2 + 2n_3 - 3n_1 = 1 \Rightarrow n_3 = 1.$$

A kapott kitevőket ismét a fizikai mennyiségek hatványozására használva felírható a közegellenállás képlete a konstans kicserélve az  $\rightarrow$ ellenállás-tényező felére. (A  $\rightarrow$ felhajtóerő képlete hasonló gondolatmenettel is levezethető.)

$$\text{Tehát } F_e = \rho A v^2 \cdot const = c_e \frac{\rho}{2} v^2 A,$$

ahol  $c_e$  az ellenállás-tényező,

$$p_{din} = \frac{\rho}{2} v^2 \text{ a dinamikus nyomás.}$$

$$\text{A felhajtóerő képlete: } F_f = c_f \frac{\rho}{2} v^2 A$$

Amikor viszonylag kicsi a sebesség abszolút értéke, nem a  $\rightarrow$ tehetetlenségi erők, hanem a súrlódó  $\rightarrow$ erők dominálnak. Ilyenkor a sűrűség helyett a  $\gamma \rightarrow$ dinamikai viszkozitási tényezővel kell számolni, amelynek dimenziója:  $\frac{M}{TL}$ .

$$\text{A közegellenállás: } F_e = A^{n_1} \eta^{n_2} v^{n_3} \cdot const.$$

(Látszik, hogy nem kötelező megtartani a fizikai változók korábbi sorrendjét.)

A dimenziók egyenlősége alapján:



$$\left[ \frac{ML}{T^2} \right] = [L^2]^{n_1} \left[ \frac{M}{TL} \right]^{n_2} \left[ \frac{L}{T} \right]^{n_3} \quad M : 1 = n_2, T : 2 = n_2 + n_3 \text{ és}$$

$$L : 1 = 2n_1 - n_2 + n_3 \Rightarrow n_3 = 1 \text{ és } n_1 = \frac{1}{2}.$$

Ez gyökvonást jelent.

Az  $n_1$ -re kapott törtkitevő arra utal, hogy a közegellenállás nem a felülettel ( $L^2$ ), hanem egy jellemző hosszal ( $\sqrt{L^2} = L$ ) arányos, pl. gömb esetén  $\rightarrow$  STOKES képletével számítható ki a sebesség irányával ellentétes erő abszolút értéke:

$$F_e = 3\pi d \eta v,$$

ahol  $d$  a gömb átmérője.

Megjegyzés: Sir George Gabriel STOKES (1819. aug. 13. – 1903. febr. 1) ír fizikus, matematikus, brit akadémikus 1851-ben vezette le – lamináris áramlást feltételezve – a  $\rightarrow$  NAVIER–STOKES egyenletből a fenti képletet.

**dinamika** (fiz) a testek mozgását és  $\rightarrow$  deformációit vizsgálja az ezt előidéző  $\rightarrow$  erők alapján.

**dinamikai kiegyensúlyozatlanság** (fiz, műsz)  $\rightarrow$  alternáló v.  $\rightarrow$  forgómozgás következtében fellépő  $\rightarrow$  tehetetlenségi erők kiegyensúlyozatlansága miatt nem kívánatos, járulékos  $\rightarrow$  igénybevételek keletkeznek a gépekben. A  $\sim$  megszüntetése, ill. a  $\rightarrow$  kinetikai egyensúly megteremtése (hétköznapi szóhasználat: centírozás) a gépek  $\rightarrow$  rezgésmentes, tartós működésének egyik nélkülözhetetlen feltétele (pl.: gépjármű-abroncsok, tengelyek, turbinák, centrifugák és motorok rotorjai).

**dinamikai viszkozitási tényező** (jele:  $\eta$  v.  $\mu$ , mértékegysége: 1 kg/sm) A folyadékok belső  $\rightarrow$  súrlódását, nyúlóságát jellemzi; értéke az anyagminőségtől és a  $\rightarrow$  hőmérséklettől függ. A viszkozitás v. belső súrlódás a folyadék belső ellenállásának mértéke a csúsztató feszültséggel szemben. Pl. a víznek kisebb, a méznek nagyobb a viszkozitása. A szuperfolyékony anyagok, valamint az ideális folyadékok viszkozitása nulla.

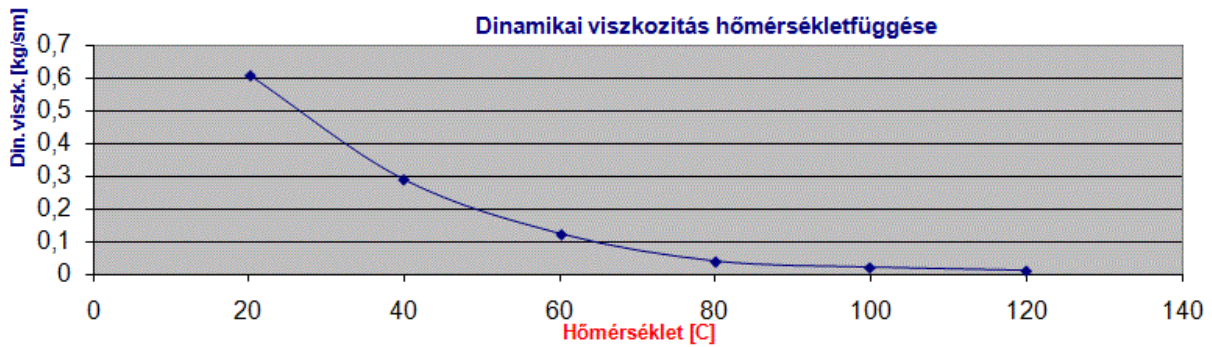
Az ún.  $\rightarrow$  newtoni közegekben a  $\tau$   $\rightarrow$  csúsztatófeszültség az egymáson elcsúszó folyadékrétegek relatív  $\rightarrow$  szögsebességétől függ. Ezt úgy lehet elképzelni, hogy pl. mézbe cérnákat helyezünk, majd e cérnákra merőlegesen elmozdítjuk a mézrétegeket. Ekkor a cérnák  $\gamma$  szöggel elfordulnak, de a csúsztatófeszültség nem ettől, hanem a szögsebességtől függ:

$$\tau = \eta \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \gamma}{\Delta t}$$

A  $\sim$  dimenziója (a szöveget ívmértékben értelmezve):

$$[\eta] = [\tau] \cdot \left[ \frac{\Delta \gamma}{\Delta t} \right]^{-1} = \frac{ML}{T^2 L^2} \cdot T = \frac{M}{TL}.$$

A  $\sim$  jelentős mértékben függhet a hőmérséklettől. Különösen a kenőolajoknál kell erre tekintettel lenni, mert a siklócsapágyak hordképességét és a  $\rightarrow$  csapsúrlódást egyaránt befolyásolja. A  $\rightarrow$  belsőégésű motorok hengereinek kenésekor is lényeges ez a változás (téli és nyári kenőolaj). Az alábbi ábra egy kenőolaj kísérleti úton meghatározott karakterisztikáját ábrázolja.



A mérést két, eltérő átmérőjű ( $d_1 = 4$  mm és  $d_2 = 1$  mm),  $\rho_{ac} = 7850$  kg/m<sup>3</sup> sűrűségű acélgolyó állandósult süllyedési sebességének segítségével határozták meg. 10°C-tól 60 °C-ig a nagyobb golyót, míg 61°C-tól 120°C-ig a kisebbiket használták. A golyó sebességét adott távolságban ( $h = 25$  cm) elhelyezett két mágneses érzékelő mellett való elhaladás időkülönbségének digitális impulzusszámlálóval történő mérése útján számították ki. A  $\rho_{ol} = 915$  kg/m<sup>3</sup> átlagsűrűségű olaj hőmérsékletét három ponton mérték digitális kijelzésű elektromos hőmérővel. A három érték átlagát vették, és ennek függvényében ábrázták a [STOKES képletével](#) és [ARKHIMÉDÉSZ törvényével](#) felírt erőegyensúly alapján számítható  $\sim t$ . A golyó mozgásegyenlete kis  $\rightarrow$  [REYNOLDS-szám](#) esetén (newtoni közeg feltételezésével):

$$\underbrace{\frac{\rho_{ac} d^2}{18\eta}}_{\tau_s} \dot{v} + v = \frac{(\rho_{ac} - \rho_{ol}) g d^2}{18\eta} \hat{=} v_{\infty}$$

ahol  $g$  a [gravitációs gyorsulás](#),  
 $v$  a golyó pillanatnyi süllyedési sebessége,  
 $\dot{v}$  a golyó pillanatnyi [gyorsulása](#),  
 $v_{\infty}$  az állandósult süllyedési sebesség és  
 $\tau_s$  az [időállandó](#).

Állandósult (stacioner) állapotban a gyorsulás zérus, ezért ekkor a  $\sim$  képlete:

$$\eta = \frac{(\rho_{ac} - \rho_{ol}) g d^2}{18v_{\infty}}$$

**dinamikus nyomás** (műsz, rep) (jele:  $p_{din}$ , mértékegysége: 1 Pa = 1 kg/s<sup>2</sup>m) az áramló folyadék szilárd testekre gyakorolt nyomóhatásának egyik tagja (a másik a [statikus nyomás](#)), amely az [áramlási sebesség](#) négyzetével és a folyadék [sűrűségével](#) arányos az alábbi képletnek megfelelően:

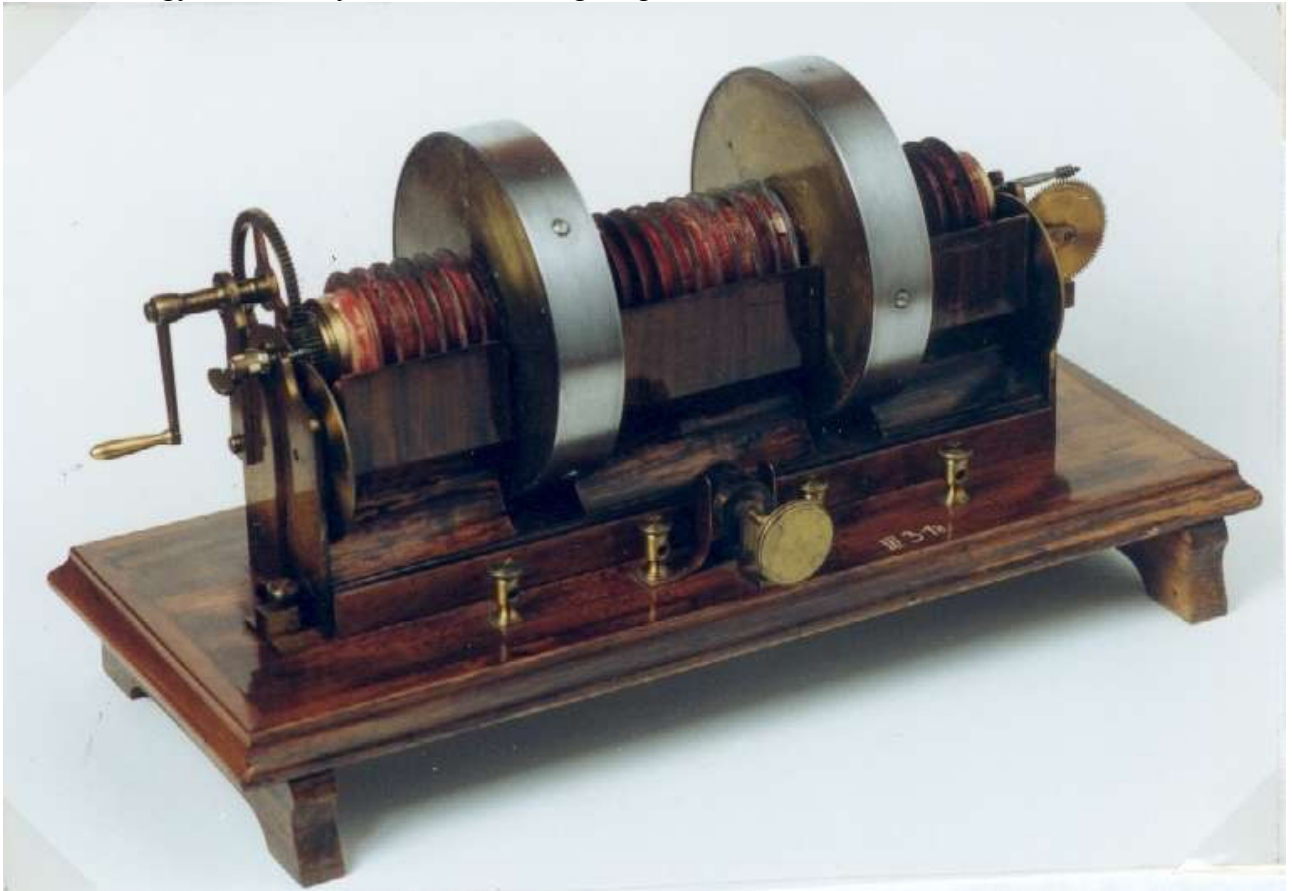
$$p_{din} = \frac{\rho}{2} \mathbf{v}^2,$$

ahol  $\rho$  a sűrűség és  
 $\mathbf{v}$  az [áramlási sebesség](#).

**dinamó** (fiz, műsz)  $\rightarrow$  [dinamóelv](#) alapján működő villamos forgógép, amely [mozgási energiát](#) egyenáramú villamos energiává alakít át. A  $\sim$  esetén a [feszültség](#) a forgó tekercsben keletkezik, amit kefe rendszerrel vesznek le. Lásd.: [váltakozó áramú generátor](#). Ha a  $\sim$  forgórészről a feszültséget ún. kommutátor segítségével vesszük le, akkor a generált feszültség nem vált polaritást, és így nincs szükség egyenirányítóra.

**dinamóelv** (vill) az öngerjesztés elve, a párhuzamos gerjesztésű egyenáramú gép ( $\rightarrow$  [generátor](#), régebben használatos nevén  $\rightarrow$  [dinamó](#)) működési elve. A Föld mágneses tere következtében és a fémekben visszamaradó, ún. remanens mágneses tér hatására a külső nyomatékkal forgatott forgórész tekercsében [feszültség](#) indukálódik, amely a gerjesztő tekercsen át [áramot](#) hajt keresztül. Ha ennek az áramnak az iránya olyan, hogy mágneses hatása a remanens mágneses teret erősíti (pozitív visszacsatolás), akkor a gép fölgerjedhet, és

villamos energiát szolgáltat. A ~ első felfedezője JEDLIK Ányos (eredetileg István; 1800. jan. 11, Szimó – 1895. dec. 13, Győr) magyar természettudós, feltaláló, bencés szerzetes volt. 1861-ben „egysarki villanyindító” néven meg is építette az első dinamót:

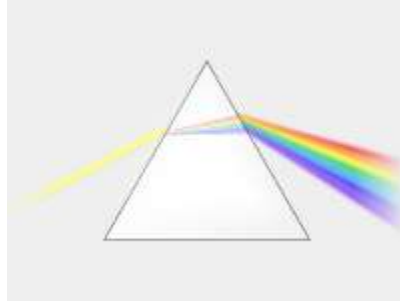


JEDLIKTől függetlenül Ernst Werner von SIEMENS (1816. dec. 13, Lenthe – 1892. dec. 6, Berlin) német mérnök, feltaláló is fölismerte a ~t 1866-ban, és szabadalmaztatta. 1867-ben Charles WHEATSTONE (1802. febr. 6, Gloucester – 1875. okt. 19, Párizs) angol fizikus, feltaláló szintén publikált egy ~t, csak ő az öngerjesztésre párhuzamos kapcsolást javasolt. Vannak ún. vegyes gerjesztésű (soros és párhuzamos gerjesztésű, kompaund) generátorok is. Ma mindhárom kapcsolási mód használatos.

**dioptria** (fiz) → [optikai lencse](#) méterben megadott → [gyűjtőtávolság](#)ának (fókusz-távolságának) előjeles reciprok értéke, dimenziója [ $m^{-1}$ ]. Gyűjtőlencsék dioptriája pozitív, szórólencséké negatív. Első sorban a szemüveg lencséknél használatos fogalom.

**dipólus** (fiz, vill) → [elektromos dipólus](#)

**diszperzió (szétszóródás v. színszórás)** (fiz) Az elektromágneses hullámok anyagi közegben frekvenciafüggő sebességgel terjednek, ezért két közeg határára ferdén beesve frekvenciájuktól függő mértékben térülnek el eredeti irányuktól, vagyis a törésmutató függ a frekvenciától, ill. a hullámhossztól. A *színszórás* (ún. *kromatikus diszperzió*) valamilyen → [spektrum](#)ú fény összetevőkre bomlása az új optikai közegben. (Pl. a → [fehér fény](#) — prizmán áthaladva — összetevő színeire bomlik.



**diszperziós állandó** (fiz) A  $\rightarrow$ [diszperzió](#) jellemzésére használt számadat. A FRAUNHOFER-féle színekép D, F és C vonalán (589,5 nm, 486,1 nm és 656,3 nm) mért törésmutatókból a következő formula szerint számítható:

$$D = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$$

**disszipatív rendszer** (fiz) olyan rendszer, amelyben a mechanikai energia egy része belső energiává alakul.

**disszipáció (szétszóródás)** (fiz) az energia valamely formájának súrlódásjellegű folyamat során történő hővé alakulása (energia-disszipáció).

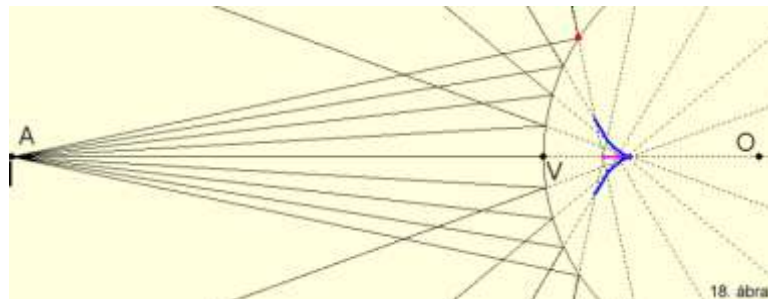
**disszipált energia** (fiz) (jele:  $\Delta E_D$ , mértékegysége 1 J) a disszipált teljesítmény időintegrálja:

$$\Delta E_D = \int_{t_1}^{t_2} P_D dt$$

**disszipált teljesítmény** (fiz) (jele:  $P_D$ , mértékegysége: 1 W) a  $\rightarrow$ [rendszerből](#)  $\rightarrow$ [hő](#) formájában távozó  $\rightarrow$ [teljesítmény](#), amelyet a rendszer nem tud egyéb energiaformákká visszaalakítani, azaz hasznosítani. Tipikus  $\sim t$  okozó jelenség a  $\rightarrow$ [súrlódás](#).

**dobott figurák** (rep) a műrepülés speciális, önpörgéssel járó figurái. Ilyen pl. a dugóhúzó, a dobott orsó és a negatív dobott orsó. Ez utóbbinál különösen nagy oldalirányú  $\rightarrow$ [gyorsulás](#) éri a pilóta fejét és belső szerveit. A hirtelen fejmozgást kerülnie kell, nehogy elveszítse uralmát a repülőgép felett a  $\rightarrow$ [CORIOLIS-hatás](#) következtében.

**domború tükör** (fiz) Azokat a tükröket, amelyeknek a visszaverő felülete  $r$  sugarú gömbsüveg, gömbtükröknek nevezzük. Ha a gömbtükör domború, vagyis külső oldala tükröz, akkor domború, belső tükröző felület esetén homorú gömbtükörről beszélünk.



**DOPPLER-effektus** (fiz) az a hangtani jelenség, amikor az  $f_0$  frekvenciájú hangot kibocsátó tárgy vagy az észlelő nincs nyugalomban a hang terjedésére szolgáló közeghez képest, és emiatt az észlelő más-más hangmagasságú (frekvenciájú) hangot hall. Ha a hullámforrás mozog a közeghez képest  $v \rightarrow$ [sebességgel](#), amelyben a hang  $a$  sebességgel terjed, akkor az ész-

lelt frekvencia:  $f = f_0 \frac{a}{a \pm v}$ . A közeledő forrás hangja magasabb, a távolodóé pedig alacsonyabb, mint a nyugvóé. (Ez utóbbi jelenség egyik fénytani analógja a  $\rightarrow$ [vöröseltolódás](#). A fény  $\sim$ át 1895-ben GALITZIN és BELEPOLSKI figyelte meg mozgótükrös kísérlettel.) Ha az észlelő mozog a közeghez képest  $v$  sebességgel, akkor az észlelt frekvencia:  $f = f_0 \frac{a \pm v}{a}$ , és ha az észlelő és a hullámforrás is mozog a közeghez képest, úgy, hogy  $\rightarrow$ [relatív sebességük](#) abszolút értéke  $v$ , akkor az észlelt frekvencia közeledéskor:  $f = f_0 \frac{a+v}{a-v}$ , távolodáskor pedig

$$f = f_0 \frac{a-v}{a+v}.$$

Megjegyzések:

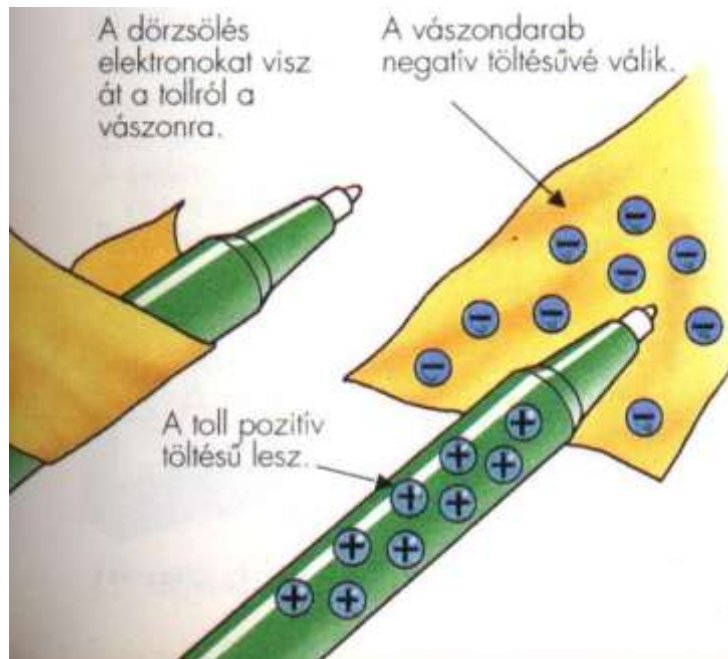
- Az egyes hullámfelületek haladási sebességét a forrás sebessége nem befolyásolja.
- Ez hang-, víz- és fényhullám esetén is igaz, de fénynél a számítási képlet a  $\rightarrow$ [relativitáselmélet](#) időre vonatkozó  $\rightarrow$ [LORENTZ-transzformáció](#)ja miatt más lesz, mert nem lehet egyszerűen  $a$  helyére  $c$ -t írni. A realtivisztikus  $\sim$  képlete távolodó fényforrás esetén:  $f = f_0 \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$ , ahol  $\beta = \frac{v}{c}$ .
- Az ún. merőleges  $\sim$ sal itt nem foglalkozunk.



Christian DOPPLER osztrák matematikus, a bécsi egyetem fizikaprofesszora 1850-től 1853-ig  
 Forrás: Dr. Kun István felvétele a Bécsi Tudományegyetem kertjében 2010. áprilisában

**DOPPLER jelenség**  $\rightarrow$  [DOPPLER effektus](#)

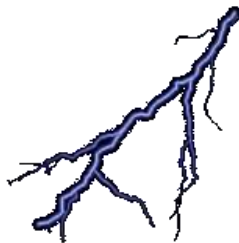
**dörzsölési elektromosság** (fiz, vill), dörzsöléssel  $\rightarrow$ [töltéseket](#) tudunk szétválasztani, ekkor  $\sim$ ról beszélünk. Az 1740-es években Benjamin FRANKLIN (1706. jan. 17, Boston – 1790. ápr. 17, Philadelphia) amerikai feltaláló, politikus és író úgy vélekedett, hogy a töltés olyan, mint egy folyadék, és minden objektum valamennyit tartalmaz belőle. Amikor üvegrudat dörzsölt meg selyemszövettel, úgy találta, hogy az üveg elektromossá vált és papírdarabokat vonzott magához. FRANKLIN feltételezte, hogy a dörzsölés nem teremtett új töltéseket, hanem csak az „elektromos folyadékból” valamennyit átvitt a szövetről az üvegre, és így ezután az üvegnek a folyadékból többlete, a selyemnek azzal egyenlő hiánya lett.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 31.

A ~nak számos gyakorlati alkalmazása közül az első magyarországi magfizikai részecskegyorsítóként is használt → [VAN DE GRAAFF-generátort](#) említjük, amelynek létesítése id. SIMONYI Károly (1916. okt. 18, Egyházaskalu – 2001. okt. 9, Budapest) gépészmérnök, akadémikus nevéhez fűződik. Magát a készüléket Robert Jemison VAN DE GRAAFF (1901. dec. 20, Tuscaloosa – 1967. jan. 16, Boston) találta fel; első elektrosztatikus generátorával még csak 80 kV feszültséget állított elő 1929-ben. 1931-ben Princetonban 1 MV-ot sikerült előállítania, majd 1933-ban, két nagy méretű fémgömb között 7 MV-ot. A mai VdG generátorokkal elérhető a 13-25 MV terminál feszültség is, gáznyomás alatti tankban (N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, ill. ezek különböző keverékei) Az ún. *tandem elv* segítségével a VdG generátorok által *gyorsított ionok energiája* megsokszorozható (stripping, áttöltés).

A ~ igen nagy feszültségekre töltheti fel az embereket és a használati tárgyakat. Pl. a személyi számítógépeket akár egy óvatlan érintéssel is tönkretelhetjük. Ismeretes a gépkocsiból való kiszálláskor a karosszéria érintésekor fellépő szikra. Az iparban és a közlekedésben is fokozott óvintézkedéseket tesznek a ~ káros következményeinek kiküszöbölésére. A repülőgépeken számos, csúcshatás elvén működő töltésleadót helyeznek el, hogy elkerüljék a ~ következtében fellépő szikrakisülést. A ~ kisülésének természetben előforduló legfélelmetesebb jelensége a villámlás.



**D-típusú elem** (műsz) olyan idealizált rendszerem, amelyből → [disszipált teljesítmény](#) távozik, és nem tartalmaz energiatároló elemet. Tipikus ~ az → [ellenállás](#) és a → [csapsúrlódás](#) → [modell](#)ezésére alkalmas → [rendszerem](#).

**duzzadási hely** (fiz) → [állóhullámok](#) maximális → [amplitúdó](#)jú helye.

**egyensúly** (fiz) az anyagi rendszer külső és belső kölcsönhatások során megvalósult makroszkopikus állapota, amely időben állandónak (stacionernek) tekinthető. Pl. termikus ~ akkor valósul meg, ha a test és környezete azonos  $\rightarrow$  hőmérsékletű állapotba jutott. A mechanikai ~ az  $\rightarrow$  erőrendszer olyan állapota, amelyben az erőhatásoknak kitett anyagi pont nyugalomban van, v. egyenes vonalú egyenletes mozgást végez. Másként fogalmazva, ha egy anyagi pont egy adott  $\rightarrow$  inerciarendszerben nyugalomban van, akkor a  $\rightarrow$  gyorsulása zérus, ezért  $\rightarrow$  NEWTON II. törvénye és  $\rightarrow$  IV. axiómája szerint az anyagi pontra ható erőrendszer eredője zérus. Pl. egy  $\rightarrow$  tömegpontként  $\rightarrow$  modellezett vitorlázó repülőgép egyenletes siklásakor a ráható erőrendszer eredője zérus.



Az erőrendszert a  $\mathbf{G}$   $\rightarrow$  súlyerő, az  $\mathbf{F}_f$   $\rightarrow$  felhajtóerő és az  $\mathbf{F}_e$   $\rightarrow$  ellenállás alkotja. (Az utóbbi két erő részeredője a pontvonallal szemléltetett  $\rightarrow$  eredő légerő, amely kiegyensúlyozza a  $\mathbf{G}$  súlyerőt.)

**egyensúlyi feltételek** (fiz) egy  $\rightarrow$  termodinamikai rendszer akkor kerül a környezetével egyensúlyi állapotba, ha hőmérséklete, nyomása, kémiai potenciálja megegyezik a környezet hőmérsékletével, nyomásával és kémiai potenciáljával. Az egyensúlyi állapotot az entrópia maximuma jellemzi. A  $\rightarrow$  termodinamikai egyensúly tranzitív, ha  $A \leftrightarrow B$ , és  $B \leftrightarrow C$  akkor  $A \leftrightarrow C$ , szimmetrikus, ha  $A \leftrightarrow B$ , akkor  $B \leftrightarrow A$ . A termodinamikai egyensúly stabil akkor, ha a rendszert megzavarva egy idő után ugyanazon egyensúlyi állapotába tér vissza. Metastabil akkor, ha a rendszer zavarás hatására a zavarás nagyságától függően visszatér a kezdeti egyensúlyi állapotába, vagy más egyensúlyi állapotba kerül. Semleges stabil akkor, ha tetszőleges zavarás hatására sem tér ki a rendszer egyensúlyi állapotából és labilis akkor, ha bármilyen csekély mértékű zavarás hatására az egyensúly azonnal megszűnik.

**egyensúlyi rendszer** (fiz) az  $\rightarrow$  egyensúlyi állapotát elért rendszer, amelyen belül semmilyen folyamatok nincsenek.

**egyesített gáztörvény** (fiz) az  $\rightarrow$  ideális gáz  $\rightarrow$  állapotváltozását megadó összefüggés:  $pV=nRT$ , ahol  $p$  a gáz  $\rightarrow$  nyomása,  $V$  a  $\rightarrow$  térfogata,  $n$  a molszám,  $T$  a  $\rightarrow$  hőmérséklet és  $\mathcal{R}$  az  $\rightarrow$  egyetemes gázállandó. Az ~ kifejezhető a gázmolekulák  $N$  számával is:  $pV = NkT$ , ahol  $k$  a  $\rightarrow$  BOLTZMANN-féle állandó. Az ~ megfelelő átalakítása után kapott képlete szerint az ideális gázok nyomásának és térfogatának szorzata egyenlő a gáz  $m$   $\rightarrow$  tömegének, abszolút hőmérsékletének és az ún.  $\rightarrow$  specifikus gázállandónak a szorzatával:  $pV = mRT$ . Mindkét oldalt a tömeggel elosztva az ~ olyan alakját kapjuk, amelyben a nyomás és a  $\rightarrow$  fajtérfogat szorzata szerepel a bal oldalon:  $p\nu=RT$ .

**egyetemes gázállandó** (fiz) v. → univerzális gázállandó az → egyesített gáztörvény univerzális arányossági tényezője:  $R=8,31432 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ . Az ~ fizikai jelentése: 1 mol tökéletes gáz → energiájának 1 K → hőmérsékletre eső része.

**egyszerű gépek** (fiz, műsz) erőt fokozó, v. irányt váltó, de → teljesítményt nem növelő mechanikai szerkezetek. Az ~ jól jellemezhető az → erőátviteli tényezővel, amely kifejezi az erőszorzás mértékét. Az ~ fajtái: → csavar, → csiga, → emelő, → ék, → hengerkerék és → lejtő.

**eikonal** (fiz) optikai út vagy fényút: valamely fénysugár mentén a  $P_1$  ponttól a  $P_2$  pontig vett  $S = \int_{P_1}^{P_2} n ds$  vonalintegrál, amely a  $P_1$  és  $P_2$  pontok koordinátáinak függvényeként fogható fel, ez a függvény az eikonal. → FERMAT-elve szerint az ~ függvény variációja extrémum, vagyis

$$\delta S = \text{extremum.}$$

**EINSTEIN-egyenlet** (fiz) az → általános relativitáselméletben az anyageloszlást a tér geometriájával összekapcsoló egyenlet:

$$\mathbf{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2} \mathbf{g}_{\mu\nu} R = \frac{8\pi}{c^2} G \mathbf{T}_{\mu\nu}$$

ahol

$\mathbf{T}_{\mu\nu}$  – energia-impulzus tenzor,

$\mathbf{g}_{\mu\nu}$  – a tömegeloszlás következtében létrejövő görbület tenzora,

$R$  – a távolság,

$G$  – az univerzális → gravitációs állandó,

$c$  – a → fénysebesség és

$\mathbf{R}_{\mu\nu}$  – RIEMANN-féle görbületi tenzor.

Megjegyzés: az ~ nem tévesztendő össze a külső fotoeffektus EINSTEIN-féle egyenletével:

$$\varepsilon = h\nu = W + \frac{1}{2}mv^2 = W + qU$$

ahol  $W$  jelentése kilépési munka.

**EINSTEIN-féle speciális relativitáselmélet** (fiz) A 19. sz. második felében a mechanikai távolhatás-felfogás és az elektromágnességtan közelhatás-felfogása álltak klasszikusan feloldhatatlan ellentmondásban egymással (→ közelhatás-távolhatás ellentmondás). LORENTZ, POINCARÉ és mások próbálkozásai után az ~ hozza ezen ellentmondás feloldását.

Az ~ mindkét axiómája csak → inercia-rendszerekben érvényes (ezért hívják speciális-nak).

1. A relativitás elve: a fizikai törvények matematikai alakja azonos minden inercia-rendszerben.

2. A fénysebesség állandóságának axiómája: a → fénysebesség minden inercia-rendszerben ugyanaz az állandó érték.

**EINSTEIN-ROSEN-híd** (fiz, kozmológia) a → féreglyuk egy másik elnevezése. A féreglyuk v. féregjárat (wormhole) elméleti konstrukció, amely vékony, csőszerű képződmény, és az Univerzum (v. más univerzumok) két távoli, görbületmentes területét köti össze. A → fekete lyuk szingularitása úgy viselkedik, mint egy féreglyuk egyik – bemeneti – oldala; a kimenet egy ún. → fehér lyuk. Az ~at SCHWARZSCHILD-féregjáratnak is nevezik.

Megjegyzés: Nathan ROSEN (1909. márc. 22, New York – 1995. dec. 18, Haifa), amerikai/izraeli elméleti fizikus.

**ekvipartíció-tétel** (fiz) a kinetikus gázelmélet fontos megállapítása, hogy egy adott  $T$  hőmérsékleten az egy → szabadsági fokra jutó energia  $\frac{1}{2}kT$ , ahol  $k$  a → BOLTZMAN-állandó és  $T$  a



hőmérséklet. A haladó mozgás három szabadsági fokot jelent, így az atomos gázok egy atomjára jutó energia  $E = \frac{3}{2} kT$ .

Kétatomos molekulák esetén, mivel két forgási  $\rightarrow$ [szabadsági fok](#) is megjelenik, az egy molekulára jutó energia  $E = \frac{5}{2} kT$ . Az elgondolás korlátját azonban az mutatja, hogy a mérések szerint a 40K hőmérsékletű  $H_2$  (kétatomos) gázban az egy molekulára jutó energia  $E = \frac{3}{2} kT$ -nak adódik, azaz úgy tűnik, mintha a forgási szabadsági fokoknak megfelelő mozgás nem jönne létre. A szabadsági fokok ilyen „befagyása” az energiaértékek kvantáltságával függ össze.

Megjegyzés: Ludwig Eduard BOLTZMANN (Bécs, 1844. február 20, Bécs – 1906. szept. 5, Duino) osztrák fizikus, filozófus.

**ekvipotenciális felület** (fiz, vill) Képzeljünk el egy felületet, amelyik mindenütt merőleges az  $\rightarrow$ [elektromos erővonal](#)akra. Egy kicsiny, de tetszőleges  $q \rightarrow$ [elektromos töltés](#)t munkavégzés nélkül mozgathatunk ezen a felületen, ugyanis a rá ható  $\mathbf{F} = q\mathbf{E} \rightarrow$ [erő](#) mindenütt merőleges az elmozdulásra.

$$W_{ab} = q(U_b - U_a) = \int_a^b \mathbf{F} d\mathbf{r} = 0$$

Mivel a végzett munka zérus, és ez egyenlő a  $q$  töltés és a  $\rightarrow$ [potenciálkülönbség](#) szorzatával, ezért ez csak úgy lehetséges, ha a potenciálkülönbség zérus. Vagy másként fogalmazva a felület ekvipotenciális.

**elektrogyenge elmélet** (fiz) az elektromágneses kölcsönhatás és a gyenge kölcsönhatás jelenségeinek egységes szerkezetű matematikai leírása. Az  $\sim$  (GLASHOW–WEINBERG–SALAM-modell) az [elektromágnesség](#) ( $\rightarrow$ [kvantum-elektrodinamika, QED](#)) és a  $\rightarrow$ [gyenge kölcsönhatás](#) egyesítéséből született meg. Az elmélet a  $\rightarrow$ [Standard Modell](#) egyik alappillére. Az elmélet szerint az elektrogyenge kölcsönhatást a nyugalmi tömeg nélküli  $\rightarrow$ [foton](#), valamint három nagy tömegű  $\rightarrow$ [bozon](#)-társa, a  $W^+$ ,  $W^-$  és  $Z^0$  „nehéz fotonok” közvetítik.

Megjegyzés: Sheldon Lee GLASHOW (1932. dec. 5, New York - ), NOBEL-díjas (1979) amerikai elméleti fizikus, Steven WEINBERG(1933. máj. 3, New York - ), NOBEL-díjas (1979) amerikai elméleti fizikus, Mohammad Abdus SALAM (1926. jan. 29, Jhang, Punjab, – 1996. nov. 21, Oxford), NOBEL-díjas (1979) pakisztáni/angol elméleti fizikus, matematikus, asztrofizikus.

**elektrolízis** <gör.> (fiz, kém, koh)  $\rightarrow$ [villamos áram](#) hatására elektromosan vezető oldatban v. olvadékban végbemenő kémiai átalakulás. Az  $\sim$  alatt elektromos energia alakul át kémiai energiává. Az  $\sim$  során kiváló anyagmennyiségre a Michael FARADAY által 1833-34-ben megállapított törvény ( $\rightarrow$ [FARADAY-törvény](#) 2.) szerint bármely ion egy grammegyenértéknyi (1 mol) mennyiségének képződéséhez, ill. semlegesítéséhez kb. 96 500 coulomb  $\rightarrow$ [elektromos töltés](#) szükséges. Ezt  $\rightarrow$ [FARADAY-szám](#)nak nevezik, amelynek pontos értéke:  
 $F=(9,648606\pm 0,000012)\cdot 10^4$  C/mol.

$$n = \frac{It}{zF}$$

ahol  $n$  a mólok száma,  $I$  az áramerősség,  $z$  az ion töltése,  $F$  pedig a FARADAY-szám.

**elektromágnes** (fiz) Az  $\sim$  általában egy lágyvas mag, amelyet legalább egy tekercs vesz körül. A tekercsben folyó  $\rightarrow$ [elektromos áram](#) mágneses teret hoz létre, amelynek irányát a  $\rightarrow$ [jobbkez-szabály](#) szerint lehet meghatározni. Mivel a mágneses erővonalak a tekercs belsejében azonos irányúak, ezért a vasban  $\rightarrow$ [mágneses fluxus](#) alakul ki. Ez a fluxus teszi lehetővé, hogy az  $\sim$  mágnesezhető anyagokat magához vonzzon. . A fel- és lemágnesezés (ellentett áramirány) során az  $I = 0$  áramnál a lágyvasban ún. remanens (maradék) mágnesség marad vissza (hiszterézis-jelenség).

**elektromágneses hullám** (fiz) → [elektromágneses hullámegyenlet általános megoldása](#)

**elektromágneses hullámegyenlet** (fiz) Ha felírjuk a → [MAXWELL egyenletek](#) differenciális alakját vákuumra, ahol *nincs* → [töltés](#) és → [áram](#), akkor láthatjuk, hogy az elektromos és mágneses → [erőtér](#) között → [szimmetria](#) áll fenn; nevezetesen az, hogy változó mágneses erőterek elektromos, míg változó elektromos erőterek mágneses erőteret hoznak létre. E szimmetria akkor vált nyilvánvalóvá, amikor James Clerk MAXWELL (1831-1879) angol fizikus elvégezte az utolsó simításokat az elektromágnesség elméletén. Tehát a MAXWELL-egyenletek *töltés és áram nélkül, vákuumban*:

Sorszám	Megnevezés	Differenciális alak
I.	<a href="#">GAUSS-törvény</a>	$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0$
II.	<a href="#">FARADAY-LENZ-törvény</a>	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
III.	<a href="#">GAUSS mágneses törvénye</a>	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
IV.	<a href="#">AMPÈRE-törvény</a>	$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$
V.	<a href="#">Elektromos indukció</a>	$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E}$
VI.	<a href="#">Mágneses indukció</a>	$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$

Az V. egyenletet behelyettesítve az I.-be kapjuk a következő összefüggést:

$$\epsilon_0 \nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \Rightarrow \nabla \cdot \mathbf{E} = 0$$

A VI. és V. egyenlet felhasználásával a IV. egyenletből kapjuk a következő összefüggést:

$$\mu_0 \nabla \times \mathbf{H} = \mu_0 \frac{\partial \epsilon_0 \mathbf{E}}{\partial t} \Rightarrow \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

A fenti egyenletek és az I. III. egyenletekből felírható az elektromágneses → [hullámegyenlet](#).

$$\Delta \cdot \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2}$$

$$\Delta \cdot \mathbf{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

**elektromágneses hullámegyenlet általános megoldása** (fiz) A → [hullámegyenlet](#)ek általános megoldásából tudjuk, hogy a megoldás rendre

$$\mathbf{B} = \mathbf{B} \left( t - \frac{\mathbf{rn}}{c} \right) \quad \mathbf{E} = \mathbf{E} \left( t - \frac{\mathbf{rn}}{c} \right)$$

alakú, ahol ez fizikailag azt jelenti, hogy a  $\mathbf{E}$  és  $\mathbf{B}$  tovaterjed  $\mathbf{n}$  irányban  $\dot{\mathbf{r}}$  → [sebességgel](#) ( $|\dot{\mathbf{r}}| = c$ ).

**elektromágneses hullámok** (fiz) Az elektromágneses tér önállóan tovaterjedő állapota. Transzverzális hullám, melyben az elektromos térerősség vektora és a mágneses térerősség vektora merőleges egymásra, és a sugárzás irányába mutató  $\rightarrow$ POYNTING-vektor ( $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$ ) irányára is. Az elektromágneses hullám energiát és ezzel impulzust szállít. Az elektromágneses tér teljesítmény-sűrűsége (az időegység alatt a terjedés irányára merőleges, egységnyi felületen áthaladó energia):

$$w = \frac{1}{2} \cdot (\mathbf{E} \mathbf{H} + \mathbf{D} \mathbf{B}) \quad [\text{Wm}^{-2}]$$

**elektromágneses hullámterjedési sebesség** (fiz) Az  $\rightarrow$ elektromágneses hullámegyenlet megoldható úgy, ha bevezetjük a  $c_0 \sim$  fogalmát vákuumra:

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Ekkor az  $\rightarrow$ elektromágneses hullámegyenlet alakja:

$$\Delta \cdot \mathbf{B} = \frac{1}{c_0^2} \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2}$$

$$\Delta \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{c_0^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

$c_0$  a  $\rightarrow$ fénysebesség vákuumban.

**elektromágneses indukció** (fiz) 1820-ban ØRSTED (v. OERSTED) véletlenül fedezte fel, hogy  $\rightarrow$ áram hatására mágneses tér jön létre. 1831-ben Michael FARADAY, angol kísérletező és az Egyesült Államokban dolgozó Joseph HENRY egymástól függetlenül fedezték fel, hogy változó mágneses terek  $\rightarrow$ feszültséget indukálhatnak (örvényes  $\rightarrow$ elektromos erőtér létrehozásakor; ez a FARADAY–LENZ-törvény). A jelenséget  $\sim$ nek nevezték el.

A  $\rightarrow$ mozgási indukció törvényéből következik,

$$U = \mathbf{l} \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Ideális esetben  $l \perp B$ ,  $v \perp B$ ,  $l \perp v$ , és így

$$U = Blv = \frac{d\Phi_B}{dt} = -\varepsilon$$

FARADAY általánosan jelentette ki, (nem csak mozgási indukcióra, hanem  $\mathbf{B}$  – egyéb okból bekövetkező – változása esetére is) hogy feszültség akkor indukálódik egy áramkörben, ha az áramhurok által közrefogott mágneses indukcióvonalak száma megváltozik.

Egy áramkörben  $\rightarrow$ indukált feszültség az áramhurok által határolt felületen átmenő  $\rightarrow$ mágneses fluxus egységnyi idő alatti megváltozásával egyenlő:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

**elektromos áram**  $\rightarrow$ áramerősség,  $\rightarrow$ áram. Az  $\sim$  (vagy régies, a műszaki életben elterjedten használt nevén *villamos áram*) a  $\rightarrow$ töltéssel rendelkező részecskék *rendezett* áramlása. Lényegében minden rendezett töltésmozgást elektromos áramnak nevezünk, de mégis különbséget teszünk a fémekben az  $\rightarrow$ elektronok által létrehozott *konduktív áram* és a folyadékokban, gázokban szabad töltéshordozók (ionok) mozgása során létrejövő *konvektív áram* között. Megállapodás szerint az áram irányán a pozitív töltések mozgásirányát, vagyis a negatív töltések mozgásával ellentétes irányt értjük. Ezt FRANKLIN vezette be. A fémes vezetőkben az

áramot létrehozó, mozgó töltések a szabad elektronok, amelyek „vándorlási” sebessége a kristályrácsban:  $v=j/qn$  [m/s]  
 ahol  $j$  az áramsűrűség [ $A/m^2$ ],  $q$  az elektron töltése [As] és  $n$  a  $\rightarrow$ térfogategységben lévő szabad elektronok száma [ $m^{-3}$ ]. A vezetőben a töltéshordozók vándorlási sebessége igen kicsi, a hatás terjedéséhez képest.

**elektromos dipólus** (fiz, vill) az  $\sim t$  két azonos nagyságú, de ellentétes előjelű, egymástól állandó távolságra lévő pontszerű  $\rightarrow$ elektromos töltés alkotja.

**elektromos dipólus-momentum** (fiz, vill) (jele:  $p$ , mértékegysége: 1 Cm), képlete:  

$$\mathbf{p}=q\mathbf{l}$$

ahol  $q$  a töltések nagysága,  $\mathbf{l}$  a negatív töltéstől a pozitív töltés felé mutató vektor.

**elektromos ellenállás**  $\rightarrow$ ellenállás

**elektromos erőter** (fiz, vill) (jele:  $\mathbf{E}$ , mértékegysége: 1 N/C)  $\sim$ et a gravitációs erőterhez hasonló módon definiáljuk. Ha az  $\sim$ et  $Q$  ponttöltés hozza létre, akkor a  $\rightarrow$ COULOMB törvény szerint a  $q$  töltésre ható  $\rightarrow$ erő a következő módon írható fel:

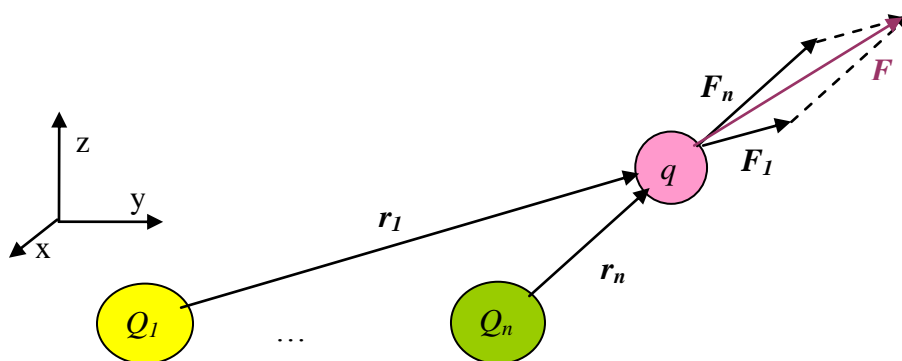
$$\mathbf{F}_q = k \frac{Qq}{r^2} \frac{\mathbf{r}}{|\mathbf{r}|}$$

Amennyiben az  $\sim$ et  $n$  darab  $\rightarrow$ ponttöltés hozza létre, amelyeknek a töltése rendre  $Q_i$  ( $i=1, \dots, n$ ), akkor az erőteret az erők függetlenségének elve alapján ( $\rightarrow$ szuperpozíció elve) a következő módon írhatjuk fel:

$$\mathbf{F}_q = \sum_{i=1}^n k \frac{Q_i q}{r_i^2} \frac{\mathbf{r}_i}{|\mathbf{r}_i|}$$

Amennyiben az  $\sim$ et folytonos töltéeloszlás hozza létre, úgy a teret keltő töltéeloszlást  $dQ$  elemi töltésekre osztjuk, amelyeket ponttöltésnek tekintünk, és ezek által keltett  $d\mathbf{F}$  elemi erőket „összegezzük”, integráljuk:

$$d\mathbf{F} = k \frac{qdQ}{r^2} \frac{\mathbf{r}}{|\mathbf{r}|}, \quad \mathbf{F} = kq \int \frac{r dQ}{r^3}$$



**elektromos erővonal**  $\rightarrow$ elektromos térerősség vonal

**elektromos fluxus** (fiz, vill) (jele:  $\Phi_E$ , mértékegysége: 1  $Nm^2/C$ )  $\sim$  lényegében az adott felületet metsző  $\rightarrow$ erővonalak száma. Homogén  $\mathbf{E}$  elektromos térben az erővonalakra merőleges  $\mathbf{A}$  felületre a fluxust a következő formulával definiáljuk:

$$\Phi_E = \mathbf{E} \mathbf{A}$$

Inhomogén elektromos térben tetszőleges elemi felületre felírhatjuk a fluxus differenciálját:

$$d\Phi_E = \mathbf{E} d\mathbf{A}$$

Az ~ általános definíciója fenti egyenlet  $\mathbf{A}$  felületre vett integrálja:

$$\Phi_E = \int_A \mathbf{E} d\mathbf{A}$$

**elektromos indukció vektor** (fiz) (jele:  $\mathbf{D}$ , más elnevezése: villamos eltolási v. eltolódási vektor, mértékegysége:  $1 \text{ C/m}^2$ ) Homológ közegben  $\epsilon_r$  helytől, és természetesen anyagminőségtől függő, dimenziótlan szám. Vákuumban  $\epsilon_r=1$ , szárazlevegőben  $\epsilon_r=1,00059$ .

$$\mathbf{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E}$$

Itt  $\mathbf{D}$  és  $\mathbf{E}$  párhuzamos és egyirányú. Azonban vannak olyan közegek ahol  $\mathbf{D}$  és  $\mathbf{E}$  nem párhuzamos. Ezeket a közegeket nem homológoknak nevezzük. Ilyen pl. a kettős törésű csillámpala. Ekkor  $\epsilon_r$  helytől függő tenzor.

$$\mathbf{D} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \mathbf{E}$$

(Tenzorszámítást középiskolában nem tanítanak, ezért egy időben igyekeztek  $\mathbf{D}$ -t kiiktatni, és mindent megmagyarázni  $\mathbf{E}$ -vel.  $\mathbf{D}$  fogalma nélkül azonban a  $\rightarrow$  [MAXWELL egyenletek](#) csak korlátozással igazak homológ közegre.)

**elektromos potenciál**  $\rightarrow$  [potenciál](#)

**elektromos potenciális energia**  $\rightarrow$  [potenciális energia](#)

**elektromos térerő** (fiz) (jele:  $\mathbf{E}$ , mértékegysége:  $1 \text{ N/C}$ ) Ha az  $\rightarrow$  [elektromos erőter](#)ben a pontszerű  $q$  próbatöltésre  $\mathbf{F} \rightarrow$  [erő](#) hat, akkor az

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$$

mennyiséget  $q$  próbatöltés tartózkodási pontjában az ~sségnek, vagy az egységnyi töltésre ható erőnek nevezzük.

**elektromos térerősség vonal** (fiz) , Az  $\rightarrow$  [elektromos erőter](#)et *térerősség vonalak* vagy, ahogy FARADAY nevezte,  $\rightarrow$  [erővonal](#)ak segítségével *szemléltethetjük* a következő módon.

Megjegyezzük, hogy erővonalak a valóságban nem léteznek és használatuk csak szemléltetési eszköz:

- Az erővonalak irányított görbék.
- Egy adott pontban az erővonalhoz húzott érintő az adott pontban ható térerősség hatásvonalával egyezik meg.
- Az erővonal iránya a tér minden pontjában megegyezik az adott pontban uralkodó  $\mathbf{E}$  térerősség irányával.
- Az erővonalakra merőleges, egységnyi felületen áthaladó erővonalak száma (az erővonalak sűrűsége) az  $\mathbf{E}$  térerősség nagyságával arányos.

**elektromos töltés** (fiz) (jele:  $q$ , mértékegysége:  $1 \text{ C}$  , Charles Augustin de COULOMB [1736. jún. 14, Angoulême – 1806. aug. 23. Párizs] tiszteletére). Az ~ néhány [elemi részecske](#) alapvető megmaradó (invariáns) tulajdonsága, amely meghatározza, hogy milyen mértékben vesz részt az [elektromágneses kölcsönhatásban](#) (amely egyike a Természet *alapvető* kölcsönhatásainak). A mozgó, elektromosan töltött anyag elektromágneses teret hoz létre maga körül, és

külső elektromágneses tér befolyásolja a mozgását. Az elektromos töltés *kvantált*, azaz minden test töltése egy legkisebb töltés többszöröse. A  $\rightarrow$ [kvarkok](#) felfedezéséig úgy tűnt; a legkisebb egység az  $\rightarrow$ [elektron](#) töltése (Megj.: nem abszolút értékét tekintve ez ma is igaz), amelyet így konvencionálisan -1-nek mondunk, miután az ún.  $\rightarrow$ [elemi töltés](#) mínusz egyszerese. A többi, közvetlenül megfigyelhető részecske villamos töltése ezzel a konvencióval egész szám. A kvarkok és antikvarkok töltése azonban 1/3, 2/3 vagy ezek -1-szerese lehet. Az elektromos töltések diszkrét voltát [MILLIKAN kísérlete](#) demonstrálta először. 1600-ban az angol William GILBERT visszatért ehhez a jelenséghez a *De Magnete* c. munkájában és megalkotta a modern latin *electricus* szót a görög  $\eta\lambda\epsilon\kappa\tau\rho\nu$  (*elektron*, „borostyán”) szóból, ami hamarosan az angol „electric, electricity” szavak megszületéséhez vezetett.

*Megjegyzés:* az elektromos töltés az *u* (up) kvarknál +2/3, a *d* (down) kvarknál -1/3. A nukleonok 3 valencia kvarkot tartalmaznak: proton = *uud*, neutron = *udd*; így jön ki a proton +1, a neutron 0 villamos töltése.

Az  $\rightarrow$ [elektrosztatikus erők](#) (éppúgy, mint a  $\rightarrow$ [gravitációs erők](#)) vonzóerők lehetnek.

Az elektrosztatikus erők (a gravitációs erőkkel ellentétben) taszító erők is lehetnek.

Az elektrosztatikus erők (éppúgy, mint a gravitációs erők) vákuumon keresztül is hatnak.

Az elektrosztatikus erők (éppúgy, mint a gravitációs erők) függenek a távolságtól.

Az elektrosztatikus erők vákuumban semmi mástól nem függenek, csak a távolságtól és az elektrosztatikus erőket létrehozó fizikai mennyiségtől, az  $\sim$ -től. Az  $\sim$ -t szokták  $\rightarrow$ [villamos töltés](#)nek is nevezni, vagy csak röviden *töltés*nek. Kétféle töltést különböztetünk meg Az azonos típusú töltések taszítják egymást, az ellentétes típusúak vonzzák. A két típust a töltés nagyságát reprezentáló mérőszám előjelével különböztetjük meg, azaz vannak  $\rightarrow$ [pozitív töltések](#) és vannak  $\rightarrow$ [negatív töltések](#).

**elektromotoros erő**  $\rightarrow$ [feszültségforrás](#)

**elektron** (fiz) az elektron (az ógörög borostyánkő szóból származik) negatív elektromos töltésű elemi részecske. Jelölése:  $e^-$ . Az elektron feles spinű  $\rightarrow$ [lepton](#), antirészecskéje a  $\rightarrow$ [pozitron](#). Kísérletileg először 1897-ben J. J. THOMSON mutatta ki.

**elektronmikroszkóp** (fiz)  $\rightarrow$ [mikroszkóp](#)

**elektronspin** (fiz) a [kvantummechanika](#) törvényei szerint egy adott  $\rightarrow$ [kvantumállapotot](#) legfeljebb két elektron foglalhat el. Ezeket az elektronokat a spinjük alapján különböztethetjük meg. A spin az elektronon belüli forgástengely körüli impulzusmomentum; az  $\rightarrow$ [elektron](#) olyan belső és alapvető jellemzője, mint a tömege és az  $\rightarrow$ [elektromos töltése](#). Az  $\sim$  tehát nem az elektron saját tengelykörüli forgásából származik, hanem az elektron immanens tulajdonsága. A spint és az ehhez csatolt mágneses dipólmomentumot GOUDSMIT és UHLENBECK posztulálta 1925-ben a ZEEMAN-effektus ([színképvonalak](#) felhasadása mágneses térben), alkáli atomok spektrumvonalainak dublet felhasadása, és más jelenségek értelmezésére. Az elektronspin (*s*) kvantumszámának abszolút értéke mindig 1/2, ami azt jelenti, hogy egy kiténtetett irányra (pl. külső mágneses tér) vett vetület  $\pm\hbar/2$  ( $\hbar = h/2\pi$  és *h* a  $\rightarrow$ [PLANCK állandó](#)). A  $\rightarrow$ [PAULI-féle kizárási elv](#) (1925) szerint azonos kvantumszámokkal adott állapotban egynél több elektron nem lehet az atomban. A [periódusos rendszer](#) felépülésénél a PAULI-elv érvényesül. Az elektronok mellett minden olyan részecske, amelynek fél- v. egészszámú a spinje ( $\rightarrow$ [proton](#),  $\rightarrow$ [neutron](#), [atomok](#)), eleget tesz a PAULI-elvnek. Ezek a fermionok, és a FERMI-DIRAC statisztikát követik.

*Megjegyzés:* Samuel Abraham GOUDSMIT (1902. júl. 11, Hága — 1978. dec. 4, Reno), holland/amerikai fizikus, George Eugene UHLENBECK (1900. dec. 6, Batavia— 1988. okt. 31, Boulder), holland/amerikai elméleti fizikus, Pieter ZEEMAN (1865. máj. 25, Zonnemaire – 1943. okt. 9, Amszterdam) NOBEL-díjas (1902) holland fizikus, Wolfgang Ernst PAULI (Bécs, 1900. ápr. 25, Bécs – 1958. dec. 15, Zürich), NOBEL-díjas (1945) osztrák/svájci fizikus

**elektroszkóp** (fiz) → töltés mérésére alkalmas eszköz.

**elektrosztatikus erő** (fiz, vill) nyugvó töltések között fellépő → COULOMB erőt ~nek nevezük. Az elektrosztatikai tér örvénymentes vektortér (az **E** bármely zárt görbe menti vonalintegrálja zérus), amelynek az elektromos töltések a forrásai és nyelői (az erővonalak mindig a töltésekből indulnak ki és azokban is végződnek). L. még → elektromos erőter

**elem** (fiz)

(1) Valamely → rendszer tovább nem bontott (v. bontható) alkotórésze.

(2) Villamos áramforrás, amely kémiai energiát alakít villamos energiává, és alkotórészeinek elektrokémiai tulajdonságától függő elektromotoros erejű. Lásd → galvánelem!

**elemi fényforrás** (fiz) Fényforrásnak nevezünk minden eszközt, amely látható fény előállítására szolgál. Elsődleges fényforrásnak nevezük az önállóan világító, azaz fényt kibocsátó testeket. Ha a fényforrás kiterjedése elhanyagolható, pontszerű vagy ~ről beszélünk.

**elemi töltés** (fiz) Modern szemléletünk szerint, az → elektromos töltés az anyag egyik alapvető tulajdonsága. A semleges → neutronokon kívül, az atomok pozitív töltésű → protonokat és negatív töltésű → elektronokat tartalmaznak. A protonok és neutronok az atom magjában helyezkednek el; ezt veszi körül a kvantált pályákból álló elektronfelhő. A negatív elektron töltésének nagysága pontosan egyenlő a pozitív protonéval (legalább is a  $10^{-22}$  relatív hibahatárú kísérletek szerint), noha a proton tömege kb. 1840-szerese az elektronénak

Részecske neve	Jelölése	töltése	Tömege [kg]
<b>proton</b>	P	+e	$1,673 \cdot 10^{-27}$
<b>neutron</b>	N	0	$1,675 \cdot 10^{-27}$
<b>elektron</b>	E	-e	$9,110 \cdot 10^{-31}$

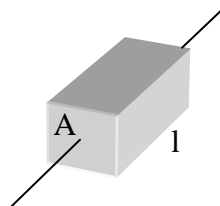
$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

**elfordulás** (fiz) kiterjedt anyagi test olyan helyzetváltozása, amelynél egy rögzített forgáspont, v. a → tömegközéppont körüli szöghelyzete megváltozik. Az ~ lehet makroszkopikus mozgás, de lehet → deformáció következménye is.

**ellenállás**

(1). (fiz, vill) (jele:  $R$ , mértékegysége:  $1 \text{ Ohm} = \Omega$ , amelyet Georg Simon OHM [1789. márc. 16, Erlangen – 1854. júl. 7, München] német fizikus, matematikus tiszteletére neveztek el). Egy  $\rho$  → fajlagos ellenállású homológ anyagból készült  $l$  hosszúságú  $A$  egyenletes keresztmetszetű rúd ~át a következő módon számíthatjuk:

$$R = \int_L \frac{\rho}{A} dl = \frac{\rho l}{A}$$



Az ~ jele elektromos kapcsolási rajzokon (gyakori még a téglalap alakú szimbólum is):



(2). (músz, rep) többféle fizikai mennyiség megnevezésére szolgáló főnév.

- A rendszerek → D-típusú eleme (jele:  $R$ ), amely, ideális, koncentrált paraméterű változata estén, mint fizikai mennyiség az → elem → keresztváltozó-különbségének és → átmenőváltozójának a hányadosa. Villamos rendszerekre szorítkozva ez a fizikai összefüggés → Ohm törvényének egyik megfogalmazása.
- Az → aerodinamikai ~t is gyakran egyszerűen ~nak nevezik (és jele  $F_e$  vagy  $F_x$ ). Az ~ az → eredő légerő (jele:  $F_r$ ) azon komponense, amely a testtől távoli → áramlási sebességgel ellentétes irányú. Állandó → sebességű vízszintes repüléskor a hajtómű vónó- v. tólóereje tart → egyensúlyt az ~sal. Az ~ számítási képlete:

$$F_e = c_e \frac{\rho}{2} v^2 A,$$

ahol  $c_e$  az → ellenállás-tényező,

$A$  a szárny felülnézeti vetületének felülete és

$\frac{\rho}{2} v^2$  a → dinamikus nyomás, amelyet az áramlásba helyezett testtől távoli áramlási sebességgel (szokták  $v_\infty$ -nel is jelölni) kell kiszámítani.

**ellenállás-tényező** (músz, rep) (jele:  $c_e$  vagy  $c_x$ ) a közegellenállást befolyásoló dimenziótlan mennyiség, amely az áramlásba helyezett szilárd test alakjától és a testtől távoli → áramlási sebességhez viszonyított helyzetétől (→ állásszögétől), valamint a → MACH-számtól és a → REYNOLDS-számtól is függ. A repülőgépek ~je egy konstans tagon (jele:  $c_{e0}$  vagy  $c_{x0}$ ) kívül egy változó tagot is tartalmaz (jele:  $c_{ei}$  vagy  $c_{xi}$ , ahol az indexben lévő  $i$  az → indukált ellenállásra utal), és ez utóbbi az alábbi képletnek megfelelően függ a → felhajtóerő-tényezőtől (jele:  $c_f$  vagy  $c_y$ ) és a → szárny karcsúságától (v. oldalviszonyától, melynek jele:  $\lambda$ ):

$$c_e = c_{e0} + c_{ei} = c_{e0} + \frac{c_f^2}{\pi\lambda}$$

**elliptikusan poláros** (fiz) Ha a sugárnyaláiban az összes hullám rezgését egy síkra korlátozzuk, a fény polarizációjáról beszélünk. Cirkulárisan polarizált fény esetében az elektromos vektor a terjedési irány körül egy körkörös csavarvonalat ír le a fény frekvenciájával azonos frekvenciával. Az elektromos vektor elliptikusan polarizált fény esetében is forog a terjedési irány körül, ilyenkor azonban amplitúdója is változik; a terjedési irányra merőleges síkra vett vetülete ellipszis.

**elmozdulás** (fiz) tömegpont v. kiterjedt anyagi test → tömegközéppontja térbeli helyzetének megváltozása, és ennek során a követett pálya két pontjának távolsága.

**elmozdulás-vektor** (fiz) (jele:  $s$  v.  $\Delta r$ , mértékegysége: 1 m) az → elmozdulás vég- és kezdőpontját megadó → helyzetvektor különbsége:  $\Delta r = r_v - r_k$ .



Az  $\sim$  időszerinti deriváltja a  $\rightarrow$  sebességvektor.

**elosztott paraméterű fizikai rendszer** (fiz, műsz) a valóságos, bonyolult atomszerkezettel rendelkező fizikai objektumok olyan absztrakt  $\rightarrow$  modellje, amelynek folytonos a paraméter-eloszlása, ezért a paramétereiket nem egy adattal adják meg, hanem a helykoordinátától, esetleg az időtől is függő skalártérrel. Pl. egy kiterjedt rezgő test tehetetlenségét, a tömegeloszlására jellemző  $\rho = \rho(\mathbf{r}, t)$  függvénnyel adják meg. Ehhez hasonló a folyadékok tehetetlenségének megadása is. Az  $\sim$ eket parciális differenciálegyenletek írják le. Pl. egy vékony szárnylapát körüli síkáramlás  $\rightarrow$  áramlási sebességének két komponensét ( $v_x$  és  $v_y$ )  $\rightarrow$  összenyomható közeg  $\rightarrow$  stacionárius áramlása esetén jó közelítéssel az alábbi parciális differenciálegyenlet írja le  $\rightarrow$  hangsebességnél kisebb  $x$  irányú  $v_\infty$  zavartalan sebességet föltételezve:

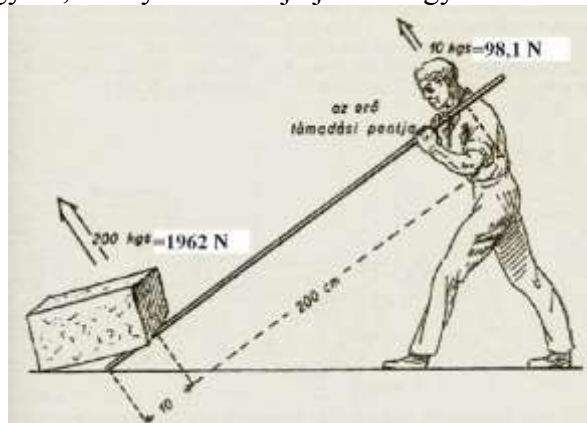
$$\frac{\partial v_x}{\partial x} (1 - M^2) + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0,$$

ahol  $M = \frac{v_\infty}{a}$  a  $\rightarrow$  MACH-szám, amelynek nevezője az adott közegben aktuális hangsebesség.

**első kozmikus sebesség** (fiz) a mesterséges hold kerületi sebessége a legkisebb sugarú körpályán. A Földbolygóé:  $v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{9,8085 \cdot 6377400} = 7909 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \approx 8 \left[ \frac{\text{km}}{\text{s}} \right]$

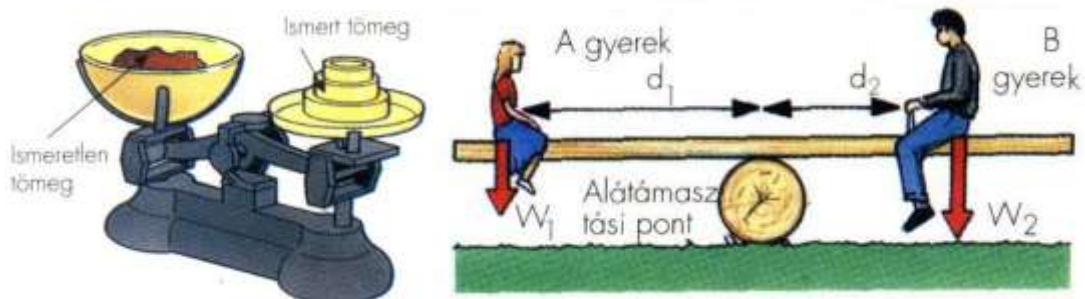
**emelő** (fiz) az  $\rightarrow$  egyszerű gépek egyike, amelynek két fajtája van: egykarú és kétkarú.

Egykarú ~ gyakorlati alkalmazása:



Forrás: <http://www.freeweb.hu/hmika/Fizika/Html/EgyszGep.htm>

A kétkarú mérleg és a mérleghinta is kétkarú  $\sim$ .



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 5. és pp. 8.

Mindkét  $\sim$  működési elve a forgáspontra számított nyomatéki egyensúly. A fenti ábrán  $W_1$  jelöli a  $\rightarrow$  súlyerőt és  $d_1$  az  $\rightarrow$  erőkart. A nyomatéki egyensúly képlete:  $d_1 W_1 - d_2 W_2 = 0$ . Ha a

kislány súlyát tekintjük  $F_b$ -nek (erő) és a fiúét  $-F_a$ -nak (teher), akkor a tényleges  $\rightarrow$ erőátviteli tényező:

$$TEÁT \triangleq \frac{F_a}{F_b} = -\frac{d_1}{d_2}$$

$TEÁT$  negatív előjele arra utal, hogy a kétkarú  $\sim$  az  $\rightarrow$ erő és a mozgás irányát megfordítja.

**empirikus hőmérséklet** (fiz) a  $\rightarrow$ hőmérséklet értékeit egy alkalmasan megválasztott test tulajdonságaihoz (pl. hossz- és  $\rightarrow$ térfogatváltozás) kell rendelni. A hőmérséklet egyértelmű mérhetőségéhez meg kell adni a mérendő tulajdonságot és a skálatörvényt, a nullpontot és az egységet. Empirikus hőmérsékleti skála pl. a Celsius-skála.

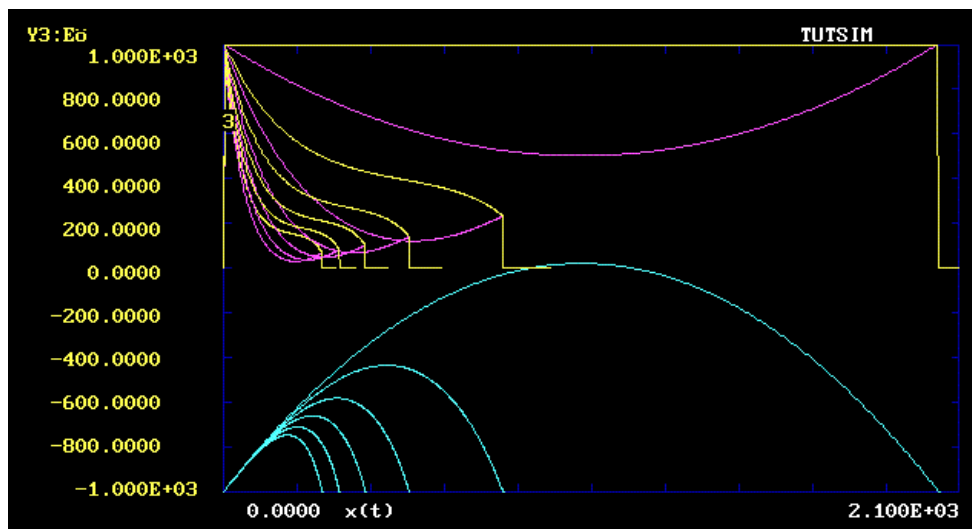
Megjegyzés: Anders CELSIUS (1701. nov. 27, Ovanåker – 1744. ápr. 25, Uppsala) svéd csillagász, természettudós

**energia** (fiz) (jele:  $E$ , mértékegysége: 1 J – joule: 1 kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>) a test munkavégző képessége. A mechanikában fontos szerepet játszó formái: a  $\rightarrow$ mozgási energia, a  $\rightarrow$ helyzeti energia és a  $\rightarrow$ belső energia.

**energiaállapot** (fiz) tetszőleges részecske energiájának jellemzésére  $\sim$ ukat v.  $\rightarrow$ energiaszintjüket használjuk. Az elektronok  $\sim$ át négy kvantumszám határozza meg (fő, mellék, mágneses, spin). A fotonok impulzusát, ill. energiáját a  $\rightarrow$ hullámhosszuk határozza meg ( $p_f = h/\lambda = hv/c$  és  $E_f = hv$ )

**energiaáram-sűrűség** (fiz) Az  $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$   $\rightarrow$ POYNTING-vektor nagysága az elektromágneses tér időegység alatti energiaáram-sűrűségét (vagyis a teljesítmény-sűrűségét) adja, dimenziója [Wm<sup>-2</sup>].

**energiadiagram** (fiz) szemléletesen ábrázolja a fizikai folyamatok  $\rightarrow$ energiaviszonyait. Pl. az alábbi ábrán síkbeli  $\rightarrow$ ferdehajítás  $\rightarrow$ számítógépes szimulációval előállított  $\sim$ ja látható. A vízszintes tengelyen az  $\rightarrow$ elmozdulás vízszintes komponensét tüntettük fel. A függőleges tengelyen lilával ábrázoltuk a  $\rightarrow$ mozgási energiát, türkizzel a  $\rightarrow$ helyzeti energiát és sárgával a két energia összegét különböző  $\rightarrow$ közegellenállás esetén.



A közegellenállás elhanyagolásakor, azaz amikor  $\rightarrow$ konzervatív erőtérben vagyunk, a  $\rightarrow$ mechanikai energiák összeg állandó. A közegellenállást is figyelembe véve, az elhajított test mechanikai energiáját folyamatosan csökkenti a súrlódási  $\rightarrow$ disszipált energia. (Becsapódáskor a teljes mechanikai energiát – a talajon és saját magán végzett deformációs munka, végső soron  $\rightarrow$ hő formájában – leadja az elhajított tárgy.)

**energiaformák** (músz) tükrözik, hogy melyik kölcsönhatáshoz köthető az  $\rightarrow$ [energia](#), és azon belül helyzeti (potenciális) v. mozgási (kinetikai) típusú-e. Pl. egy ingaóra ingája  $\rightarrow$ [mechanikai energiát](#) vesz fel a súly helyzeti energiájából, rövid idejű gyorsulása után mozgási energiája nagyobb lesz, amelyet folyamatosan átalakít helyzetivé, majd ismét mozgásivá. A lengésidőre két ilyen ciklus is jut. A  $\rightarrow$ [csapsúrlódás](#) és a  $\rightarrow$ [közegellenállás](#) a mechanikai energia egy kis részét minden ciklusban hőenergiává alakítja. Ez nem alakul vissza mechanikai energiává, ezért ezt a súly helyzeti energiájából pótolni kell. Egy idő után a súly annyira lesüllyed, hogy ismét fel kell húzni. Ekkor egy ember a táplálék kémiai kötési energiájából származó mechanikai energiát ad át izomereje segítségével a súlynak.

**energia-impulzus tenzor** (fiz) lásd  $\rightarrow$ [EINSTEIN-egyenlet](#).

**energia-megmaradás** (fiz) Az  $\sim$  azt jelenti, hogy  $\rightarrow$ [energiát](#) nem lehet a semmiből teremteni és a meglévő energiát nem lehet megsemmisíteni, tehát az energia mindig az egyik alakjából alakul át egy másikba. Az  $\sim$  két részben tárgyalható aszerint, hogy a vizsgált rendszer  $\rightarrow$ [konzervatív rendszer](#)-e vagy nem.

Konzervatív rendszerek esetén a  $\rightarrow$ [helyzeti](#) és  $\rightarrow$ [mozgási energiák](#) összessége, vagyis a teljes mechanikai energia megmarad. Ez az ún.  $\rightarrow$ [mechanikai energia megmaradásának törvénye](#). Jelölje  $E_0$  a mechanikai energia kezdeti értékét, ekkor a  $\sim$  értelmében a rendszer minden későbbi  $t$  időpontbeli  $E$  energiája ezzel egyenlő lesz.

$E_0 = E$ , melyet felbontva helyzeti és mozgási energiára az alábbi kifejezés adódik:

$$E_{h0} + E_{m0} = E_{h1} + E_{m1}$$

Nem-konzervatív rendszerek esetén (pl.: súrlódásos rendszerekben) annyi az eltérés a konzervatív esethez képest, hogy ekkor a belső energia változását is figyelembe kell venni. Tehát a mechanikai energia megmaradásának törvénye egyszerűen kiterjeszthető erre az esetre egy belső energia ( $E_t$ ) tag hozzáadásával:

$$E_0 = E$$

$$E_{t0} + E_{h0} + E_{m0} = E_{t1} + E_{h1} + E_{m1}$$

Azonban a kezdetben meglévő belső energia mindvégig belső energia marad, vagyis konstansnak tekinthető, ily módon egyszerűsíthető a fenti formula:

$$E_{h0} + E_{m0} = \Delta E_t + E_{h1} + E_{m1}, \text{ ahol } \Delta E_t = E_{t1} - E_{t0}$$

(A belső energia kezdeti értékét célszerű a legtöbb esetben zérusnak tekinteni.)

**energiasűrűség** (fiz) elektromágneses tér esetén az elektromos tér energiasűrűségének és a mágneses tér energiasűrűségének összege (lásd:  $\rightarrow$ [POYNTING-vektor](#)).

**energiaszint** (fiz) tetszőleges részecske energiájának jellemzésére  $\sim$ jüket v.  $\rightarrow$ [energiaállapot](#)ukat használjuk. Elektronok energiaállapotát négy  $\rightarrow$ [kvantumszám](#) határozza meg (fő, mellék, mágneses, spin). A fotonok impulzusát, ill. energiáját a  $\rightarrow$ [hullámhosszuk](#) határozza meg ( $p_f = h/\lambda = hv/c$  és  $E_f = hv$ ).

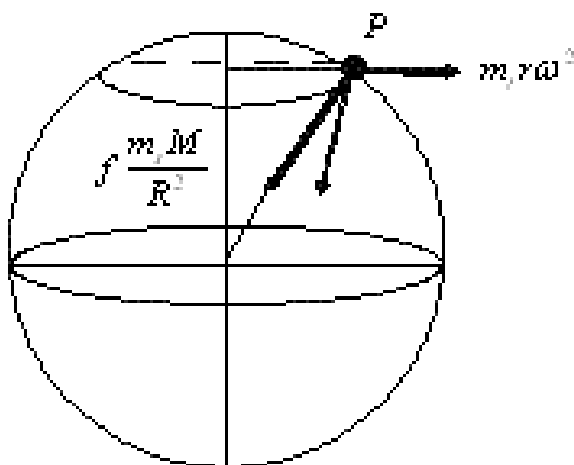
**energiaszint-diagram** (fiz) adott fizikai rendszer v. részecske  $\rightarrow$ [energiaszint](#)jének diagramon történő, grafikus ábrázolása.

**entalpia** (fiz) (jele:  $H$  v.  $I$ , mértékegysége: 1 J) v. hőtartalom összetett  $\rightarrow$  extenzív mennyiség. Ha egy  $V \rightarrow$  térfogatú termodinamikai test  $p \rightarrow$  nyomású környezetével mechanikai kölcsönhatásban van, akkor attól  $pV$  helyzeti energiára tesz szert, amelyhez az  $U$  belső energiáját hozzáadva megkapjuk teljes energiáját, amelyet  $\sim$ -nak nevezünk, és a  $H=U+pV$  összefüggéssel fejezhető ki. A környezetével nyomás útján kölcsönhatásban álló rendszer egyensúlyát az  $\sim$  minimuma fejezi ki. A differenciális  $\sim$   $dH = dU + d(pV) = dU + pdV + Vdp$ . Az  $\sim$  termodinamikai állapotjelző, és különösen az áramló közegek, vagy állandó nyomáson  $\rightarrow$  állapotváltozást végző  $\rightarrow$  ideális gázok és gőzök jellemzésére alkalmas. A hőerőgépek ún. technikai  $\rightarrow$  munkájának kiszámítására az  $\sim$  különbségét veszik számításba. Az  $\sim$  fogalma kiterjeszhető más kölcsönhatásra is. A mérnöki gyakorlatban különféle ún. BERNOULLI-entalpiát használnak (lásd.  $\rightarrow$  BERNOULLI-egyenlet).

**entrópia** (fiz) (jele:  $S$ , mértékegysége: 1 J/K) a  $\rightarrow$  termikus kölcsönhatás jellemző  $\rightarrow$  extenzív mennyisége. Az  $\sim$  termodinamikai állapotjelző, de nem megmaradó extenzív mennyiség. Zárt rendszerben nem csökken:  $\Delta S \geq 0$ , tehát általában forrása van. De pl.  $\rightarrow$  adiabatikus állapotváltozásnál az  $\sim$  változatlan. Az  $\sim$  bevezetése a termodinamika második főtétele segítségével történt, amely kimondja, hogy zárt rendszerben (magára hagyott rendszerben) csak olyan folyamatok mehetnek végbe, amelyben az  $\sim$  nő.  $\rightarrow$  Egyensúlyban az  $\sim$ -nak maximális értéke van. Az  $\sim$   $S = dQ/T$ . Zárt rendszerbeli  $\sim$  változás a  $dS = \frac{dU + pdV}{T}$  összefüggéssel adható meg, ahol  $U$  a belső energia,  $p$  a  $\rightarrow$  nyomás,  $V$  a  $\rightarrow$  térfogat,  $T$  a  $\rightarrow$  hőmérséklet, és  $dQ = dU + pdV$  a rendszer differenciális hőmennyisége. Az  $\sim$  valójában nem mérhető (mint pl. a hőmérséklet, nyomás, térfogat stb.). Az  $\sim$  a  $\rightarrow$  hőtan és az informatika egyik fontos fogalma, egy rendszer rendezetlenségi fokát jellemzi. Az  $\sim$  műsót Rudolph CLAUDIUS vezette be, és ezzel jellemezte a  $\rightarrow$  termodinamikában az anyagi rendszerek molekuláris rendezetlenségét, illetve termodinamikai valószínűségének a mértékét. A természetben önmaguktól csak az egyre valószínűbb állapotok következnek be. Pl. a hő — spontán módon — mindig a melegebb testről a hidegebb felé áramlik.

Megjegyzés: Rudolph Julius Emanuel CLAUDIUS (1822. jan. 2, Köslin – 1888. aug. 24, Bonn) német fizikus és matematikus.

**EÖTVÖS-féle**  $\rightarrow$  torziós inga kísérlet (fiz) eredménye volt az első egzakt mérés arra vonatkozóan, hogy a tehetetlen és a súlyos  $\rightarrow$  tömeg hányadosa állandó, vagyis  $\frac{m_t}{m_s} = const.$



- $m_t$  a test tehetetlen tömege
- $r$  a próbatest földkörüli mozgásának sugara
- $\omega$  a szögsebesség

EÖTVÖS torziós szálla függesztett ingája igen pontos berendezés volt annak kimutatására, hogy a különböző anyagú testekre ható fenti eredő erő anyagi minőségtől függetlenül a Föld

adott pontján ugyanabba az eredő irányba mutat, azaz az  $\frac{m_t}{m_s}$  arány állandó. (Hiszen az egyik erőkomponens  $m_t$ -vel, a másik  $m_s$ -sel arányos.)

**eredő erő** (fiz) ( $F_e$  vagy más jelöléssel:  $\Sigma F$ ) egy adott testre ható külső  $\rightarrow$ [erők](#) vektoriális összege.

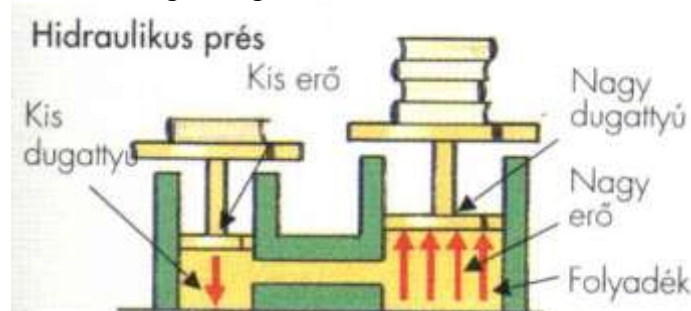
**eredő légerő** (műsz, rep) (jele:  $F_r$ ) az áramlásba helyezett szilárd test és az áramló közeg kölcsönhatásának erővektorral jellemezhető eredője. Az  $\sim$  abszolút értéke a  $\rightarrow$ [dinamikus nyomással](#) és a szárnyfelülettel egyenesen arányos. Mértékegysége: 1 N. A  $\sim$  komponensei a  $\rightarrow$ [felhajtóerő](#) és az  $\rightarrow$ [ellenállás](#).

**erő** (fiz) (jele:  $F$ , mértékegysége: 1 N – newton: 1 kgm/s<sup>2</sup>) Testek kölcsönös egymásra hatása, fizikai hatást előidéző képessége. A mechanikában az  $\sim$ -k több szempont szerint csoportosíthatók, pl.: a hatáshoz szükséges távolság alapján:  $\rightarrow$ [közelható](#) és  $\rightarrow$ [távolható erők](#)re, az  $\rightarrow$ [energia-megmaradás](#)hoz való kötődés szempontjából  $\rightarrow$ [konzervatív](#) és  $\rightarrow$ [nem-konzervatív](#)  $\sim$ -kre.

**erőátvitel** (fiz, műsz)

(1). (fiz)  $\rightarrow$ [egyszerű gépek](#) mechanikai működése.

(2). (műsz) az  $\sim$  pontatlan megnevezés a mozgásátvivő géprészek működésének jellemzésére a nyomaték-, energia- v. teljesítmény-átvitel kifejezés helyett. Az  $\sim$ -ben elsősorban olyan gépelemek vesznek részt, amelyek geometriai felépítése a csavarvonalon, vagy annak valamelyik speciális változatán (egyenes és kör) alapul. Ennek elvi oka az, hogy az állandó görbületű csavarvonal az egyetlen önmagán eltolható térgörbe. Márpedig a teljesítmény-átvitelhez nem csupán erőkifejtésre, hanem mozgásra is szükség van. Az  $\sim$  történhet közvetlenül is pl. hidraulikus préssel (pl. gépjárművek fékrendszere), amely  $\rightarrow$ [PASCAL törvényén](#) alapul, vagy villamos géppel, amely az elektromágnesség elvén működik.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 11.

**erőátviteli tényező** (fiz) tényleges értéke a teher és befektetett  $\rightarrow$ [erő](#) hányadosa:

$$TEÁT = \frac{\text{teher}}{\text{erő}} = \frac{F_a}{F_b}$$

**erőimpulzus** (fiz) egyenlő az impulzusváltozással, mert  $\rightarrow$ [NEWTON II. törvénye](#) szerint közelítőleg érvényes, hogy  $F\Delta t = \Delta(mv)$ . Régebbi szakkönyvekben ennek az egyenletnek a bal oldalát nevezték impulzusváltozásnak, a jobb oldalát pedig mozgásmennyiség-változásnak. Mai terminológiával ez utóbbi az impulzusváltozás és az egyenlet bal oldala az  $\sim$ .

**erőkar** (fiz) a forgatóhatású  $\rightarrow$ [erő](#)  $\rightarrow$ [hatásvonal](#)ának a forgásponttól mért távolsága. Ha egy erő hatásvonala átmegy a forgásponton, akkor a  $\rightarrow$ [forgatónyomatéka](#) zérus. Ezt a mérnökök gyakran kihasználják a  $\rightarrow$ [statikai egyenletek](#) felírásakor. Az alábbi ábrán vázolt forgatásnál az  $\sim$  aktuális értéke 0,4 m.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 8.

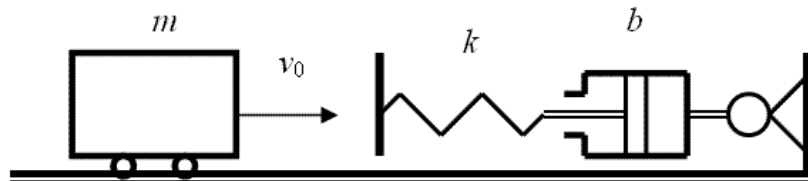
**erőlökés** (fiz) az  $\rightarrow$ [erőimpulzus](#) számottevő időtartamra vonatkozó vektora, a testre ható  $\rightarrow$ [eredő erő](#) időszerinti határozott integrálja; képletben:

$$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F}(\tau) d\tau$$

Rövid időtartamú folyamatoknál, amikor az  $\rightarrow$ [erő](#) és a  $\Delta t = t_2 - t_1$  is nehezen határozható meg (pl.  $\rightarrow$ [ütközéseknél](#)), akkor a kezdeti és a végállapot mért  $\rightarrow$ [sebességével](#) számított  $\rightarrow$ [impulzus](#)változásából következtetnek az  $\sim$ -re. Az ütközésközi folyamat részletes leírásának viszonylagos bonyolultságát az alábbi példa részletes megoldásával szemléltetjük, de csak akkor olvassa el, ha az alkalmazott matematikai apparátus nem okoz gondot!

**Dinamikai példa:** Egy  $m \rightarrow$ [tömegű](#) tárgy  $v_0$  sebességgel nekiütközik egy, az ábrán látható  $\rightarrow$ [reológiai modell](#)lel leírható elasztoplasztikus tárgynak, majd  $\Delta t = \tau$  idő múlva elválik attól, és  $-av_0$  sebességgel visszafelé halad. Meg kell határozni a reológiai modell  $k$  rugómerevségét,  $b$  csillapítási tényezőjét és a kompresszió  $\tau_k$  idejét.

MAXWELL-féle test:



Műszaki adatok:  $m=10$  g,  $\tau=1$  ms és  $a=0,7$ .

Válasszuk állapotjelzőnek a rendszer két energiatárolójának az  $\rightarrow$ [energia](#) meghatározására alkalmas fizikai változóját. Egyik a tömeg  $\rightarrow$ [mozgási energiájára](#) jellemző sebesség, a másik pedig a  $\rightarrow$ [rugóban](#) tárolható  $\rightarrow$ [helyzeti energiára](#) jellemző rugóerő. Mindez egyetlen állapotvektorba foglalható, amelynek definiáló és konkrét képlete:

$$\mathbf{x} \triangleq \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \triangleq \begin{bmatrix} v_m \\ f_k \end{bmatrix}$$

$\rightarrow$ [NEWTON II. törvénye](#) alapján felírható az első  $\rightarrow$ [fizikai egyenlet](#):  $m\dot{x}_1 = -f_k \Rightarrow m\dot{x}_1 = -x_2$

A hatás-ellenhatás ( $\rightarrow$ [NEWTON III. törvénye](#)) alapján a rugóerő egyenlő a dugattyú sebességével arányos csillapítóerővel:  $f_k = f_b = bv_d$

A rugóerő idő szerinti deriváltja (közvetve a  $\rightarrow$ [HOOKE-törvény](#) alapján) kifejezhető a sebességekkel. Az előző egyenletet a dugattyú sebességére rendezve megkapjuk a második állapotjelző deriváltjának egyenletét:

$$\dot{f}_k = k(v_m - v_d) \Rightarrow \dot{x}_2 = kx_1 - \frac{k}{b}x_2$$

A két elsőrendű differenciál-egyenletet egyetlen vektor-differenciálegyenletbe foglalhatjuk:

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{m} \\ k & -\frac{k}{b} \end{bmatrix} \mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} \quad \mathbf{x}_0 = \begin{bmatrix} v_0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Vegyük a fenti egyenlet ún. egyoldalas LAPLACE-transzformáltját! Az állapotvektor LAPLACE-transzformáltját nagy  $\mathbf{X}$ -szel jelöljük ( $\mathbf{E}$  az egységtenzort jelöli):

$$\begin{aligned} s\mathbf{X} - \mathbf{x}_0 &= \mathbf{A}\mathbf{X} \\ (s\mathbf{E} - \mathbf{A})\mathbf{X} &= \mathbf{x}_0 \\ \mathbf{X} &= (s\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{x}_0 \end{aligned} \quad s\mathbf{E} - \mathbf{A} = \begin{bmatrix} s & \frac{1}{m} \\ -k & s + \frac{k}{b} \end{bmatrix}$$

Az inverz mátrix az adjungált és a determináns hányadosa:

$$(s\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \triangleq \frac{\text{adj}(s\mathbf{E} - \mathbf{A})}{\det(s\mathbf{E} - \mathbf{A})} = \frac{\begin{bmatrix} s + \frac{k}{b} & -\frac{1}{m} \\ k & s \end{bmatrix}}{\begin{vmatrix} s & \frac{1}{m} \\ -k & s + \frac{k}{b} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{bmatrix} s + \frac{k}{b} & -\frac{1}{m} \\ k & s \end{bmatrix}}{s^2 + \frac{k}{b}s + \frac{k}{m}}$$

Az állapotvektor LAPLACE-transzformáltját két új változó bevezetésével határozzuk meg:

$$\frac{k}{m} = \alpha^2 + \omega^2, \quad \alpha = \frac{k}{2b} \quad \text{és} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{k}{2b}\right)^2}$$

$$\mathbf{X} = \frac{\begin{bmatrix} s + \frac{k}{b} & -\frac{1}{m} \\ k & s \end{bmatrix} \mathbf{x}_0}{s^2 + \frac{k}{b}s + \frac{k}{m}} = \frac{\begin{bmatrix} s + \frac{k}{b} & -\frac{1}{m} \\ k & s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_0 \\ 0 \end{bmatrix}}{s^2 + \frac{k}{b}s + \frac{k}{m}} = \begin{bmatrix} \frac{\left(s + \frac{k}{b}\right)v_0}{s^2 + \frac{k}{b}s + \frac{k}{m}} \\ \frac{kv_0}{s^2 + \frac{k}{b}s + \frac{k}{m}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{(s + \alpha)v_0 + \alpha v_0}{(s + \alpha)^2 + \omega^2} \\ \frac{kv_0}{(s + \alpha)^2 + \omega^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V(s) \\ F(s) \end{bmatrix}$$

A sebesség időfüggvényét inverz LAPLACE-transzformálással kaphatjuk meg, felhasználva a vonatkozó táblázat alábbi kivonatát:

$$\mathfrak{L}\left\{e^{-\alpha t} \cos \omega t\right\} = \frac{s + \alpha}{(s + \alpha)^2 + \omega^2} \quad \mathfrak{L}\left\{\frac{e^{-\alpha t}}{\omega} \sin \omega t\right\} = \frac{1}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}$$

$$v(t) = \mathfrak{L}^{-1}\left\{\frac{(s + \alpha)v_0 + \alpha v_0}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}\right\} = v_0 e^{-\alpha t} \left(\cos \omega t + \frac{\alpha}{\omega} \sin \omega t\right)$$

$$f(t) = \mathfrak{L}^{-1}\left\{\frac{kv_0}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}\right\} = \frac{kv_0}{\omega} e^{-\alpha t} \sin \omega t$$

Az érintkezés mindkét pillanatában az erő zérus. Az elváláskor:

$$f(\tau) = 0 \Rightarrow \omega \tau = \pi \Rightarrow \omega = \frac{\pi}{\tau} = \frac{\pi}{0,001} = 3141,592 \left[\frac{1}{s}\right]$$

Ekkor a sebességet ismerjük, tehát

$$-av_0 = v_0 e^{-\alpha \tau} \left(\cos \omega \tau - \frac{\alpha}{\omega} \sin \omega \tau\right) = -v_0 e^{-\alpha \tau}$$

$$\ln a = -\alpha \tau \Rightarrow \alpha = \frac{-\ln a}{\tau} = \frac{-\ln 0,7}{0,001} = 356,675 \left[\frac{1}{s}\right]$$

A reológiai modell paraméterei most már kiszámíthatók:

$$k = m(\alpha^2 + \omega^2) = 0,01(356,675^2 + 3141,592^2) \cong 99968,2 \approx 10^5 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \right]$$

$$b = \frac{k}{2\alpha} = \frac{99968,2}{2 \cdot 356,675} = 140,1391 \approx 140 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

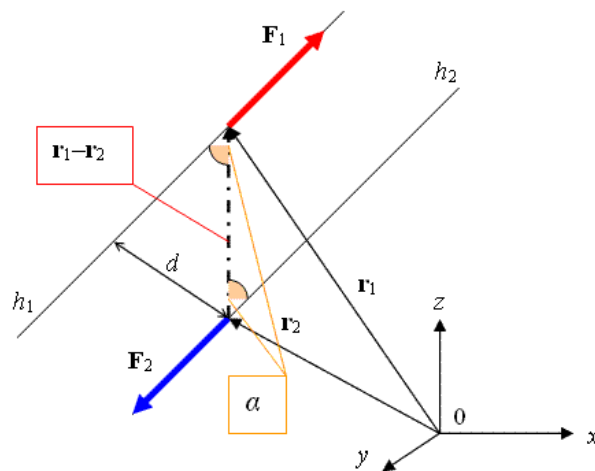
A legnagyobb benyomódáskor a sebesség zérussá válik, az exponenciális függvény nem az, tehát:

$$v(\tau_k) = 0 \Rightarrow \cos \omega \tau_k + \frac{\alpha}{\omega} \sin \omega \tau_k = 0$$

$$\text{tg } \omega \tau_k = -\frac{\omega}{\alpha} \Rightarrow \tau_k = \frac{\pi - \text{Arctg } \frac{\omega}{\alpha}}{\omega} = \frac{\pi - \text{Arctg } \frac{-\pi}{\ln a}}{\frac{\pi}{\tau}} =$$

$$= \left( 1 - \frac{1}{\pi} \text{Arctg } \frac{-\pi}{\ln 0,7} \right) \cdot 0,001 = 0,000535984644[\text{s}] \approx 0,536 \text{ms}$$

**erőpár** (fiz) két azonos abszolút értékű (nagyságú), de ellentétes értelmű (irányú) párhuzamos  $\rightarrow$  hatásvonalú két  $\rightarrow$  erőből álló  $\rightarrow$  erőrendszer alkotja. Az  $\sim \rightarrow$  nyomatéka a tér minden pontjára azonos. Abszolút értéke a hatásvonalak távolságának és az erő abszolút értékének a szorzata. Ez a nyomaték, a hatásvonalak által meghatározott síkban hat, tehát a  $\rightarrow$  nyomatékvektor e síkra merőleges.



Ha adott a két erő ( $\mathbf{F}_1$  és  $\mathbf{F}_2$ ) és támadáspontjuk  $\rightarrow$  helyzetvektora ( $\mathbf{r}_1$  és  $\mathbf{r}_2$ ), akkor a nyomatékvektor vektoriális szorzással kiszámítható a  $\rightarrow$  forogónyomaték vektorok összegeként:

$$\mathbf{M} = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{F}_1 + \mathbf{r}_2 \times \mathbf{F}_2 = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{F}_1 + \mathbf{r}_2 \times (-\mathbf{F}_1) = (\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) \times \mathbf{F}_1 = (\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1) \times \mathbf{F}_2$$

$$|\mathbf{M}| = |\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2| |\mathbf{F}_1| \sin \alpha = d |\mathbf{F}_1|, \quad d = |\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2| \sin \alpha \text{ a hatásvonalak távolsága,}$$

$\alpha$  pedig a helyzetvektorok különbsége és az erők hatásvonala által bezárt szög.

**erőpoligon** (fiz, műsz)  $\rightarrow$  erősokszög

**erőrendszer** (fiz, műsz) absztrakt mechanikai  $\rightarrow$  rendszer. A  $\rightarrow$  megosztó terhelések (általában  $\rightarrow$  térfogati erők modellje), a koncentrált  $\rightarrow$  erők és  $\rightarrow$  nyomatékok ( $\rightarrow$  erőpárok) összhatásukban helyettesítik egy adott mechanikai szerkezet belső és külső kölcsönhatásait.

**erősáram** (fiz) (heavy current v. strong current). Az  $\sim$  fogalma nincs szabatosan definiálva, de életvédelmi szempontból erősnek tekintjük az  $\rightarrow$  áramot akkor, ha alkalmas lehet emberi élet kioltására. Ez erősen függ az életkortól, testalkattól, idegállapottól, izzadástól, az áram be- és kilépési helyétől, felületétől, és számos egyéb környezeti tényezőktől (pl. nedves v.



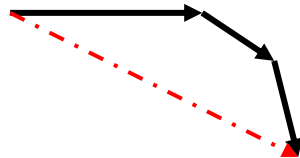
száraz környezet). Szerencsétlen körülmények között egy 12 voltos akkumulátor is tud halálos áramütést okozni. Gyakran a 42 V-nál nagyobb feszültségű hálózatokat már ~ú hálózatnak tekintik. A fogyasztói hálózatok (110 V, 230V, 400 V) erősáramúak.

Megjegyzés: Az [emberi test](#) vezeti a villamos áramot, →[elektromos ellenállása](#) 0,2 - 3 kΩ között változhat a körülményektől függően. A szervezetén áthaladó áram izom-, bőr- és idegi károsodást, ill. halált is okozhat. A károsodás mértékét az →[áram erőssége](#) és típusa (egyenáram vagy váltakozó áram), a hatás ideje, és az áram testen belüli útja határozza meg. A nagyfrekvenciás váltakozóáram kevésbé veszélyes, mint az egyenáram, mert a nagy frekvencia miatt az áram nem hatol a test belsejébe, hanem inkább a bőrfelület mentén halad, ezzel ott többnyire [égési sérülést](#) okoz. Az emberi testbe jutó, [szíven](#) áthaladó 0,05 →[amper](#) (=50 mA) erősségű váltakozó áram már [halálos](#) lehet.

A háztartásokban használt 230 V-os, 50 Hz-es váltakozó →[feszültség](#) már néhány tizedmásodpercen belül szív-[fibrillációt](#) okozhat, ami 20-30 másodpercen belül oxigénhiánnyal és eszméletvesztéssel jár. Ha a váltakozó áram közvetlenül a szívbe jut, már 1 mA is veszélyes. Egyenáram esetén hasonló következmény 500 mA-es értéknél következik be. A fibrilláció szempontjából legveszélyesebb frekvenciatartomány a 12 Hz - 60 Hz közötti érték. A háztartásokban használt váltakozó áram 3×, 5× veszélyesebb, mint az azonos feszültségű vagy áramértékű egyenáram. Egyenáram esetén a szív egyszerűen „megáll”, azonban az áram megszűnésekor magától is képes elindulni. Paradox módon a defibrillátorban használt egyenáram képes megszüntetni a szív fibrillációt (defibrillátor).

**erős kölcsönhatás** (fiz) a négy →[alapvető kölcsönhatás](#) egyike. A legerősebb kölcsönhatás, de egyben a legrövidebb hatótávolságú is; hatótávolsága kb.  $10^{-15}$  m, és kb.  $10^{38}$ -szor erősebb a gravitációnál. A →[nukleon](#)okban a kvarkokat, a protonokat és a neutronokat (az atommagban) összetartó erő. Közvetítő részecskéi a →[gluonok](#), a →[kvarkok](#) és antikvarkok, de maguk a gluonok között is hat. Megfigyelni viszont csak a →[hadronok](#) közötti kölcsönhatást (mint [magerőket](#)) lehet, mivel szabad kvarkokat és gluonokat eddig nem sikerült megfigyelni (→[kvarkbezárás](#)).

**erősokszög** (fiz, műsz) az →[eredő erő](#) geometriai meghatározásának szemléletes eszköze, amelynél az összeadandó →[erők](#) vektorát egymáshoz illesztjük. Az ábrán a vastag nyilak az összegzendő erők →[vektorsokszögét](#), a pontvonallal ábrázolt vörös nyíl pedig az eredőjüket szemlélteti. A vastag nyilak alkotják az ~et.



Zárt ~ zérus eredő erőt jelent. . (Lásd →[a statika alaptételeit!](#))

**erőtér** (fiz) v. fizikai mező. Az anyag egyik, nem részecskeszerű (nem korpuszkuláris) megjelenési formája, amelyben megvannak az anyag egyéb fizikai tulajdonságai (→[energia](#), →[impulzus](#), →[impulzusmomentum](#) stb.), de a különálló anyagi részekre jellemző vonások (pl. határfelület, áthatolhatatlanság, keménység) hiányoznak belőle. Az ~ más anyagfajtákkal való kölcsönhatása →[erő](#) révén történik, innen kapta nevének első felét. Az anyagi részecskék közötti kölcsönhatás a klasszikus mechanikában is tárgyalható az ~ fogalmának alkalmazásával. E szerint a test maga körül ~et hoz létre, s egy másik test ezzel lép kapcsolatba; az egymástól távol lévő testek ~ által hatnak egymásra (távolhatás elmélet, →[távolható erők](#)). Pl. a →[gravitációs mező](#) is ilyen (ha a gravitációt a négydimenziós téridő görbülete, hullámmozgása által okozott jelenségként értelmezzük, amelyben a magára hagyott testek tehetetlenségi mozgást végeznek). A klasszikus elektrodinamika már kifejezetten térelmélet. James Clerk MAXWELL (1831. nov. 13. – 1879. nov. 5.) skót fizikus „*Az elektromágneses tér dinamikus elmélete*” c. munkája 1864-ben jelent meg. A korábbi felfogás szerint az ~ekben a hatásterjedés időszükséglete zérus volt, de az →[elektromágneses hullámok](#) →[terjedési sebessége](#) korlátos, a vákuumbeli →[fénysebesség](#) a határ. Az ebből adódó elméleti problémát az →[EINSTEIN-féle](#)

speciális relativitáselmélet oldotta meg, amelyet Albert EINSTEIN (1879. márc. 14. Ulm – 1955. ápr. 18. Princeton, N. J.) NOBEL-díjas német fizikus publikált 1905-ben. Az elemi részecskék kölcsönhatása is leírható megfelelő ~ekkel, amelyekhez kölcsönhatást közvetítő részecskék tartoznak (pl. →foton,  $W^\pm$  és  $Z^0$  →bozonok, →gluonok, →gravitonok stb.). Kvantumfizikai jelenségek leírásához a klasszikus ~ helyett kvantált ~et kell bevezetni.

**erővonal** →elektromos térerősség vonal

**eseményhorizont** (fiz, kozmológia) az ~ az →általános relativitáselméletben a téridő egy olyan határfelülete, amelyen túli események már nincsenek hatással a megfigyelőre. Az ~ mögött elinduló fénysugarak soha nem léphetik át az ~ot, a megfigyelő oldaláról pedig a rajta áthaladók nem tudnak visszatérni. Az ~ közismert példája a →fekete lyukakat körülvevő tér-rész. A fekete lyukak tömege olyan nagy, hogy semmilyen anyag vagy sugárzás nem tud kijönni belőlük. Ezt úgy is meg lehet fogalmazni, hogy az ~ mögött a szökési sebesség nagyobb a →fénysebességnél. A →relativitáselmélet szerint lehetetlen, hogy bármi gyorsabban haladjon a fénynél (a vákuumban), ezért az ~on túlra kijutni bármilyen anyag, v. sugárzás számára lehetetlen. Az ~ fogalmát SCHWARZSCHILD írta le, 1916-ban. Ő maga nem hitt benne, hogy mindez fizikailag is létezhet.

Megjegyzés: Karl SCHWARZSCHILD (1873. okt. 9, Frankfurt am Main – 1916. máj. 11, Potsdam), német fizikus, csillagász.

**EULER-egyenlet** (fiz, műsz) az →impulzustranszport →mérlegegyenletéből levezethető parciális differenciálegyenlet-rendszer, amely nemcsak →súrlódásmentes folyadékok →instacionárius áramlásának leírására alkalmas, mert állandó sűrűségű folyadék →rotációmentes áramlása esetén még a →súrlódásos áramlásokra is érvényes mozgásegyenlet. Az ~ vektoriális alakja:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{grad} \left( \frac{\mathbf{v}^2}{2} + U \right) - \mathbf{v} \times \mathbf{rot} \mathbf{v} + \frac{1}{\rho} \mathbf{grad} p = 0,$$

ahol  $\mathbf{v}=\mathbf{v}(\mathbf{r},t)$  az →áramlási sebesség,  
 $U=U(\mathbf{r},t)$  a külső erőterek potenciálja,  
 $\rho=\rho(\mathbf{r},t)$  a folyadék →sűrűsége és  
 $p=p(\mathbf{r},t)$  a folyadék →nyomása.

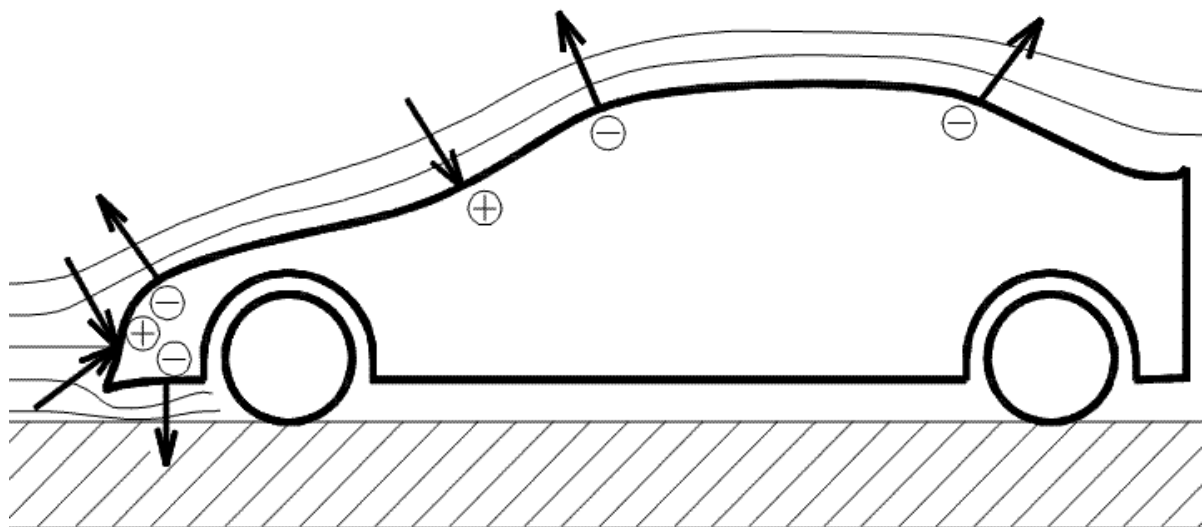
Az ~ skaláris alakja  $x$ ,  $y$  és  $z$  irányú komponensegyenlet formájában a →térfogati erők eredőjének  $\mathbf{g}$  erőterét feltételezve:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} &= g_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} &= g_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} &= g_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned}$$

A →gyorsulásvektorhoz hasonlóan az ~ is felírható az ún.  $\nu$  →pályasebességre a pályagörbéhez rögzített kísérő triéder komponenseiként, vagyis természetes koordináta-rendszerben:

$$\begin{cases} v \frac{\partial v}{\partial s} = -\frac{\partial U}{\partial s} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} \\ \frac{v^2}{R} = \frac{\partial U}{\partial n} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \end{cases}$$

Az első parciális differenciálegyenlet az érintőirányú változást írja le, és az  $s$  ívhossz szerinti deriváltakat tartalmazza. A második pedig a főnormális irányú változást írja le, és a görbületi sugár mentén mérhető  $n$  távolság szerinti deriváltak vannak a jobb oldalán. Ha az  $\rightarrow$ áramvonal nem görbül, azaz  $R \rightarrow \infty$ , és a külső  $\rightarrow$ erőtér potenciálja sem változik a főnormális irányában, akkor a nyomás sem változik. Ha görbülnek az áramvonalak, akkor a főnormális irányában növekszik a nyomás, hiszen a  $\rightarrow$ centripetális gyorsulás mindig pozitív. A következő ábra azt szemlélteti, hogy egy személygépkocsi haladásakor a körülötte kialakuló áramkép görbülete milyen hatással van a nyomáseloszlásra, amely jelentős hatással van a menetteljesítményre és a menetstabilitásra is.



Forrás: DVD melléklet LAJOS Tamás: *Az áramlástan alapjai* c. tankönyvéhez Bp. 2009. 2. kiadás

**EULER-erő** (fiz) az  $\rightarrow$ inercia-rendszerhez képest  $\rightarrow$ gyorsuló koordinátarendszer  $\rightarrow$ szöggyorsulásából adódó  $\rightarrow$ tehetetlenségi erő. Levezetéséhez lásd:  $\rightarrow$ CORIOLIS-erő!

**EULER-féle pörgettyűegyenlet** (fiz) az egy pontjában rögzített  $\rightarrow$ merev test (pörgettyű) mozgását a testtel együtt mozgó (más néven momentán)  $\rightarrow$ koordinátarendszerben az  $\rightarrow$ impulzusnyomatékra vonatkozó tétel alapján felírt elsőrendű, közönséges, állandó együtthatós, nemlineáris differenciálegyenlet-rendszer, amelynek vektori alakja:

$$\frac{d\mathbf{N}}{dt} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{N} = \mathbf{M},$$

ahol  $\mathbf{N}$  a merev test impulzusnyomatéka v.  $\rightarrow$ perdülete,

$\mathbf{M}$  a  $\rightarrow$ szabaderőknek a rögzített pontra vonatkozó eredő  $\rightarrow$ forgatónyomatéka és

$\boldsymbol{\omega}$  a  $\rightarrow$ szögsebesség-vektor.

A  $\sim$  megoldása szükséges a pörgettyű szöghelyzetének meghatározásához.

1. pl. külső ballisztika: a huzagolt csövű löfegyverből kilőtt, gyorsan pörgő lövedék  $\rightarrow$ pályáját a  $\sim$  nélkül nem lehetne kiszámítani.

2. pl. járműstabilitás: a  $\sim$  írja le a kanyarodó gépkocsi  $\rightarrow$ mechanikai stabilitását befolyásoló forgatónyomatékok egyikét. Gyorsan forgó kerekei miatt a  $-\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{N}$   $\rightarrow$ precessziós nyomaték – a  $\rightarrow$ centrifugális erő nyomatékához adódva – megpróbálja kifelé borítani. Az angol Morris gyártmányú Mini Cooper gépkocsi keresztbe fordított motorjának a kerekek perdületével el-

lentétes impulzusnyomatéka olyan kitűnő kanyarstabilitást tett lehetővé, hogy ezek a kiskocsik sorozatban nyerték a Monte Carlo-i autóversenyeket.



Forrás: [www.autoclasico.com.mx/site/?p=15&id\\_num\\_fabricante=1&foto=../resources/Fotos/03/F03-0005316.JPG&id\\_fol\\_auto=801](http://www.autoclasico.com.mx/site/?p=15&id_num_fabricante=1&foto=../resources/Fotos/03/F03-0005316.JPG&id_fol_auto=801)

3. pl. repüléstechnika: különösen a légszaváros repülőgépek vezetésekor kell figyelembe venni a ~ egyes tagjai miatti  $\rightarrow$  nyomatékokokat. A kezdő repülőgép-vezetőket hirtelen irányváltatáskor v. a hajtómű  $\rightarrow$  fordulatszámának gyors változtatásakor gyakran megtréfálja a  $\rightarrow$  pörgettyűhatás.



Z-326 *Trainer Master*

Forrás: Közlekedési Múzeum (kiállítási szám/n:829, csehszlovák gyártmány, gyártási év: 1961, leállítva 1979-ben)

Farok-kerekes repülőgép startolásakor intenzív bólintó mozgásra (ez a  $d\mathbf{N}/dt$  egyik oka) van szükség, de ekkor a hajtómű a lehető legnagyobb fordulatszámon jár, tehát az  $\mathbf{N}$  vektor abszolút értéke is nagy, ezért a repülőgép „váratlanul” kitör oldalra, ha a pilóta az oldalkormány határozott kitérítésével ezt nem akadályozza meg (a függőleges vezérsíkon keletkező  $\rightarrow$  erő és a futómű közti távolság szorzata lesz a szükséges  $\mathbf{M}$  forgatónyomaték).

**EULER-hossz** (fiz, műsz) (jele:  $s_E$  v.  $l_0$ , mértékegysége. 1 m) a szabad  $\rightarrow$  kihajlási hossz megnevezése. Az  $\sim$  függ a kihajló rúd végeinek rögzítésétől, illetve a kihajlási esetszámtól.

**EULER-LAGRANGE-differenciálegyenlet** (mat, fiz): 
$$\frac{\partial L}{\partial \chi} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\chi}} = 0,$$

ahol  $L(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t)$  a LAGRANGE-függvény, amely a mozgási és a  $\rightarrow$  helyzeti energia különbsége,

$\mathbf{q}$  az általános koordináták vektora és  $\chi$  ennek egyik komponense,

$\dot{\mathbf{q}}$  az általános sebességvektor és  $\dot{\chi}$  ennek egyik komponense.

**EULER leírási mód** (fiz, rep) a folyadékrezek  $\rightarrow$  sebességét adja meg a hely ( $\mathbf{r}$ ) és az idő ( $t$ ) függvényében:  $\mathbf{v}=\mathbf{v}(\mathbf{r}, t)$ . Igen sok gyakorlati esetben az áramlások sebességének vektortere nem függ az időtől ( $\rightarrow$  stacionárius áramlás), ezért az  $\sim$  sokkal egyszerűbb a  $\rightarrow$  LAGRANGE leírási módnál, mert az időparaméter eltűnésével a független változók száma eggyel kevesebb.

**EULER-szám** (fiz, hidr) (jele:  $Eu$ ) az áramlás peremén megfelelő  $\rightarrow$ nyomásértéket biztosító  $\rightarrow$ hasonlósági kritérium, amely a  $\rightarrow$ hasonlósághoz szükséges peremfeltételek megfeleltetését teszi lehetővé. Az  $\sim$  képlete:

$$Eu = \frac{\text{nyomásból származó erő}}{\text{tehetetlenségi erő}} = \frac{p - p_0}{\rho v_0^2},$$

ahol  $p$  a peremen előírt nyomás,  
 $p_0$  a légköri nyomás és  
 $v_0$  a nagy kivitelű berendezéstől távoli, zavartalan  $\rightarrow$ áramlási sebesség.

**extenzív (kiterjedt) állapothatározó** (fiz) a rendszerek egyesítésekor összeadó (additív)  $\rightarrow$ állapothatározók. Ezekre igaz, hogy egy rendszer esetén a részekre vonatkozó értékek összege megegyezik a  $\rightarrow$ rendszer egészét jellemző értékkel. Ilyen mennyiségek:  $\rightarrow$ energia,  $\rightarrow$ térfogat,  $\rightarrow$ tömeg, részecskeszám,  $\rightarrow$ entrópia,  $\rightarrow$ impulzus,  $\rightarrow$ elektromos töltés stb.

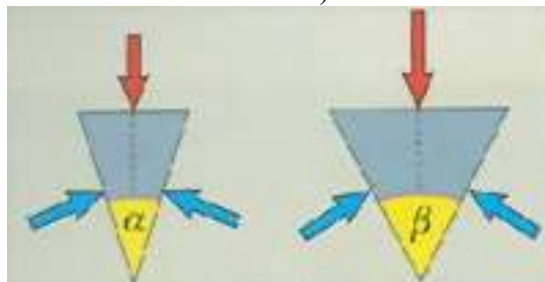
**extenzív mennyiség** (fiz) a  $\rightarrow$ fizikai mennyiségek két típusa közül az, amelyik additív. Ez azt jelenti, hogy pl. két különböző  $\rightarrow$ mérőszám  $\sim$  egybefoglalásakor az eredő  $\sim$  mérőszáma a két összetevő mérőszámának az összege lesz. Az  $\sim$ -ek a többi  $\sim$  elsőfokú homogén függvénye. Ez azt jelenti, hogy ha egy  $\sim$  a többi függvénye, azaz  $x = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  és az argumentum mindegyikét  $\lambda$ -szorosára növeljük, akkor  $\lambda x = f(\lambda x_1, \lambda x_2, \lambda x_3, \dots, \lambda x_n)$  is fennáll, és EULER tétele szerint:

$$x = \sum_{i=1}^n \frac{\partial x}{\partial x_i} x_i$$

Ilyen tulajdonságú, azaz  $\sim$  pl. a  $\rightarrow$ térfogat, a  $\rightarrow$ tömeg, a  $\rightarrow$ villamos töltés, a  $\rightarrow$ lendület, a  $\rightarrow$ perdület, az  $\rightarrow$ entrópia és az  $\rightarrow$ energia. Az utóbbi  $\sim$ -et kivéve a többi ún. jellemző  $\sim$ , mert valamilyen kölcsönhatásban különös szerepet játszik. Az energia valamennyi kölcsönhatásnál jelen van. Az entrópia kivételével valamennyi  $\sim$ -re kimondható megmaradási tétel, jóllehet csak bizonyos  $\rightarrow$ érvényességi körben. A példákból az is látszik, hogy vannak skaláris  $\sim$ -ek (pl. tömeg, entrópia) és vannak vektor  $\sim$ -ek (pl. lendület, perdület) is. Egy fizikai rendszer Az előbbieket áramát áramsűrűség-vektorral, az utóbbiakat áramsűrűség-tenzorral lehet matematikailag leírni.

**extrópia** (fiz) az  $\sim$  az egyensúlyi és az aktuális  $\rightarrow$ entrópia érték különbsége. Az  $\sim$  az egyensúlytól való távolságot méri.

**ék** (fiz, műsz) a lejtőtípusú  $\rightarrow$ egyszerű gépek egyike, amelyet két, talpával összeillesztett hegyesszögű  $\rightarrow$ lejtő alkot. Az  $\rightarrow$ erő irányának és abszolút értékének megváltoztatására szolgál. A gyakorlatban hasításra használt eszköz, mint pl. a balta és a kőhasító  $\sim$ . A kifejtett (az alábbi ábrán piros)  $F_b$  erővel a két (kék)  $\rightarrow$ kényszererő eredője tart  $\rightarrow$ egyensúlyt. A kényszererők vízszintes komponense (az ábrán nincs feltüntetve) a hasznos szétfeszítő erő ( $F_a$ ).



Két, különböző ékszögű  $\sim$  erőrendszere

Forrás: <http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Gep.htm>

Az ideális ( $\rightarrow$ súrlódásmentes), szimmetrikus,  $\varphi$  ékszögű  $\sim$  erőátviteli tényezője:

$$E\dot{A}T_{\varphi} = \frac{F_a}{F_b} = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}}{2} \Rightarrow E\dot{A}T_{\alpha} > E\dot{A}T_{\beta}$$

Ez arra ösztönöz, hogy csökkentsük az ékszöveget, de a súrlódás ennek határt szab. A reális, szimmetrikus, mindkét oldalán ugyanakkora  $\mu = \operatorname{tg} \rho \rightarrow$  csúszási súrlódási tényezőt, ill.  $\mu_0 = \operatorname{tg} \rho_0 \rightarrow$  tapadó súrlódási tényezőt feltételezve az  $\sim$  erőátviteli tényezőjének tartománya:

$$\frac{\operatorname{ctg} \left( \frac{\varphi}{2} + \rho_0 \right)}{2} \leq TE\dot{A}T_{\varphi} \leq \frac{\operatorname{ctg} \left( \frac{\varphi}{2} + \rho \right)}{2}$$

Ebből az következik, hogy a jó vágószerszámokat nem csak élezni, hanem megfelelően kenni is kell.

Az  $\sim$  felfelé mozgását akadályozó függőleges erő értéke  $F_a$  oldalirányú szorítóerő esetén:

$$F_{\min} = 2F_a \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi}{2} - \rho_0 \right)$$

Ha  $\varphi = 2\rho_0$ , akkor az  $\sim$  önzáró, mert helyben tartásához nincs szükség külső akadályozó erőre.

### érvényességi kör

(1). (tud, fiz) a tudományos elméletek igaznak, meg nem cáfoltnak tekintett hatóköre. A tudományos elméleteknek a következő követelményeknek kell megfelelniük:

- belső ellentmondás-mentesség (konzisztencia);
- tapasztalatokkal való egyezés;
- a belőle eredő következtetések, predikciók (tudományos előrejelzések, „jóslatok”) kísérletek vagy megfigyelések útján nyert igazolása;
- a leírt jelenségkörre, struktúrára stb. vonatkozó koherens (összefüggő) magyarázat;
- $\simeq$  pontosságának meghatározása;
- igazolhatóság (verifikáció) és cáfolhatóság (falszifikáció) lehetősége.

Látszik, hogy az  $\sim$  roppant fontos része a fenti követelményeknek. Ugyanakkor az  $\sim$  nem független a többi követelménytől, hiszen meghatározásakor tisztázandó egy sor körülmény (milyen kölcsönhatásokról lehet szó, milyen feltételek mellett, a paraméterek és a változók milyen értéktartományában „működik” az elmélet alapján felállított  $\rightarrow$  modell?), így a többi követelmény tükrében nyeri el megállapításra váró korlátait. A fizikában különösen fontosak a modellek, de jó tudni róluk, hogy

- $\sim$ ük korlátozott;
- szempontfüggők, vagyis a modellező, vagy megbízója célját szolgálja;
- elvont, vagyis absztrakció eredménye és
- kiegészítő jellegű (hiszen alternatív modellek egyidejűleg létezhetnek).

Tehát a fizikai modellek  $\sim$ én belül az elmélet alapján levont következtetések nem mondanak ellen a kísérleti tényeknek, az elmélet alapján megjósolt jelenségek számszerű mutatói az előírt hibahatáron belül maradnak, így azok az adott célra még használhatóak. Igen gyakori, hogy a tudományos kutatás egy-egy új eredménye nem helyez hatályon kívül egy korábbi, csak behatárolja annak – korábban szélesebbnek tekintett –  $\sim$ ét. Pl. az  $\rightarrow$  EINSTEIN-féle speciális relativitáselmélet nem helyezte hatályon kívül a newtoni mechanikát, csak korlátozta  $\sim$ ét a  $\rightarrow$  fénysebességnél nagyságrendileg kisebb abszolút értékű sebességek tartományába. Ugyanakkor korábban felállított elméletek, fizikai törvények deduktív levezetése egy átfogóbb elméletből, amelynek a kölcsönhatások számát tekintve jóval bővebb az  $\sim$ e, lehetővé teszi az eredeti elmélet (törvény)  $\sim$ ének precíz meghatározását.

(2). (informatika) ~: azoknak az utasításoknak a köre, amelyben egy azonosító ismert. Az ~ és hatókör (vagy élettartam) megadja, hogy a változót a programszöveg mely részén használhatjuk, és a végrehajtás közben milyen körben rendelkeznek majd értékkel.

**északi pólus** Lásd: → [iránytű](#)

**FAHRENHEIT-skála** (fiz) hőmérsékleti skála, amelynél a jég olvadáspontja és a víz forráspontja közötti tartományt 180 egyenlő részre osztják. A jég olvadáspontja **32°F** hőmérsékletnek felel meg. Az átszámítás ~ről Celsius-skálára:  $[^{\circ}\text{C}] = ([^{\circ}\text{F}] - 32) \cdot 5/9$ . A ~t manapság szinte csak az USA-ban és néhány kisebb, angol nyelvű államban használják.

Megjegyzés: Daniel Gabriel FAHRENHEIT (1686. jún. 23, Danzig – 1736. szept. 16, Hága) német fizikus.

**fajhő** (fiz) (jele:  $c$ , mértékegysége:  $1 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ) anyagjellemző, amelyet a termodinamikai test

→ tömegével megszorozva megkapjuk annak → hőkapacitását. A ~ → mérőszáma egyenlő akkora → hőmennyiségével, amely az egységnyi → tömegű anyag → hőmérsékletét  $1\text{K}$ -nel emeli. A gázok állandó → nyomáson mért ~jét  $c_p$ -vel, az állandó → térfogaton mért ~jét pedig  $c_v$ -vel jelölik.

**fajlagos ellenállás** (fiz) (jele:  $\rho$ , mértékegysége:  $1 \Omega\text{m}$ ). Az ohm egységet Georg Simon OHM (1789. MÁRC. 16, ERLANGEN – 1854. JÚL. 7, MÜNCHEN) német fizikus tiszteletére nevezték el, aki 1827-ben felfedezte az → áramerősség és a → potenciálkülönbség közötti arányosságot). Az → áramsűrűség definíciójából tudjuk, ha egy huzalban  $n$  az egységnyi → térfogatban lévő szabad → töltések (vezetési → elektronok) száma  $[\text{m}^{-3}]$ ,  $q$  a töltésük  $[\text{C}=\text{As}]$ ,  $v_d$  a töltések sebességátlaga  $[\text{ms}^{-1}]$ , akkor az áramsűrűség  $[\text{A/m}^2]$ :

$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d$$

Ha a vezető  $L$  hosszúságú szakaszára  $U$  feszültséget kapcsolunk, akkor a vezetőben kialakuló térerősség  $E = U/L$ . Tapasztalati törvény, hogy a töltések sebességátlaga,  $v_d$  egyenesen arányos az  $E$  térerősséggel (lásd: → töltésáramlás). Az áramsűrűség definíciójából következik, hogy a  $J$  áramsűrűség is egyenesen arányos az  $E$  térerősséggel.

$$E = \rho J$$

A  $\rho$  arányossági tényezőt ~nak nevezzük, SI mértékegysége volt·méter/amper=ohm·méter ( $1 \Omega\text{m}$ ). A ~ az anyagra jellemző állandó, első közelítésben csak a → hőmérséklettől függ, általában lineárisan:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

vagy másként:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

Ahol  $\alpha$  arányossági tényezőt a ~ hőmérsékleti együtthatójának nevezzük, dimenziója  $1 \text{K}^{-1}$ , vagy  $1 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ . A  $T_0$  referencia hőmérsékleten az anyag ~a  $\rho_0$ . A  $T$  hőmérsékletek kelvinben vagy  $^{\circ}\text{C}$  egységben is beírhatók a képletbe (hiszen  $\Delta T$ -ről van szó).

*Fajlagos ellenállások és hőmérsékleti együtthatók*

Anyag	$\rho$ fajlagos ellenállás 20°C-on ( $\Omega\text{m}$ )	$\alpha$ fajlagos ellenállás Hőmérsékleti együtthatója ( $1/^{\circ}\text{C}$ )
-------	--	---

<i>Szigetelők</i>		
Csillám	$2 \cdot 10^{15}$	$-50 \cdot 10^{-3}$
Kén	$10^{15}$	$-80 \cdot 10^{-3}$
Üveglemez	$2 \cdot 10^{11}$	$-70 \cdot 10^{-3}$
<i>Félvezetők</i>		
Szilícium	640	$-75 \cdot 10^{-3}$
Germánium	0,46	$-48 \cdot 10^{-3}$
Szén	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$-0,5 \cdot 10^{-3}$
<i>Vezetők</i>		
Alumínium	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Bronz	$18 \cdot 10^{-8}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$
Réz	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$6,8 \cdot 10^{-3}$
Arany	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Vas	$10 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Manganin $\left\{ \begin{array}{l} 84\% Cu \\ 12\% Mn \\ 4\% Ni \end{array} \right\}$	$44 \cdot 10^{-8}$	$<0,0005 \cdot 10^{-3}$
Higany	$96 \cdot 10^{-8}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
Nichrome*	$100 \cdot 10^{-8}$	$0,4 \cdot 10^{-3}$
Platina	$10 \cdot 10^{-8}$	$3,92 \cdot 10^{-3}$
Ezüst	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$
Volfrám	$5,7 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Cink	$5,9 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$

\* Fűtőspirálokban használatos nikkkel-króm ötvözet.

A ~ reciprokát → fajlagos vezetőképességnek nevezzük.

**fajlagos entalpia** (műsz) (jele:  $i$ , mértékegysége: 1 J/kg) a test → entalpiájának és → tömegének a hányadosa.

**fajlagos entrópia** (műsz) (jele:  $s$ , mértékegysége: 1 J/kgK) a test → entrópiájának és → tömegének a hányadosa.

**fajlagos hőmennyiség** (műsz) (jele:  $q$ , mértékegysége: 1 J/kg) a test → hőjének és → tömegének a hányadosa. (A jele nem tévesztendő össze a → hőáraméval.) Az egységnyi tömegű munkaközeggel dolgozó körfolyamatoknál a  $\sim t$   $Q$  jelöléssel is alkalmazzák a mérnökök.



**fajlagos térfogat (fajtérfogat)** (fiz) az egységnyi  $\rightarrow$  tömegű anyag által elfoglalt  $\rightarrow$  térfogat, a  $\rightarrow$  sűrűség reciproka  $v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$ , ahol  $V$  a térfogat,  $m$  a tömeg,  $\rho$  a sűrűség. Mértékegysége:  $\frac{m^3}{kg}$ .

**fajlagos vezetőképesség** (fiz) (jele:  $\gamma$ , mértékegysége:  $1 \text{ S/m} = 1 \text{ } \Omega^{-1} \text{ m}^{-1} = \text{siemens/m}$ )  $A \sim a$   $\rightarrow$  fajlagos ellenállás reciproka:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

**fajtérfogat** (műsz, fiz) (jele:  $v$ , mértékegysége:  $1 \text{ m}^3/\text{kg}$ ) a sűrűség reciproka:  $v = \frac{1}{\rho}$ .

**FARADAY-szám** (fiz, kém)  $\rightarrow$  elektrolízis

**FARADAY-törvény** (fiz, kém)

(1)  $\rightarrow$  elektromágneses indukció

(2) az áram kémiai hatása;  $\rightarrow$  elektrolízis

**fázis (fázisszög)** (fiz) A periodikus mozgás állapotának leírására szolgáló egyik fogalom, amely általában egy ugyanolyan frekvenciájú, periodikus mozgáshoz viszonyít. Két mennyiség fázisban van, ha maximális, ill. minimális értéküket ugyanabban az időpontban veszik fel; minden más esetben  $\rightarrow$  fáziskülönbség van közöttük. Egy  $A \rightarrow$  amplitúdójú, szinuszosan periodikus mozgás leírható, mint:  $A(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ ,

ahol  $\varphi$  a  $\rightarrow$  fázisállandó  $v. \sim$  és

$\omega = 2\pi f$  az ún  $\rightarrow$  körfrekvencia.

**fázisállandó** (fiz) A  $t=0$  időpillanatban meglévő  $\rightarrow$  fázis.

**fáziskülönbség** (fiz) Egy adott  $t$  időpillanatban két azonos frekvenciájú elektromágneses hullám  $\rightarrow$  fázisai közötti különbség:  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

**fázismoduláció** (fiz) Elektromágneses hullámok  $\rightarrow$  fázisszögének változtatása a továbbítandó információt tartalmazó elektromos jel függvényében.

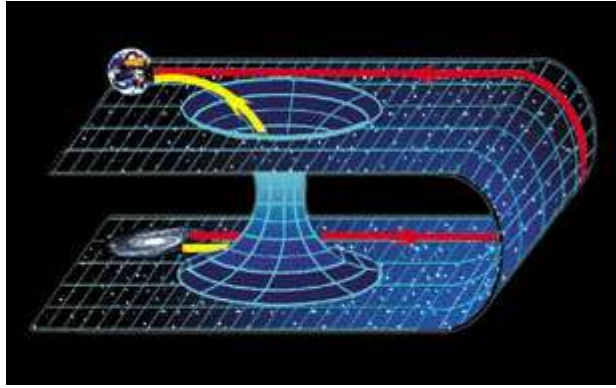
**fázissebesség** (fiz) Szinuszosan változó,  $f \rightarrow$  frekvenciájú, szabad haladó hullám valamely meghatározott fázisállapotának  $\rightarrow$  terjedési sebessége.  $A \sim c = \frac{d\omega}{dk}$ ,

ahol  $\omega = 2\pi f$  a  $\rightarrow$  körfrekvencia,

$k = \frac{1}{\lambda}$ , ahol  $\lambda$  a  $\rightarrow$  hullámhossz.

**fehér fény** (fiz) Olyan fény, amely megegyezik az egyenlő  $\rightarrow$  teljesítményű színekkel rendelkező fény színességével.  $\rightarrow$  Energiája tehát a látható spektrum minden  $\rightarrow$  hullámhosszán azonos.

**fehér lyuk** (csill) matematikai feltételezés, hogy a  $\rightarrow$  fekete lyuk szingularitáson átlépve a tér görbülete újra csökkenni kezd, és az egyre öblösödő „cső” végül újra kinyílik. Ennél a nyílásnál éppen a fordítottja történik mindannak, amelyet a fekete lyuknál láthattunk, mivel itt az anyag csakis kifelé áramlik;  $\sim$  jön létre, amelynek a torkából állandóan anyag és energia lövell ki. Ez az alagút lehet a híd a különálló és eltérő Univerzumok ( $\rightarrow$  multiverzum-modell) között ( $\rightarrow$  EINSTEIN-ROSEN híd). A fekete lyukak létezését – az eddig felhalmozott bizonyítékok tükrében – ma már szinte senki sem vonja kétségbe (a spirál galaxisok centrumában óriási tömegű és méretű fekete lyukak vannak). A  $\sim$ ak jelenlétére egyelőre nincsen semmiféle bizonyíték.



Elképzelt fekete- és fehérlyuk-pár; az EINSTEIN-ROSEN híd

**fehér törpe** (csill) a ~ állapot az 1,4 naptömegnél kisebb tömegű csillagok fejlődésének vég-állapota, ahol az elektrongáz nyomása még képes ellensúlyozni a gravitációs nyomást. Ezek a csillagok a csillagászat szemszögéből „A” [színképosztályú](#) apró, de igen magas hőmérsékletű, a [Nap abszolút fényességének](#) tizedével, századával fénylő csillagok. A [részecekefizika](#) szemszögéből a ~ igen nagy nyomású anyagkoncentráció, amelyben az elektrongáz [kvantumfizikailag degenerált formában](#) van jelen; az elektrongáz további gravitációs összenyomódását a → [PAULI-féle kizárási elv](#) akadályozza meg. A ~ állapot akár milliárd évig is eltartó, stabil csillagállapotot jelent. A Földhöz legközelebbi planetáris köd (NGC 7293, Csiga-köd) központi csillaga ~.



A Csiga-köd központi csillaga tipikus fehér törpe. A csillag körüli planetáris köd a megelőző, [vörös óriás](#) állapot ledobott külső [léggörének](#) maradványa

**fekete lyuk** (csill) a ~ olyan kozmikus objektum, amelynél a *szökési sebesség* eléri, vagy meghaladja a vákuumbeli → [fénysebesség](#) értékét. A ~ tehát a téridő olyan erősségű gravitációs tartománya, amelyet a fény sem tud elhagyni. Létezésüket az → [általános relativitáselmélet](#) jósolta meg. ~ keletkezik akkor, ha egy véges tömeg a [gravitációs összeomlásnak](#) (kollapszus) nevezett folyamat során egy kritikus értéknél kisebb térfogatba zuhan össze. Ebben a szingu-

lárís pontban bizonyos fizikai mennyiségek (sűrűség, téridő-görbület) végtelenné válnak. A szingularitást körülvevő térrészben a gravitáció olyan erős, hogy onnan sem anyag, sem fény nem szabadulhat ki. E gömb alakú térrész határfelülete az →eseményhorizont, sugara az ún. SCHWARZSCHILD-sugár:

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$

ahol:

$r_s$  a SCHWARZSCHILD-sugár

$G$  az →univerzális gravitációs állandó

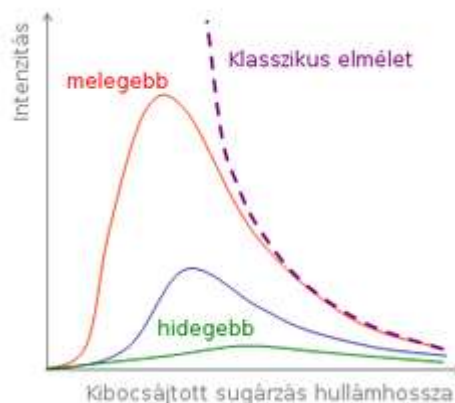
$m$  a test →tömege

$c$  a vákuumbeli →fénysebesség

A  $2G/c^2$  közelítő értéke  $1,48 \cdot 10^{-27}$   $\text{mkg}^{-1}$ . Ha ezt  $S$ -sel jelöljük, akkor  $r_s = m \cdot S$  méter. A Föld SCHWARZSCHILD-sugara kb. 9 mm, a Napé kb. 3 km. Feltételezések vannak szubatomi méretű ~akra is, azonban – ha egyáltalán léteznek – csak roppant rövid ideig élhetnek; ilyeneket még nem figyeltek meg. Közel 30 évig mindenki bizonyos volt abban, hogy egy ~ mindent megsemmisít, ami besodródik, beleértve az információt is. S. HAWKING bejelentette (2004), hogy korábban tévedett, és úgy tűnik; a ~ ak mégis lehetővé teszik, hogy belőlük információ szökjön vissza, de „roncsolt” formában. (Megjegyzendő, hogy HAWKING szerint maga az →eseményhorizont is kisugároz energiát és részecskéket).

**feketetest** (fiz) olyan ideális test, amely tökéletesen elnyeli a ráeső hő- és fénysugarakat (semmit sem ver vissza és nem is ereszt át sugárzást). További jellemző – elméleti – tulajdonsága, hogy adott hőmérsékleten több hő- és fényenergiát sugároz ki, mint bármely más test. ~ idealizált formában sohasem fordul elő a természetben, de számos csillagászati objektum v. egy apró lyukkal ellátott, zárt, belül fekete doboz megközelítőleg ~. Az abszolút →feketetest sugárzásának (az ún. fekete sugárzásnak) a vizsgálata alapján jutott el Max PLANCK 1900-ban a kvantumelmélet alap gondolatához.

**feketetest sugárzás** (fekete sugárzás) (fiz) a →feketetest által kibocsátott elektromágneses sugárzás.

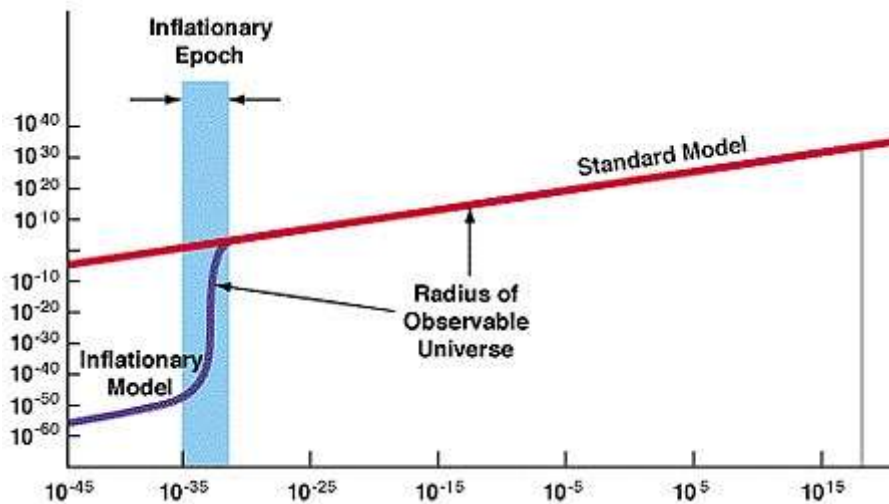


Az abszolút feketetest energia-kibocsátása a hullámhossz függvényében (PLANCK-görbe)

**felbontóképesség** (fiz) Távcsövekre és egyéb optikai berendezésekre jellemző mennyiség. Az a legkisebb szögtávolság, amelynél közelebbi pontok már nem különböztethetők meg egymástól. A szomszédos pontok egybeolvadását a fény elhajlása okozza, ezért az objektívátmérő növelésével a ~ is nő. Az emberi szem felbontóképessége kb. 1'; egy 12 cm átmérőjű objektívé kb. 1". A ~ függ a műszerbe érkező fény színétől (→hullámhosszától) is.

**felezési idő** (fiz) felezési idő alatt azt az időtartamot értjük, amely alatt egy fizikai, kémiai, biológiai rendszer kiinduló anyagmennyisége a felére csökken. Rádióaktív anyagok esetén ez az időtartam megegyezik azzal az idővel, amely alatt a rádióaktív anyag atomjai a felére bomlanak le.

**felfúvódás** (fiz, kozmológia) a legújabb kozmológiai elméletek szerint az Univerzumban – a kezdeti kvantumfluktuációt követően – a keletkezés után  $10^{-36}$  másodperccel, egy óriási mértékű tágulás, ~ (infláció) ment végbe. Mielőtt ez az elképesztő sebességű ~ bekövetkezett volna, az Univerzum egymilliárdszor kisebb lehetett, mint egy átlagos atommag. Amikor a ~ véget ért, a tér mérete már elérte az egy méteres átmérőt, vagyis  $10^{50}$ -szeresére növekedett. (A Big Bang után 380 000 évvel az Univerzum sugara kb. 45 millió → *fényév* volt, jelenleg 13,7 milliárd fényév). Az inflációs periódus alatt a tágulás exponenciálisan gyorsult;  $10^{-34}$  másodpercenként a Világegyetem mérete megkétszereződött. A tágulási sebesség ekkor sok nagyságrenddel haladta meg a fény vákuumbeli sebességét, azonban ez nem mond ellent a relativitás elméletnek, ugyanis az *egész téridő szerkezet* tágult. A ~-hoz szükséges hatalmas energiát az Univerzum az ún. *hamis vákuumból* nyerte. Az inflációs periódus kb.  $10^{-33}$  másodpercig tarthatott. A felfúvódó Világegyetem elméletének ötlete Alan GUTH-tól származik (1980).



A Világegyetem inflációs modellje. A vízszintes, logaritmikus tengelyen az eltelt idő (s), a függőleges, logaritmikus tengelyen a kiterjedés (m) van.

Megjegyzés: Alan Harvey GUTH (1947. febr. 27, New Brunswick - ), amerikai elméleti fizikus és kozmológus.

**felhajtóerő** (műsz, rep) kétféle módon keletkezik a folyadékban lévő szilárd testre ható nyomás eredőjeként.

- A statikus ~ a szilárd test által kiszorított folyadék súlyerejének ellentettje. Ez → ARKHIMÉDÉSZ törvénye, s így pl. a hajók és a léghajók működési elve.
- A dinamikus ~ (jele:  $F_f$  vagy  $F_y$ ) az → eredő légerő (jele:  $F_r$ ) azon komponense, amely merőleges a testtől távoli → áramlási sebességre. Vízszintes repüléskor a ~ tart egyensúlyt a → súlyerővel, és a szárnyashajók is ez által maradnak a vízen haladásukkor. A ~ számítási képlete:

$$F_f = c_f \frac{\rho}{2} v^2 A,$$

ahol  $c_f$  a → felhajtóerő-tényező,

$A$  a szárny felülnézeti vetületének felülete és

$\frac{\rho}{2} v^2$  a → dinamikus nyomás, amelyet az áramlásba helyezett testtől távoli áramlási se-

bességgel (szokták  $v_\infty$ -nel is jelölni) kell kiszámítani.

**felhajtóerő-tényező** (műsz, rep) (jele:  $c_f$  vagy  $c_y$ ) a dinamikus  $\rightarrow$  [felhajtóerőt](#) befolyásoló dimenziótlan mennyiség, amely az áramlásba helyezett szilárd test alakjától és a testtől távoli  $\rightarrow$  [áramlási sebesség](#)hez viszonyított helyzetétől ( $\rightarrow$  [állásszög](#)től) függ. A repülőgépek  $\sim$ -je szubszonikus, azaz hangsebesség alatti repülési sebességnél az alábbi képletnek megfelelően függ a  $\rightarrow$  [MACH-számtól](#) (jele:  $M$ ) és a  $\rightarrow$  [szárny karcsúságától](#) (jele:  $\lambda$ ) is:

$$c_f = \frac{c_{fi}}{\frac{c_{fi}}{\pi\lambda} + \alpha_i \sqrt{1 - M^2}},$$

ahol  $c_{fi}$  az összenyomhatatlan folyadék (pl. kis sebességű levegő) esetben érvényes  $\sim$ ,  $\alpha_i$  állásszög ívmértékben összenyomhatatlan folyadék esetén.

**felületi feszültség** (fiz) (jele:  $\alpha$ , mértékegysége:  $1 \text{ N/m} = \text{kg/s}^2$ ) folyadékok anyagi minőségére jellemző  $\rightarrow$  [fizikai mennyiség](#). A folyadékok felszínének spontán tulajdonsága, hogy törekszik a lehető legkisebb felületre, azaz összehúzódik (pl. szappanbuborék, amely a legkisebb felület mellett a legnagyobb  $\rightarrow$  [térfogatot](#) valósítja meg)  $A \sim$  jellemezhető azzal a  $\rightarrow$  [munkával](#), amely a folyadék felszínének a területegységgel való megnöveléséhez szükséges, képletben:

$$L = \alpha A, \text{ ill. } \alpha = \frac{L}{A}.$$

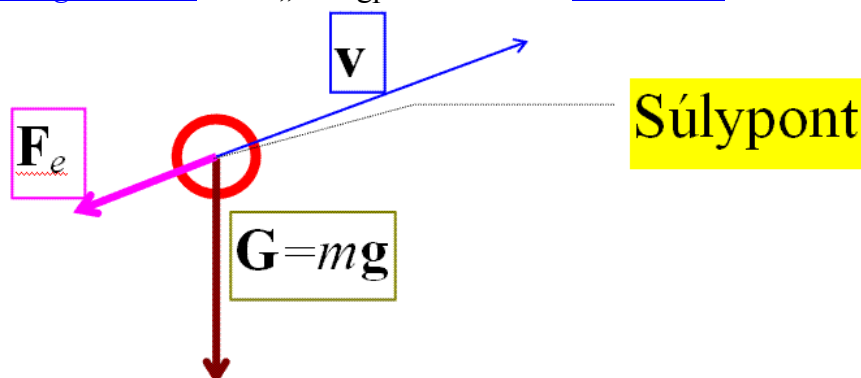
$A \sim$  a  $\rightarrow$  [hőmérséklettel](#) csökken, és függ attól a közegtől is, amellyel a felület kívülről érintkezik. A  $\sim$ -et a saját gőzével érintkező folyadéokra szokás megadni. A  $\sim$ -nek számos jelenségben van szerepe, pl. hajszálcsővesség v.  $\rightarrow$  [kapillaritás](#),  $\rightarrow$  [adszorpció](#).

**felületi töltéseloszlás**  $\rightarrow$  [töltés eloszlás](#)

**fenomenológia** a jelenségekre, tapasztalati tényekre és mérési eredményekre épülő módszer, amely az anyag szerkezetére nézve semmilyen feltevést nem tesz.  $A \sim$  E. HUSSERL szubjektív idealista elmélete. Szerinte a *megismerés* nem a valóságos, anyagi világra, hanem a *tudatra* irányul, ezért minden a világra vonatkozó s a közvetlen tapasztalatot túllépő ítélettől tartózkodni kell.

Megjegyzés: Edmund HUSSERL (1859. ápr. 8, Prostějov – 1938. ápr. 26, Freiburg) német filozófus.

**ferdehajítás** (fiz) a  $\rightarrow$  [hajítások](#) kétdimenziós  $\rightarrow$  [pályát](#) követő változata. Legyen pl. egy  $\rightarrow$  [síkbeli](#)  $\sim$   $\rightarrow$  [közegellenállással](#). A „tömegpontra” ható  $\rightarrow$  [erőrendszer](#):



A közegellenállás erővektorának képlete  $A$  felületű gömböt feltételezve  $\rho \rightarrow$  [sűrűségű](#) közegben:

$$\mathbf{F}_e = -c_e \frac{\rho}{2} |\mathbf{v}| \mathbf{v} A, \text{ ahol } \mathbf{v} \triangleq \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} \triangleq \begin{bmatrix} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta t} \end{bmatrix}$$

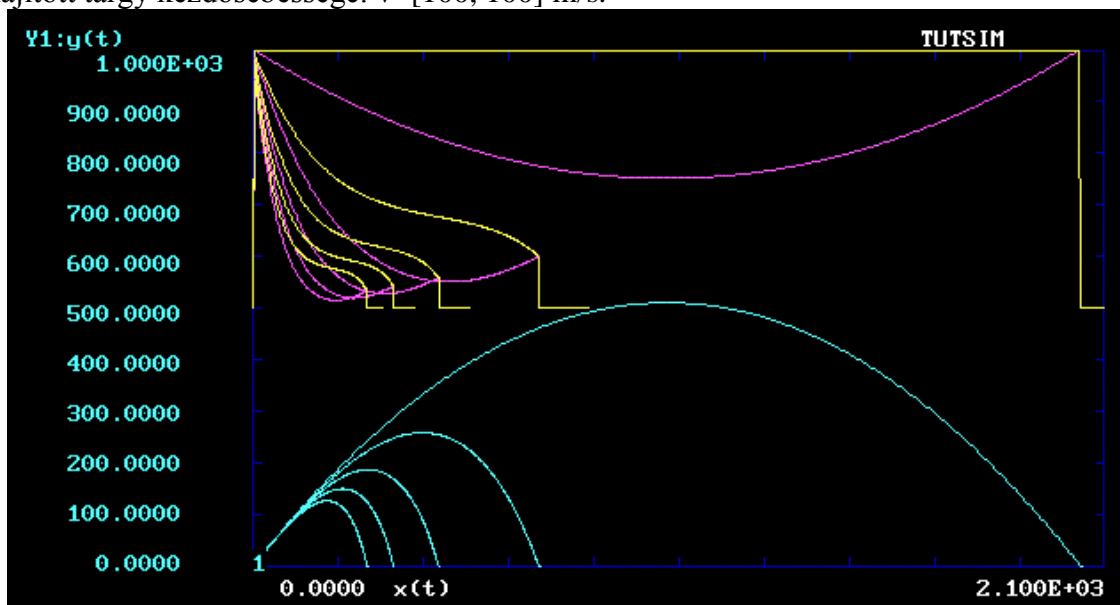
A  $\rightarrow$ [gyorsulás](#) meghatározása komponensenként a  $\rightarrow$ [számítógépes szimuláció](#) számára:

$$\mathbf{a} \triangleq \begin{bmatrix} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \\ \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_y}{\Delta t} \end{bmatrix}, \quad |\mathbf{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad a_x = -c_e A \frac{\rho}{2m} |\mathbf{v}| \cdot v_x \quad \Rightarrow v_x(t) \text{ - t a PC ki -}$$

számítja, ha  $v_x(0)$  adott  $\Rightarrow x(t)$  - t is, ha  $x(0)$  adott  $a_y = -c_e A \frac{\rho}{2m} |\mathbf{v}| \cdot v_y - g$

$\Rightarrow v_y(t)$  - t a PC kiszámítja, ha  $v_y(0)$  adott  $\Rightarrow y(t)$  - t is, ha  $y(0)$  adott.

Digitális szimuláció módszerével oldjuk meg a feladatot a TUTSIM program segítségével. Az elhajított tárgy kezdősebessége:  $\mathbf{v} = [100, 100]$  m/s.



A függőleges tengelyen lilával ábrázoltuk a  $\rightarrow$ [mozgási energiát](#), türkizzel a pillanatnyi magasságot, amellyel egyenesen arányos a  $\rightarrow$ [helyzeti energia](#) és sárgával e két energia összegét, különböző közegellenállás esetén. A közegellenállás elhanyagolásakor, amikor  $\rightarrow$ [konzervatív erőter](#)ben vagyunk, a  $\rightarrow$ [mechanikai energiák](#) összeg állandó. Ilyenkor a feladat analitikus megoldása roppant egyszerű, és a pálya alakja parabola. A kezdeti, a  $\rightarrow$ [tetőponti](#) és a végállapot képletei:

$t = 0,$	$t = (v_0 \sin \vartheta)/g,$	$t = 2(v_0 \sin \vartheta)/g,$
$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0,$	$v_x = v_0 \cos \vartheta,$	$v_x = v_0 \cos \vartheta,$
$v_x = v_0 \cos \vartheta,$	$v_y = 0,$	$v_y = -v_0 \sin \vartheta,$
$v_y = v_0 \sin \vartheta,$	$x = \frac{v_0^2 \sin 2\vartheta}{2g},$	$x = \frac{v_0^2 \sin 2\vartheta}{g},$ $x_{\max} 2\vartheta = 90^\circ$ -nál, azaz $\vartheta = 45^\circ$ -nál
$a = -g,$		$y = 0,$ $a = -g$
$y = 0, \quad x = 0$	$y = (v_0 \sin \vartheta)^2 / 2g,$	
	$a = -g$	

Ellenkező, vagyis súrlódásos esetben a mechanikai energiát folyamatosan csökkenti a  $\rightarrow$ [disszipált energia](#). (Becsapódáskor a teljes mechanikai energiát – a talajon és saját magán végzett deformációs munka, végső soron  $\rightarrow$ [hő](#) formájában – leadja az elhajított tárgy.) Ilyenkor a pálya alakja nem szimmetrikus parabola, hanem ún. [ballisztikus görbe](#), amelyre az jellemző, hogy az elhajított tárgy merede-

kebben csapódik be, mint amekkora az indítás szöge volt. Ezért alattomos fegyver az aknavető, mert lövedéke szinte függőlegesen csapódik be, tehát nehéz fedezéket találni a különféle tereptárgyak mögött.

**FERMAT-elv** (fiz) A geometriai optika alapvető *variációs elve*, amely kimondja, hogy a fénysugár a  $P_1$  pontból a  $P_2$  pontba azon az úton halad, amely úton az  $S = \int_{P_1}^{P_2} n \, ds$  ( $\rightarrow$ [eikonál](#)) vonalintegrál a  $P_1$  és  $P_2$  pontokat összekötő bármely görbe mentén vett integrálok között szélsőértékű (variációja extrémum). Másképpen: A ~ azt mondja ki, hogy egy fénysugár egy tetszőleges (földi) optikai rendszerben mindig olyan pályát követ, amelyre nézve a kezdő és végpontok közötti terjedési idő *minimális*. A ~ből a *geometriai optika* törvényszerűségei (pl. a  $\rightarrow$ [fénytörés](#)) levezethetők. Ez Pierre de FERMAT (1601. aug. 17, Beaumont-de-Lomagne – 1665. január 12, Castres) francia jogász, képviselő és matematikus „legrövidebb idő elve” (1662), vagyis két pont között a geometriailag lehetséges (szomszédos) utak közül *a fény a valóságban azt a pályát követi, amelynek a megtételéhez a legrövidebb időre van szüksége*. Ebből a homogén [közegben](#) való [egyenes](#) vonalú fényterjedés rögtön következik, mint ahogy a fényút megfordíthatóságának elve is.

Megjegyzés: a variációs elv matematikai elv, amely megengedi, hogy a fény a *maximális idő* alatt is terjedhet a tér két pontja között, de ennek gyakorlatilag csak *kozmológiai* jelentősége van.

**ferromágnes** (fiz) lásd:  $\rightarrow$ [anyagok mágneses tulajdonsága](#)

**feszültség** (fiz)

(1). mechanikai húzó~ (jele:  $\sigma$ , mértékegysége: 1 Pa=1 N/m<sup>2</sup>), amely jellemző  $\rightarrow$ [intenzív mennyiség](#), a  $\rightarrow$ [statikus nyomás](#) ellentettje. A  $\rightarrow$ [szilárdságtan](#)ban alkalmazzák a  $\rightarrow$ [feszültségvektort](#) is. Lásd még  $\rightarrow$ [csúsztató~!](#)

Megjegyzés: általánosítva a ~ tenzormennyiség, amelynek ellentettjét **T**-vel jelölik. Ez egy szimmetrikus tenzor, amelynek a kontinuum-mechanikában (konduktív  $\rightarrow$ [impulzustranszport](#)) és az  $\rightarrow$ [áramlástan](#)ban van fontos szerepe.

(2). elektrosztatikai ~ (jele:  $U$ , mértékegysége: 1 V (volt, VOLTA tiszteletére) A ~ SI mértékegysége Joule/Coulomb (J/C=V), amelyet Alessandro VOLTA gróf (1745. febr. 18, Como - 1827. márc. 5, Como) olasz fizikus tiszteletére voltnak nevezünk.

Elektromos térben egy tetszőleges görbe mentén  $a$  pontból  $b$  pontba mozgatva egy  $q$  elemi töltést a végzett  $\rightarrow$ [munka](#) integrálással számítható:

$$W_{ab} = q \cdot \int_a^b \mathbf{E} d\mathbf{l}$$

A végzett munka egyenesen arányos a töltéssel, így van lehetőség definiálni az egységnyi töltésen végzett munkát, amelyet ~nek nevezünk.

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} = \int_a^b \mathbf{E} d\mathbf{l}$$

A ~ és az  $\rightarrow$ [elektromos potenciál](#) SI mértékegysége megegyezik, oka, hogy a ~ mindig felírható potenciálkülönbséggént ( $\varphi_a - \varphi_b = U_{ab}$ )!

(3). elektrodinamikai ~ (jele:  $\varepsilon$ , mértékegysége: 1 V) A  $\rightarrow$ [feszültségforrások](#) elektromotoros erejét az elektrodinamikában gyakran rövidítik ~nek. A ~ a források esetén számítható az  $\rightarrow$ [idegen térerő](#) segítségével:

$$\varepsilon = \int_a^b \mathbf{E}^* d\mathbf{l}$$

(4). Mágneses térben mozgó vezetőben indukált magnetosztatikai  $\sim$  (jele:  $\varepsilon$ , mértékegysége: 1 V):

$$\varepsilon = \int_l \mathbf{v} \times \mathbf{B} d\mathbf{l}$$

(5). indukált  $\sim$  (jele:  $\overset{\circ}{\varepsilon}$  mértékegysége: 1 V) Egy zárt görbe mentén indukált  $\sim$  a gerjesztési törvény ( $\rightarrow$  GAUSS-törvény) értelmében, a zárt görbe által határolt felületen átmenő  $\rightarrow$  mágneses fluxus egységnyi idő alatti megváltozásával egyenlő:

$$\overset{\circ}{\varepsilon} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

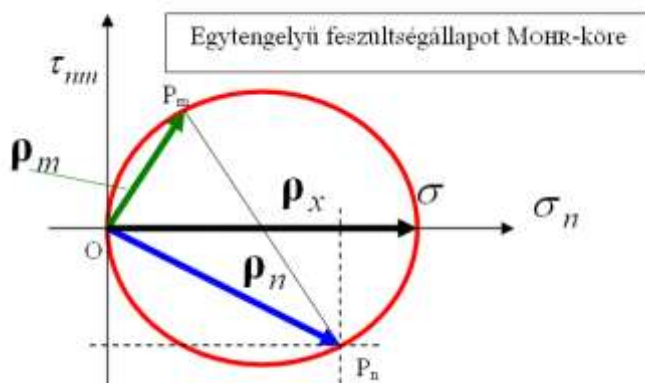
ahol a  $\rightarrow$  körfeszültség definíciója: 
$$\overset{\circ}{\varepsilon} = \oint_g \mathbf{E} d\mathbf{l},$$

a fluxusváltozás a fluxus definíciójából számolható: 
$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

**feszültségállapot** (műsz) adott ponton átmenő, valamennyi irányhoz hozzárendelt  $\rightarrow$  feszültségvektorok összességét a test adott pontjához tartozó  $\sim$ -nak nevezzük, amelyet a  $\rho = \rho(\mathbf{n})$  függvényként írhatunk le. Egytengelyű a  $\sim$ , ha az adott ponton átmenő tetszőleges irányhoz tartozó feszültségvektorok mind egy tengellyel párhuzamosak. Pl.  $\rightarrow$  húzásnál ez teljesül. A  $\sim$  ábrázolásának egyik módja a MOHR-kör, amely az adott pont valamennyi irányához rendelt feszültségvektorok végpontjának mértani helye a  $\sigma$ - $\tau$  síkon (megállapodás szerint a  $\sigma_n \rightarrow$  húzófeszültség van a vízszintes tengelyen, és a  $\tau_{nm} \rightarrow$  csúsztatófeszültség a függőlegesen). A MOHR-kör középpontja a  $\sigma$  tengelyen van és érinti a  $\tau$  tengelyt. A MOHR-kör egyenlete a  $\sigma$  maximális húzófeszültség paraméterével felírva a  $\sigma_n \mathbf{n} \rightarrow$  normálfeszültség, és a  $\tau_{nm} \mathbf{m}$  csúsztatófeszültség abszolút értékeire, azaz  $\sigma_n$  és  $\tau_{nm}$  változókra:

$$\left( \sigma_n - \frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau_{nm}^2 = \left( \frac{\sigma}{2} \right)^2$$

Christian Otto MOHR (1835. okt. 8. – 1918. okt. 2.) német kultúrmérnök, műszaki főiskolai tanár a műszaki mechanika számos területén alkotott maradandót.



Forrás: <http://search.intelius.com/Christian-Otto-Mohr>

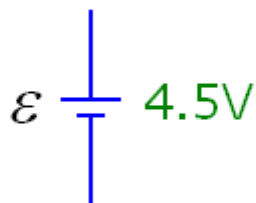


**feszültségforrás** (fiz, vill) Az elektromotoros erő ( $\varepsilon$ ) forrása, vagy ~ bármely olyan eszköz, szerkezet, fizikai struktúra, amely valamilyen energiatípust átalakítva elektromos energia forrásaként működik.

Feszültségforrás például:

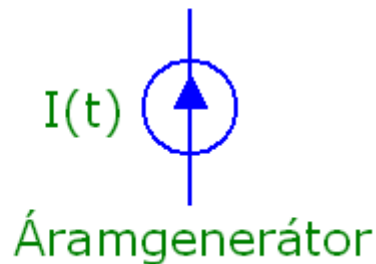
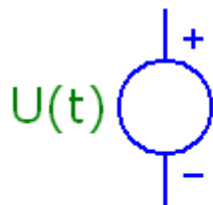
- Az elem, az akkumulátor; ezekben a ~okban kémiai energia alakul át elektromos energiává.
- A generátor; ebben a ~ban mozgási energia alakul át elektromos energiává.
- Napelem; ebben a ~ban sugárzási energia (fényenergia) alakul át elektromos energiává.
- Bizonyos sejtek; amelyek kémiai energiát használnak fel, hogy  $\rightarrow$  potenciálkülönbséget tartsanak fenn.
- Kvarckristály mechanikai nyomás v. ütés hatására ( $\rightarrow$  piezo elektromosság).

A telep jele elektromos kapcsolási rajzokon:



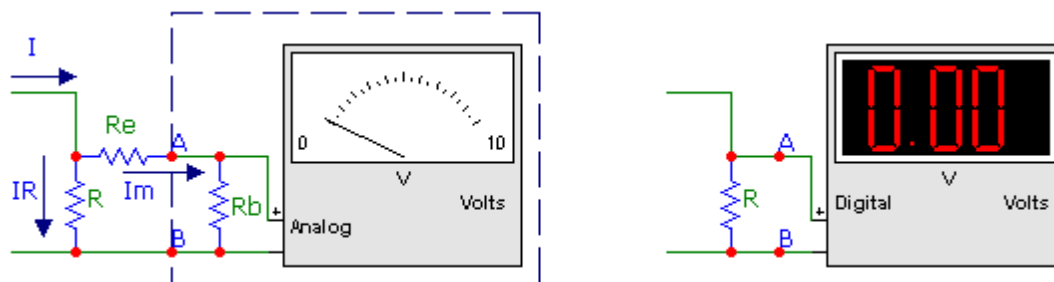
(A hosszabb vízszintes vonal jelöli a telep pozitív sarkát, a rövidebb pedig a negatívát.)  
A generátor jele elektromos kapcsolási rajzokon:

## Feszültség generátor



Megjegyzendő, hogy a feszültséggenerátor szimbóluma sokszor csak egy kör, amely mellé a feszültség irányát jelző nyíl (pozitívtól negatív felé) rajzolnak. Az áramgenerátort gyakran két egyenlő, egymást metsző körrel, vagy egyetlen, belül vízszintes vonallal elválasztott körrel szimbolizálják.

**feszültségmérő** (fiz) Az áramkör elemein eső  $\rightarrow$  feszültség mérésére szolgál a ~, úgy hogy a ~t párhuzamosan kapcsoljuk a mérendő eszközzel. A ~ korábban  $\rightarrow$  galvanométert tartalmazó analóg elektromechanikus eszköz volt, napjainkban már inkább elektronikus erősítőt tartalmazó digitális berendezés.



A ~re, vagy másként nevezve voltmérőre jellemző az  $R_b$  belső  $\rightarrow$  ellenállás. Ez galvanométer esetén néhányszor  $10\text{ k}\Omega$ , míg a modern digitális műszer esetén több  $\text{G}\Omega$  is lehet. A ~ nélkül az  $R$  áramköri eszközön  $I$  áram folyik. Azonban a ~t párhuzamosan kapcsolva az  $I$  áram megoszlik az áramköri eszköz és a műszer között.

$$I = I_R + I_m$$

$$U = R I_R = R_b I_m$$

Ha  $U$  nagy, akkor  $I_m$  is nagy, és a műszer tönkremehet. Ezért a műszerrel sorba szoktak kapcsolni egy kalibrált  $R_e$  előtét ellenállást, amely megnöveli a műszer bemeneti ellenállását és a mérési tartományt is kiterjeszti.

$$U = R I_R = (R_e + R_b) I_m$$

Digitális műszernél a mérési tartomány változtatását elektronikusan valósítják meg, ezért nincs szükség előtét ellenállásra. A méréshatár váltás többnyire automatikusan történik.

**feszültségvektor** (műsz) (jele  $\rho_n$ , mértékegysége:  $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2 = 1\text{ kg/s}^2\text{m}$ ) a felületen megoszló belső  $\rightarrow$  erőrendszer  $\rightarrow$  intenzitása:

$$\rho_n = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{F}_h}{\Delta A} = \frac{d\mathbf{F}_h}{dA},$$

ahol  $\mathbf{F}_h$  a test valamely elemi felületén ható  $\rightarrow$  eredő erő,  
 $A$  a test adott irányú metszetének felülete.

A ~t a test egy  $P$  pontjához és a  $\Delta A$  felületelem  $\mathbf{n}$  normálisához rendelik hozzá. A ~ felbontható az  $\mathbf{n}$   $\mathbf{m}$   $\mathbf{k}$  lokális  $\rightarrow$  koordinátarendszerben  $\sigma_n \mathbf{n} \rightarrow$  normálfeszültségre és a keresztmetszet síkjába eső  $\tau_{nm} \mathbf{m} \rightarrow$  csúsztatófeszültségre. A csúsztatófeszültség első indexe a felületi normálist, a második pedig az irányát jelöli.

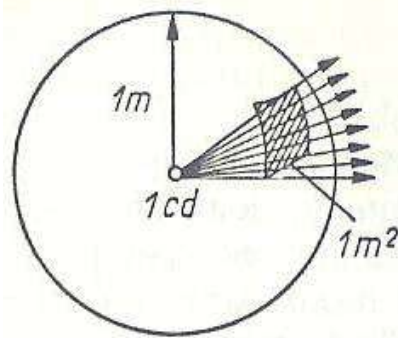
**fékezési sugárzás** (fiz) a ~ (Brehmsstrahlung) kiváltása során egy tetszőleges anyagi közegbe beeső nagyenergiájú elektron és az atommag erőterének kölcsönhatásából származó nagy energiájú röntgen foton keletkezik. Amennyiben a beeső elektron az atommaghoz elegendően közel kerül, az atommag erőterében az elektron energiát veszít (lelassul és haladási iránya is megváltozik). A fékezés során elvesztett energia (a beeső és kilépő elektron energiájának a különbsége) röntgensugárzás formájában jelentkezik. A ~ energiáját folytonos energiaspektrummal írhatjuk le. A fékezési sugárzás teljesítménysűrűsége a bombázott mag rendszámának ( $Z$ ) négyzetével arányos ( $T_e$  a bombázó elektron energiája eV-ban):

$$P_{\text{Br}} [\text{W/m}^3] = \frac{Z_i^2 n_i n_e}{[7.69 \times 10^{18} \text{m}^{-3}]^2} T_e [\text{eV}]^{1/2}$$

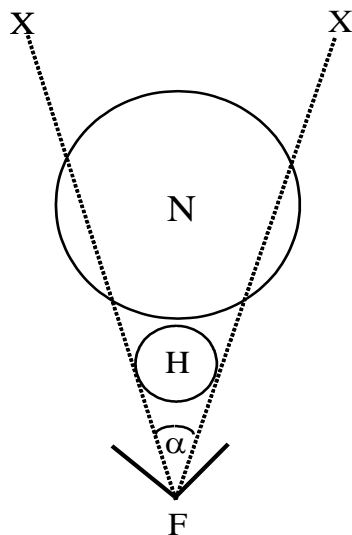
**félvezető** közepes  $\rightarrow$  vezető

**fényáram** (fiz) Az emberi szem számára érzékelhető, azaz  $380\text{--}760\text{ nm}$  hullámhosszú sugárzásnak a szem érzékenységével korrigált fluxusa. Annak mértéke, hogy a sugárzott

→ teljesítmény milyen látási érzetet képes előidézni. Mértékét egy standard fényforráshoz viszonyítjuk, és általában lumenben (lm) adjuk meg. Az 1 cd → fényerősségű, pontszerű sugárzó 1sr térszögbe 1 lm ~ot bocsát ki.



### fényelhajlás a Nap közelében (fiz, csill)



X }  
X } két állócsillag

N = a Nap

F = a Föld

H = Hold

$\alpha$  = a két csillag látószöge a Földről, ha a Nap és a Hold nincsenek a látótérben.

Ennek kimérése a kísérlet első része.

A kísérlet második részét teljes napfogyatkozáskor végzik, vagyis amikor a Föld adott helyéről nézve a Hold teljesen fedi – átmenetileg – a Napot.

Értelmezés: a Nap, mint nagy → tömeg úgy határozza meg a környezete tér-idő viszonyait, hogy ott is a fény a két pont közti legrövidebb úton terjed, de ez az út a → RIEMANN geometria geodetikus vonala.

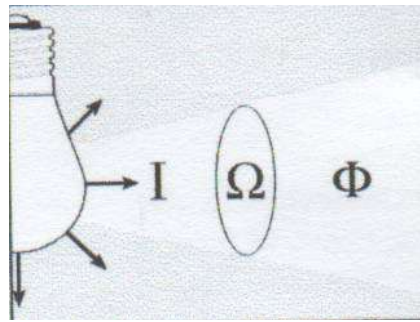
A kísérletet 1919-ben először és azóta többször elvégezték, és a kísérletek eredménye jó egyezést mutat az → általános relativitáselméletből adódó számítással.

**fényelnyelés (abszorpció)** (fiz) Bármely → optikai közegen áthaladó fény a közeg behatása folytán veszít erősségéből. Ennek a jelenségnek a neve ~ vagy abszorpció.

**fényerősség (fényintenzitás)** (fiz) (mértékegysége: 1 kandela, 1 cd) A ~ a fényforrás egységnyi térszögére (1 szteradián = 1 sr) kisugárzott → fényáramának mennyiségét határozza meg. A ~ tehát a fényforrás által egy meghatározott irányban kibocsátott fénykisugárzás mértékét jelöli.

A kandela (jele: cd) az → SI mértékegységrendszer független alapegységének a neve. 1 kandela annak az  $540 \cdot 10^{12}$  Hz ( $\lambda = 555,1712185185... \text{ nm}$ ) frekvenciájú monokromatikus sugárzást kibocsátó fényforrásnak adott irányban kibocsátott ~e, amelynek sugárerőssége ugyanabban az irányban  $1/683 \text{ [W/sr]}$ .

A candela szó jelentése latinul gyertya. Egy átlagos gyertya fényerőssége 1 cd, egy 100 wattos, hagyományos izzólámpáé kb. 120 cd.



$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

**fényév** (csill) a távolság csillagászati mértékegysége, jele ly (light year). A fény által egy év alatt, légüres térben megtett út.  $1 \text{ ly} = 9,460529 \cdot 10^{15} \text{ m} \approx 9,5 \cdot 10^{12} \text{ km}$  és  $1 \text{ pc}$  (parszek) = 3,2616 ly

**fényintenzitás** (fiz) → fényerősség.

**fényképezőgép** (fiz) Olyan eszköz, amely rögzíti/tárolja a képeket. Ezek a képek fekete-fehér v. színes fényképek v. mozgóképek, mint pl.: a papírkép, video vagy mozi.

**fénymérés (fotometria)** (fiz) Az optikai sugárzást jellemző mennyiségeknek a láthatósági függvény - amely a spektrális fényhatásfok hullámhossz szerinti eloszlása - alapján való számszerű mérése, értékelése.

**fénymérő** (fiz) A → fényerősség, a megvilágítás és más fotometriai mennyiségek mérésére alkalmas eszköz. A régebbi típusok vizuális technikával, egy standard fényforrás fényéhez hasonlították a mérendő forrás fényét. A modern eszközök fotocellái v. fototranzisztorai a fényvezető képességen, a fotoemisszió v. a galváneffektuson alapulnak. A galváneffektuson alapuló fénymérők nem igényelnek külső áramforrást, ezért használatuk nagyon kényelmes, viszont nem elég érzékenyek. A fotoemissziós típusúak általában egy fotoelektron-sokszorozót is tartalmaznak (különösen csillagászati alkalmazás esetén) és külső áramforrást igényelnek. A fényvezető képességen alapuló eszközöknek csupán egy kisfeszültségű tápegységre (elem, akku) van szükségük, ezért főleg kereskedelmi megvilágítás mérőként és fotográfiai fénymérőként használják őket, ma már általában a fényképezőgépekbe beépítve, objektíven keresztül mérnek.

**fénynyomás (sugárnyomás)** (fiz) A fénynyaláb által a megvilágított felületre gyakorolt → nyomás. Az elektromágneses tér → impulzusának egyik bizonyítéka; magyarázható mind korpuszkuláris, mind hullám képpel. A ~ kifejezhető, mint a felületre ütköző, onnan visszaverődött fotonok által a felületnek átadott impulzus. Földi viszonyok között a ~ nagyon kicsi, a csillagok belsejében azonban a gravitációval és a gáznyomással azonos nagyságrendű. Részből a ~ hozza létre az üstökösök a Nappal ellentétes irányú csóvját. A Nap sugárnyomása egy a Föld felszínén a sugárzásra merőlegesen elhelyezett tükörré nagyon kicsi:  $9,8 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2 \approx 10^{-5} \text{ Pa}$ . Ez a normál légköri nyomás (1014 hPa) kb. tizedmilliárdod része.

**fénysebesség** (fiz) (jele:  $c$ , [a latin celeritas, „sebesség” szóból] mértékegysége: 1 m/s). Az elektromágneses hullámok (sugárzás) terjedésének sebessége. Vákuumban a ~ értéke az SI mértékegység-rendszer szerint rögzített: 299 792 458 m/s, amely a speciális relativitáselmélet szerint minden vonatkoztatási rendszerben ugyanakkora Megjegyzendő, hogy ma már a ~-et fenti értéknél pontosabban (további tizedesjegyekre) ismerjük. Bármilyen anyagi közegen áthaladó fény sebessége a vákuumbeli értéknél kisebb. A vákuumbeli ~ a Világegyetemben

elérhető legnagyobb sebesség, amellyel bármilyen – általunk ismert – anyagforma mozoghat v. kölcsönhatás terjedhet A fizikusok egyetemes állandónak tekintik és 1983 óta a méter definíciója is a fénysebességre épül. Az ún. →[hullámegyenlet](#)ből lezármasztatható az elektromágneses hullámok (így a fény) vákuumbeli terjedési sebessége:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 299\,792\,458 \text{ m/s} \approx 300\,000 \text{ km/s.}$$

Itt  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ [As/Vm]}$ , a vákuum dielektromos állandója v. permittivitása,  
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ [Vs/Am]}$ , a vákuum permeabilitása.

A fény sebessége más optikai közegben *kisebb* a vákuumbeli értéknél, amelyet a közeg abszolút  $n \rightarrow$ [törésmutató](#)jából lehet kiszámolni:

$$n = \frac{c}{c'}$$

ahol  $c$  a vákuumbeli,  $c'$  a közegbeli fénysebesség. Levegőre  $n = 1,000292$ , vízre  $n = 1,334$ , műanyagokra  $n = 1,50\text{--}1,76$ , üvegre  $n = 1,5\text{--}1,9$ . A törésmutató frekvenciafüggő (szivárvány, spektrum).

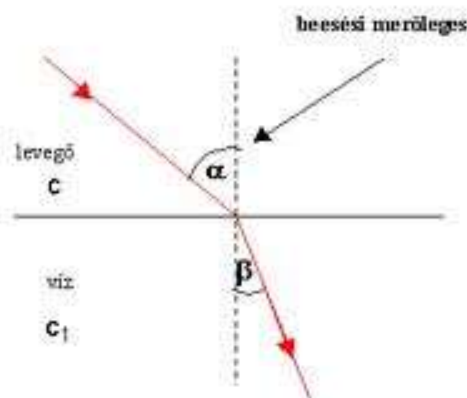
**fénysugár** (fiz) A vékony, párhuzamos fénynyaláb megnevezése.

**fénytörés** (fiz) Ha a fény két eltérő optikai sűrűségű (eltérő törésmutatójú) közeg határára érkezik, akkor egy része visszaverődik, másik része pedig belép az új közegbe. Az új közegben haladó fénysugár általában megtörik az eredeti fénysugárhoz képest A ~ törvényei a következők:

1. A beeső fénysugár, a beesési merőleges (normális) és a megtört fénysugár egy síkban van.
2. A felületre merőlegesen beeső fénysugár nem törik meg.
3. A beesési szög szinuszának és a törési szög szinuszának hányadosa a két közegre jellemző állandó. Ez a →[SNELLIUS–DESCARTES-törvény](#):

$$4. \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$$

ahol  $n_{2,1}$  a két közeg relatív optikai törésmutatója.

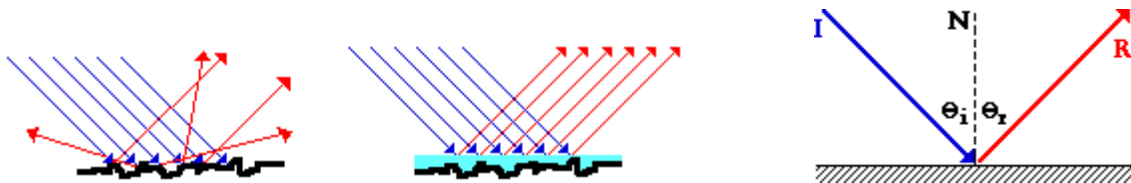


Megjegyzés: Willebrord SNEL (SNELLIUS) van Roijen, (1591, Leida — 1626. okt. 30, Leida), holland matematikus, filozófus, természettudós és René DESCARTES (Renatus CARTESIUS, 1596. márc. 31, La Haye Touraine – 1650. február 11, Stockholm) francia filozófus, természettudós, fizikus, matematikus.

**fényvisszaverődés** (fiz) Amikor a fény új közeg határához ér, egy része visszaverődik a felületről, másik része behatol az új közegbe. A visszaverődött fény iránya és intenzitás-eloszlása függ a visszaverő felület anyagától, színétől és egyenletlenségeitől is. A visszavert fény részben v. teljesen → poláros.

A finoman szemcsézett, világos felületek (pl. fehér papírlap, vászon, falfelület) a (fél)tér minden irányába ( $2\pi$  térszögben) visszaveri, szétszórja a fénysugarakat. Ezért a szórtan (diffúzan) visszaverő felületek minden irányból jól láthatók. Szabályos visszaverődés (tükör felületről) törvénye

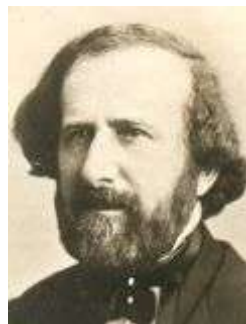
A beeső fénysugár (I), a → beesési merőleges (normális) és a visszavert fénysugár (R) egy síkba esik, és a → beesési szög ( $\Theta_i$ ) egyenlő a → visszaverődési szöggel ( $\Theta_r$ ). (A beesési szög, a beeső fénysugár és a beesési merőleges, a visszaverődési szög, a visszavert fénysugár és a beesési merőleges által bezárt szög.). A diffúz szórás annál nagyobb mértékű, minél nagyobb a felület egyenletlensége a fénysugár hullámhosszához képest. Ha az egyenletlenség, rücsköség összemérhető a hullámhosszal, a diffúzió kicsi v. elhanyagolható lesz (ideális tükör).



**féreglyuk** (féregjárat v. wormhole) (fiz, kozmológia) a téridőben két → fekete lyukat v. fekete és → fehér lyukat összekötő, hipotetikus alagút, amely az Univerzum v. univerzumok két távoli, görbületmentes, „sima” területét köti össze.

**finomszerkezet** (fiz) nagyfelbontású spektrométerekben egyes spektrumvonalak több egymáshoz közeli vonalra hasadnak fel. Ezt nevezzük ~nek.

**FIZEAU-kísérlet** (fiz) A fény terjedési sebességének mérése áramló folyadékban. Két azonos fényforrásból származó párhuzamos és → koherens → fénysugár két csövön halad át, amelyekben ellentétes irányban áramlik az  $n$  → törésmutatójú folyadék. A két fénysugár interferenciaképe az → áramlási sebességtől függő eltolódást mutat. Nem támasztotta alá az éterhipotézist, helyes értelmezését az → EINSTEIN-féle speciális relativitáselmélet adta meg (Albert EINSTEIN, 1905).



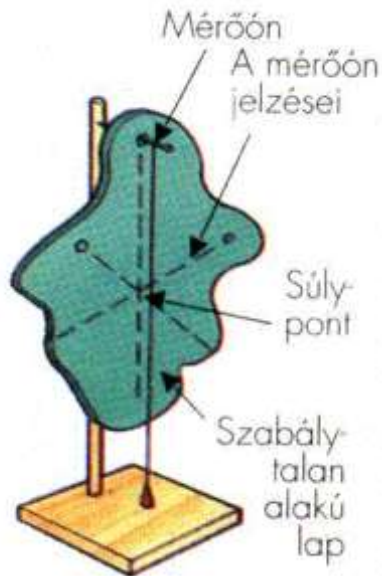
**FIZEAU, Armand Hippolyte Louis**  
(1819. szept. 23, Párizs - 1896. szept. 18, Nanteuil-le-Haudouin).

1849-ben ő mérte meg először nem csillagászati módszerrel - viszonylag nagy pontossággal - a fény terjedési sebességét. FIZEAU 1851-ben kísérletsorozattal igyekezett bizonyítani a fény-

hordozó, hipotetikus éter létezését. Eredményei nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy az éterelméletet a 20. század elején elvetették.

**fizikai egyenlet** (fiz, műsz) egy  $\rightarrow$  rendszerelem  $\rightarrow$  A-típusú változó ja és  $\rightarrow$  K-típusú változó ja közti kapcsolatot leíró algebrai v. differenciálegyenlet. Ez utóbbi integrálja is lehet  $\sim$ .

**fizikai inga** (fiz) a  $g \rightarrow$  gravitációs mező ben a felfüggesztési pontja körül  $\rightarrow$  forgómozgás ra képes, kiterjedt, de kis  $\rightarrow$  közegellenállású  $\rightarrow$  merev test, amelyet  $m \rightarrow$  tömege, a felfüggesztési pontra számított  $\Theta \rightarrow$  tehetetlenségi nyomaték és az  $l_s \rightarrow$  súlypont-távolság segítségével kiszámítható  $T$  lengésidő, v. az  $n \rightarrow$  lengésszám jellemez. A  $\sim$  súlypontjának meghatározása:



A lengésidő képlete:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta}{mgl_s}} \text{ [s]}$$

A percenkénti lengésszám képlete:

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{mgl_s}{\Theta}} \left[ \frac{1}{\text{min}} \right]$$

A szöggyorsulás képlete:

$$\varepsilon = \frac{mgl_s \sin \theta}{\Theta} \left[ \frac{\text{radian}}{\text{s}^2} \right],$$

ahol  $\theta$  a kitérés szöge.

Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 8.

A  $\sim$  lengését az teszi lehetővé, hogy a  $\sim$  mozgó tömegében tárolt  $\rightarrow$  mozgási energia képes átalakulni a súlypont függőleges magasságával arányos  $\rightarrow$  helyzeti energiává és fordítva.

A játszótéri hinta jó közelítéssel  $\sim$ -nak tekinthető, csak az a különbség, hogy a tehetetlenségi nyomaték célszerű változtatásával hajtani is lehet, sőt kell is, mert a közegellenállás és a  $\rightarrow$  csapsúrlódás számottevő energiavesztését pótolni kell.

Miközben a hinta mozog, energiája folyamatosan átalakul a lengő mozgás legmagasabb pontja, a holtpont potenciális energiájából, a legsó pont mozgási energiájává.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 7.

A  $\sim$  redukált hosszával ( $l_r$ ) készített  $\rightarrow$ [fonálinga](#) lengésideje megegyezik az eredeti  $\sim$ ével. A redukált hossz:

$$l_r = \frac{\Theta}{ml_S}$$

A redukálással egy a  $\sim$ -nál egyszerűbb szerkezetet kapunk, amelynek megfeleltethető egy idealizált fizikai rendszer, a  $\rightarrow$ [matematikai inga](#).

A  $\sim$  régi gyakorlati alkalmazásának tekinthetők a harangok, de ezek leírása a harang nyelvének kulcsfontosságú mozgására tekintettel csak az ún.  $\rightarrow$ [kettős inga](#) egyenleteivel lehetséges.

**fizikai mennyiség** (fiz) A fizikai jelenségeknek tulajdonságai és mutatói vannak, azaz minőségileg és mennyiségileg is jellemezhetők, ill. leírhatók. A valóságos  $\rightarrow$ [rendszer](#)ekben végbemennő jelenségeket mennyiségileg jól definiált  $\sim$ -ekkel írjuk le. A  $\sim$ -eket a folyamatban játszott minőségi szerepük alapján az  $\rightarrow$ [intenzív mennyiségek](#) vagy az  $\rightarrow$ [extenzív mennyiségek](#) közé soroljuk. A  $\sim$  meghatározása során – Rudolf CARNAP (1891. máj. 18. – 1970. szept. 14.) német származású amerikai filozófus, a Bécsi Kör alapító tagja, a kijelentés-logika és a tudomány nyelvének világhírű kutatója szerint – az alábbi mozzanatokon kell végighaladnunk:

- (1) Az [egyenlőség feltételének](#) megállapítása az első tapasztalati megfigyelés, amely számadat nélkül is értékes ismeretet nyújt. Pl. két rendszer meghatározott feltételek mellett egyformán viselkedik, vagy bizonyos ráhatás ellenére egyes paraméterek egyaránt változatlanok stb.
- (2) A [kisebb-nagyobb](#) vonatkozás mozzanata a következő lépés. Ekkor már meg kell adnunk a pozitív és negatív irányt, de még mindig számadat nélkül elvégezhető az értékelés.
- (3) A  $\rightarrow$ [mértékegység](#) megadása vagy megválasztása rendszerint önkényes lépés. Egyes esetekben léteznek jól meghatározható természetes egységek (pl.  $\rightarrow$ [fénysebesség](#)), amelyeket célszerűen lehet használni. (Vö.:  $\rightarrow$ [méter](#)  $\rightarrow$ [alapegység](#) meghatározása a fény  $\rightarrow$ [terjedési sebessége](#) alapján.)
- (4) A [nullapont](#) rögzítése szintén önkényes, de itt is lehetnek olyan természeti adottságok, amelyek alapján célszerűen választhatók a skála kezdőpontjául (pl. a  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#) abszolút nullapontja).
- (5) A [skálatörvény](#) meghatározásának alapja az, hogy amennyiben egy  $x$  változóval jellemzett  $\sim$  egy adott fizikai tulajdonság skálája, akkor  $f(x)$  szintén skálaként használható, ha kielégíti az alábbi feltételeket:

$$f(x_1) = f(x_2), \text{ ha } x_1 = x_2$$

$$f(x_1) < f(x_2), \text{ ha } x_1 < x_2 \text{ és}$$

$$f(0) = 0, \text{ valamint } f(1) = 1.$$

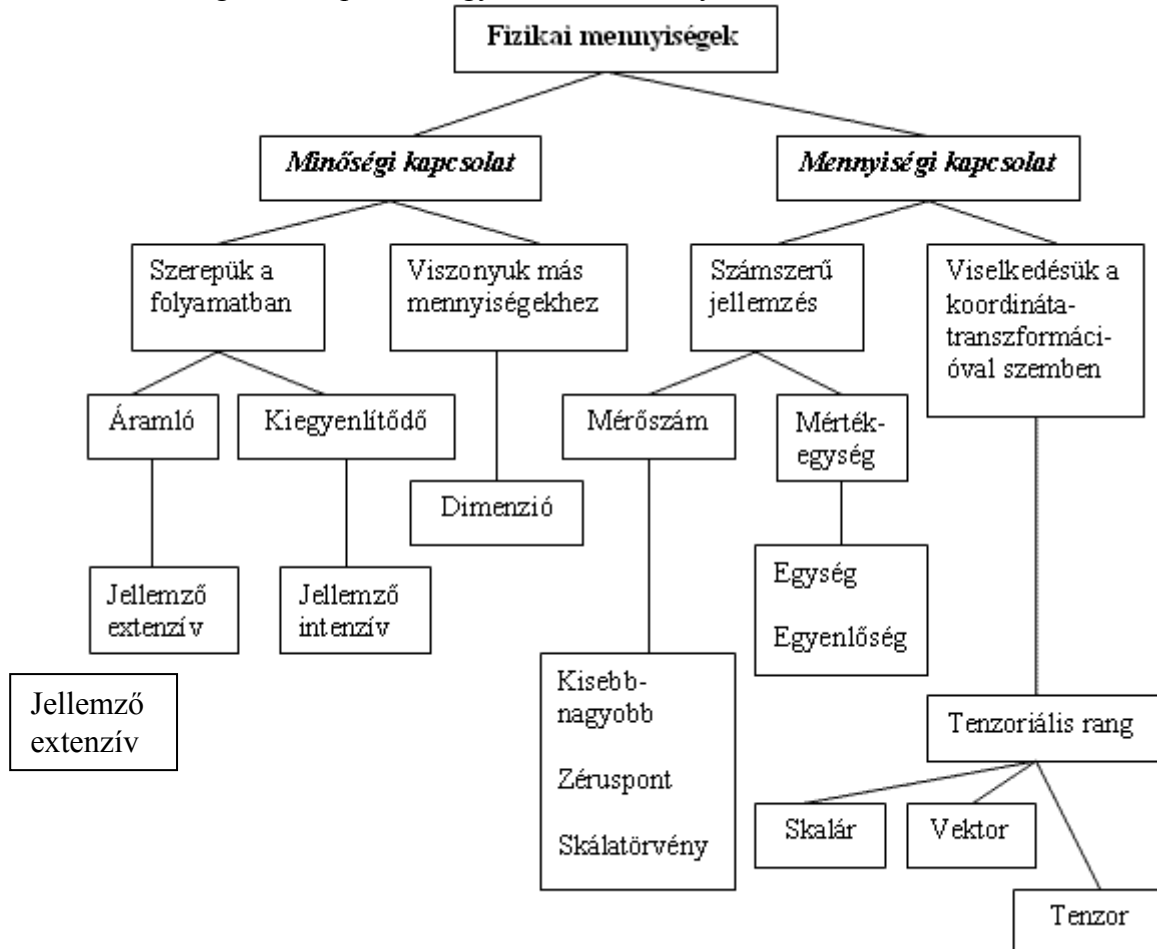
Végtelen sok olyan függvény van, amely a fenti feltételeket kielégíti. Lehetséges azonban, hogy a természeti törvény ezek közül valamelyiket kitünteti, és általában ennek a használata egyszerűbb.

- (6) A skálatörvénynek a  $\rightarrow$ [vonatkoztatási rendszertől való függése](#), pontosabban ennek vizsgálata zárja a  $\sim$  meghatározásának folyamatát. Úgy kell meghatározni mind a skálatörvényt, mind az egységet, hogy azok különféle transzformációkra nézve (térbeli eltolás, elforgatás, időbeli eltolás) invariánsak legyenek.

Egy  $\sim$  egységének meghatározása és a természeti törvényeket leíró egyenletek között szoros kapcsolat van. A  $\sim$ -ek egységei ugyanis csak akkor választhatók meg egymástól függetlenül, ha a köztük fennálló összefüggés formáját nem befolyásolják. (Az  $\rightarrow$ [SI mértékegységrendszer](#), amely hazánkban is előírt, a fenti követelményeknek eleget tesz.



A ~ről azt is meg kell állapítani, hogy az alábbi osztályozás szerint hová kell besorolni.



Forrás: SZÜCS Ervin: *Dialogusok a műszaki tudományokról*, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1971. p. 218. pp.186.

**fizikai nyúlás** (fiz) valódi v. logaritmikus nyúlás (jele:  $\lambda$ ) alapja az elemi  $\rightarrow$  deformáció és a deformált hossz hányadosa. Ha a kiindulási hossz  $l_0$ , a megnyúlt pedig  $l_1$ , akkor a ~:

$$\lambda = \int_{l_0}^{l_1} \frac{dx}{x} = \ln \frac{l_1}{l_0} = \ln(1 + \varepsilon),$$

ahol  $\varepsilon$  a  $\rightarrow$  mérnöki nyúlás

A  $\sim$ t  $\rightarrow$  szakítódiagram felvételénél a próbatest elvékonyodó részének keresztmetszeti felületével, v. átmérőméréssel szokták meghatározni, mert  $\rightarrow$  képlékeny alakváltozásnál indokoltan feltételezhető a  $\rightarrow$  térfogat-állandóság:

$$\lambda = \ln \frac{A_0}{A_1} = 2 \ln \frac{d_0}{d_1}$$

**flogiszton**  $\rightarrow$  flogiszton-elmélet

**flogiszton-elmélet** Georg Ernst STAHL (1660-1734) és Johann Joachim BECHER (1632-1682) eszméiből állították fel a ~et, amely a XVII. sz. közepétől a XVIII. sz. utolsó negyedéig általánosan elfogadott égés-elmélet volt. Alapgondolata, hogy minden éghető testben egy közös alkotó rész van: ez a  $\rightarrow$  flogiszton, amely egy hipotetikus anyag. Az égés lényege a ~ szerint a flogisztonnak az égő testből való eltávozása. Minél hevesebben képes egy test égni, annál több flogiszton tartalmaz. A flogiszton „negatív súlyú” anyagnak tartották, amelyre a nehézségi erő taszítólag hat. Ebből következik, hogy ha egy testből a flogiszton eltávozik, annak súlya

gyarapodik. A XVIII. sz. végén megindított mennyiségi vizsgálatok a ~ tarthatatlanságát bizonyították (LAVOISIER, 1784).

Megjegyzés: Antoine LAVOISIER (1743. aug. 26, Párizs - 1794. máj. 8, Párizs), francia vegyész.

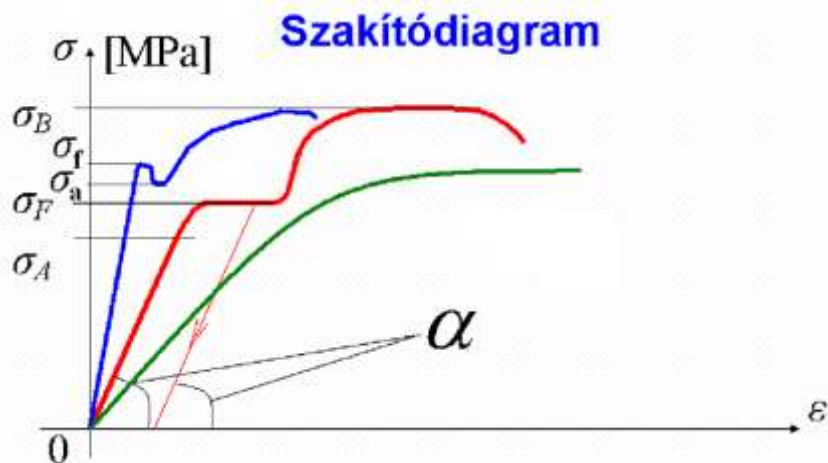
**fluktuáció** (fiz) ingadozási jelenség; a makroszkopikus rendszer véletlenszerű eltérései (ingadozásai) a statisztikus fizikai módszerekkel kapott átlagos értékektől.

**fluoreszcencia** (fiz) A *lumineszcencia* egyik típusa. A ~-val jellemzett anyag a rá jellemző → hullámhosszúságú fényt a lumineszcens gerjesztés megszűnésével tovább már nem bocsátja ki. A ~t mutató anyagok közül a ZnS az egyik legfontosabb. Valamilyen gerjesztés (fény, ionizáló sugárzás, elektromos tér, kémiai reakció, mechanikai behatás stb.) hatására a lumineszcens anyag külső elektronpályái között történik átmenet: gerjesztés hatására → elektronok lépnek nagyobb energiájú pályára, majd a gerjesztés megszűnte után azonnal visszaugranak valamilyen kisebb energiájúra. A két energiaszint közötti különbség elektromágneses sugárzás (l. → színkép) formájában emittálódik ( $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$ ). ~ esetében az elektron az emisszió során ugyanabból a magasabb energiaállapotból „esik vissza”, amelybe a gerjesztés révén került. A gerjesztett állapot élettartama itt néhány ns, az emittált fény energiája megközelítheti az elnyelt mennyiségét; a csekély különbség → hővé, molekuláris rezgésekké, forgásá stb. alakul.

Megjegyzés: A cinkszulfid fluoreszcenciáját először 1866-ban Théodore SIDOT francia kémikus fedezte fel. Az atomfizika korai éveiben szcintillációs detektor anyagának használták.

**fojtás** (műsz) olyan → állapotváltozás, amikor az → entalpia változatlan. Ilyenkor az → entrópia növekszik, a munkaközegből kinyerhető mechanikai → munka pedig csökken.

**folyáshatár** (fiz, műsz) a nagymértékű maradó → alakváltozás kezdete, amely egyes fémeknél a → szakítódiaagramban mint töréspont jelentkezik. Előfordulhat az is, hogy a folyás jelenségének kezdete után az → erő, ill. a → feszültség csökken, és a szakítódiaagramban két ~-t, az ún. alsó és felső ~ lehet megkülönböztetni (az ábrán ez a kékszínű). Előfordul olyan eset is, amikor egyáltalán nincs ~ (ez a zöld színű).



**folytonosság tétele** (fiz) → az anyagmegmaradás elvének sajátos érvényesülése az → áramlástanban. A ~ szerint összenyomhatatlan közeg → stacionárius áramlása → sebességének divergenciája zérus:  $\text{div} \mathbf{v} = 0$ . Gyakorlati szempontból ez azt fejezi ki, hogy az → áramcső minden keresztmetszetében ugyanakkora a → térfogatáram, azaz  $A v_k = \text{const}$ , ahol  $v_k$  az ún. → középsébség keresztmetszetre merőleges komponense az  $A$  felületű keresztmetszetben.

Ha a közeg összenyomható, de nincs tömegforrás és → diffúzió, akkor:  $\text{div}(\rho \mathbf{v}) = 0$ , tehát ilyenkor a → tömegáram állandó. A ~nek deduktív bizonyítása az → elosztott paraméterű fizikai

rendszer → mérlegegyenletének integrálalakján alapul, amelyben az idő mellett a → helyvektor is független változó:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho_i dV = \int_V q_i dV - \oint_F \mathbf{j}_i d\mathbf{F}$$

ahol  $\rho_i = \rho_i(\mathbf{r}, t)$  az  $i$ -edik skalár → extenzív mennyiség → térfogati sűrűsége,

$q_i = q_i(\mathbf{r}, t)$  a forrassűrűsége és

$\mathbf{j}_i = \mathbf{j}_i(\mathbf{r}, t)$  a konduktív áramsűrűség vektora, amely az → intenzív mennyiségek ( $y_k$ -k) inhomogenitásától függ:

$$\mathbf{j}_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} \mathbf{grad} y_k$$

Általában (egy folyékony felület esetén):

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho dV = \int_V \left( \frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} \right) dV, \text{ ahol } \frac{d\rho}{dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \mathbf{grad} \rho,$$

$$\text{tehát } \frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \mathbf{grad} \rho + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{v})$$

Megjegyzés: a  $\rho \mathbf{v}$  szorzat konduktív áramsűrűségnek tekinthető.

Behelyettesítve a mérlegegyenletbe és alkalmazva a → GAUSS–OSZTOGRADSKIJ integrál-átalakítási tételt:

$$\begin{aligned} \int_V \left[ \frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \mathbf{v}) \right] dV &= \int_V q_i dV - \oint_F \left( \sum_{k=1}^n L_{ik} \mathbf{grad} y_k \right) d\mathbf{F} = \\ &= \int_V q_i dV - \int_V \operatorname{div} \left( \sum_{k=1}^n L_{ik} \mathbf{grad} y_k \right) dV, \text{ ha } L_{ik} = \text{const.}, \text{ akkor} \end{aligned}$$

$L_{ik}$  vezetési tényező<sup>1</sup> kiemelhető a div operátor elé. Az extenzívek mérlege tetszőleges térfogatra igaz, tehát az integrálandóra kell teljesülnie az alábbi parciális differenciálegyenletnek.

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \mathbf{v}) + \sum_{k=1}^n L_{ik} \operatorname{div} \mathbf{grad} y_k = q_i$$

Pl. a fizikai rendszer egyik fázisa → tömegére érvényes differenciális mérlegegyenlet, amely figyelembe veszi az áramlást, a diffúziót és a kémiai reakció során keletkező tömeget is (ezt adja meg a  $q_m$  forrassűrűség). Most a  $\rho = \rho(\mathbf{r}, t)$  a tömeg → sűrűségét jelöli:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{v}) + \sum_{k=1}^n L_k \operatorname{div} \mathbf{grad} y_k = q_m$$

Megjegyzés: ha az egyik intenzív változó a tömegkoncentrációval arányos kémiai potenciál, a másik pedig a hőmérséklet, akkor a fenti parciális differenciálegyenlet a termodiffúziót is leírja.

Ha nincs tömegforrás és diffúzió (ez korlátozza a ~nek az → érvényességi körét), akkor

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{v}) = 0.$$

Pl. egy gyárkéményben a füstgáz sűrűsége egy adott helyen időben is változik, ha befűtik a kazánt, vagy amikor kikapcsolják a fűtést. Ha a kazán állandó → hőmérsékleten, folyamatosan üzemel, akkor a sűrűség csak a helytől függően változik, tehát a fenti egyenlet első tagja zérussá válik. Tehát stacionárius áramlásnál a parciális differenciálegyenlet:  $\operatorname{div}(\rho \mathbf{v}) = 0$ .

Ha a sűrűség térbeli eloszlása is állandó, mert a közeg összenyomhatatlan, akkor a  $\rho$  kiemelhető a divergencia elé, és így  $\operatorname{div} \mathbf{v} = 0$  is érvényes.

<sup>1</sup> Azt mutatja meg, hogy a  $k$ -adik intenzív mennyiség egységnyi különbsége az  $i$ -edik extenzív mekkora intenzitású áramát váltja ki.

**folytonos színekép (spektrum)** (fiz) Olyan színekép, amelyben széles  $\rightarrow$  [hullámhossz](#)-tartományon belül az összes hullámhossz előfordul.

**fonálinga** (fiz) a  $g \rightarrow$  [gravitációs mező](#)ben elhanyagolható tömegű, de nagyon szilárd, vagyis kis *nyúlású*,  $l$  hosszúságú fonálra függesztett, elhanyagolható  $\rightarrow$  [közegellenállású](#)  $m \rightarrow$  [tömeg](#) alkotja a  $\sim t$ . A függőleges síkban  $\rightarrow$  [körmozgást](#) végző ingatest mozgásegyenlete, amelynek megoldása a  $\theta$  kitérés szög időfüggvénye:

$$l\ddot{\theta} + g \sin \theta = 0,$$

mert a *kerületi gyorsulás*:  $a_t = g \sin \theta$

Ha  $\theta_0$  a maximális kitérés szöge, akkor a  $\rightarrow$  [mechanikai energia](#) egyenlő a  $\rightarrow$  [helyzeti energia](#)val:

$$E_{\text{ö}} = mgl(1 - \cos \theta_0).$$

Egy közbülső helyzetben a helyzeti energia:  $E_p = mgl(1 - \cos \theta)$ , és a  $\rightarrow$  [mozgási energia](#):

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = E_{\text{ö}} - E_p = mgl(1 - \cos \theta_0) - mgl(1 - \cos \theta) = mgl(\cos \theta - \cos \theta_0)$$

A  $\rightarrow$  [centripetális gyorsulás](#):  $a_{\text{cp}} = \frac{v^2}{l} = 2g(\cos \theta - \cos \theta_0)$

A  $\rightarrow$  [kerületi sebesség](#):  $v = \sqrt{2gl(\cos \theta - \cos \theta_0)}$

A kötél erő abszolút értéke:  $F_k = mg \cos \theta + ma_{\text{cp}} = mg(3 \cos \theta - 2 \cos \theta_0)$

Kis kitérések ( $\theta \leq 6^\circ$ ) esetén a szinuszfüggvény jól közelíthető TAYLOR-sorának első tagjával, azaz  $\sin \theta \approx \theta$ . Ezzel a mozgásegyenlet közönséges másodrendű, lineáris, állandó együtthatós, homogén differenciálegyenletté válik, és a megoldása a  $\rightarrow$  [matematikai inga](#) kitérése szögének időfüggvénye:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0, \text{ illetve } \ddot{\theta} + \alpha^2 \theta = 0,$$

ahol  $\alpha = \sqrt{\frac{g}{l}}$  az  $\rightarrow$  [ingamozgás](#)  $\rightarrow$  [körfrekvenciája](#).

A mozgásegyenlet megoldása  $\theta_0$  kezdeti kitérés esetén:  $\theta = \theta_0 \cos \alpha t$ .

Ekkor a  $\rightarrow$  [periódusidő](#) v. lengésidő képlete:

$$T = \frac{2\pi}{\alpha} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ [s]}.$$

$T$ -n kívül a percnkénti  $n \rightarrow$  [lengésszám](#) is jellemező az ingamozgásra:

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \left[ \frac{1}{\text{min}} \right]$$

A  $\sim$  régi gyakorlati alkalmazásának tekinthető az ingaóra, jóllehet fonál helyett merev rúdja van. Az első pontos ingaórát Christian HUYGENS (1629. ápr. 14. – 1695. júl. 8.) holland fizikus, matematikus, csillagász 1656-ban mutatta be; a modern ingaórák évente néhány másodpercen belüli hibával mutatják az időt.  $\sim$ -nak tekinthető a <http://hu.wikipedia.org/wiki/Foucault-inga> is.

**fordulatszám** (fiz, műsz)(jele:  $n$ , mértékegység: 1/s) Időegység alatt megtett fordulatok száma. (pl.:  $\rightarrow$  [körmozgás](#) esetén időegység alatt hányszor járta be a test a teljes körpályát). A  $\rightarrow$  [periódusidő](#)vel reciprok függésben van:

$$n = \frac{1}{T}, \text{ ahol } n \text{ a } \sim\text{-ot, } T \text{ a periódusidőt jelöli.}$$

**forgatónyomaték** (fiz) (jele:  $M$ , mértékegysége:  $1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$ ) az  $\rightarrow$ erő forgató hatása, az erő és a hozzá tartozó  $\rightarrow$ erőkar szorzata:  $M = Fd$ , amely előjeles  $\rightarrow$ fizikai mennyiség. A síkbeli  $\sim$  akkor pozitív, ha az óramutató járásával ellentétesen forog. Az alábbi ábrán a  $\sim$  – ennek megfelelően – valójában  $M = -20 \text{ Nm}$ .



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 8.

**forgatónyomaték vektor** (fiz) (jele:  $\mathbf{M}$ , mértékegysége:  $1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$ ) A térbeli  $\rightarrow$ erőrendszerek forgatóhatását vektormennyiség jellemzi, amelyet a tér bármely P pontjára ki lehet számítani egy olyan  $\mathbf{r}_i$   $\rightarrow$ helyzetvektortal képzett vektori szorzással, amelynek kezdőpontja P, végpontja pedig az erőrendszer  $i$ -k erőösszetevőjének támadáspontja. Az erőrendszer  $i$ -k komponensének  $\sim$ a:

$$\mathbf{M}_i = \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i$$

Ha az erőrendszert  $n$   $\rightarrow$ erő alkotja, akkor az erőrendszer  $\rightarrow$ nyomatékvektora:

$$\mathbf{M} = \sum_{i=1}^n \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i$$

vagyis itt is érvényes a  $\rightarrow$ szuperpozíció tétele.

### forgásszög

(1). (mat) az a síkszög, amelyet egy félegyenes egy síkban kezdőpontja körül elforgatva leír. A félegyenes kiindulási helyzete a  $\sim$  végzsára. Egy  $\sim$  megadásához a forgás irányának megjelölésére is szükség van; megállapodásszerűen a forgásirány pozitív, ha a síkra egyik oldaláról nézve az elforgatás iránya az óramutató járásával ellentétes, különben negatív. Ennek megfelelően  $\sim$  mértéke előjeles szám, és egyenlő a forgás közben súrolt szögtartományok mértékének összegével.

(2). (fiz) (jele:  $\varphi$ , mértékegysége:  $\text{rad}$  v.  $^\circ$ ) a  $\rightarrow$ forgómozgást végző test bármely pontján átmenő, a forgáspontból, vagy a forgástengely tetszőleges pontjából kiinduló félegyenesnek, v. a forgástengelyre merőleges síkra vonatkozó vetületének  $\rightarrow$ elfordulási szöge, megőrizve a matematikai fogalom tulajdonságait.

**forgó koordinátarendszer** (fiz) egy  $\rightarrow$ inerciarendszerhez képest  $\rightarrow$ forgómozgást végző valóságos v. elképzelt objektumhoz rögzített  $\rightarrow$ koordinátarendszer. A  $\sim$  az inerciarendszerhez képest gyorsul, ezért nem tekinthető inerciarendszernek; ennek megfelelően a  $\sim$ -ben a  $\rightarrow$ térfogati erők kategóriájába tartozó  $\rightarrow$ téhetetlenségi erők lépnek fel.

**forgómozgás**, forgás, rotáció <lat.> (fiz) valamely test (pl. → [merekv test](#)) olyan mozgása, amelynek során egy egyenes (a forgástengely) mozdulatlan marad, de e tengelyen kívüli pontjai a tengelyre merőleges síkokban → [körmozgást](#) végeznek.  $A \sim$  → [kinematikai](#) jellemzője a → [szögsebesség-vektor](#).

**foronómia** <gör.> (fiz) mozgástan; a különféle mozgások leírásával foglalkozó tudományág.

**foronómiai görbék** (fiz) a mozgásegyenletek grafikonjai. Általában az út-idő, sebesség-idő és gyorsulás-idő grafikonokat helyezik egymás alá. Példaként egy repülőgép-hordozóról gőzkatapult segítségével indított vadászbombázó  $a=50-0,002v^2$  mozgásegyenletét oldjuk meg → [számítógépes szimulációval](#), majd grafikusan is ábrázoltatjuk a  $\sim$ -et. A makroutasítások láthatók az első táblázatban:

```

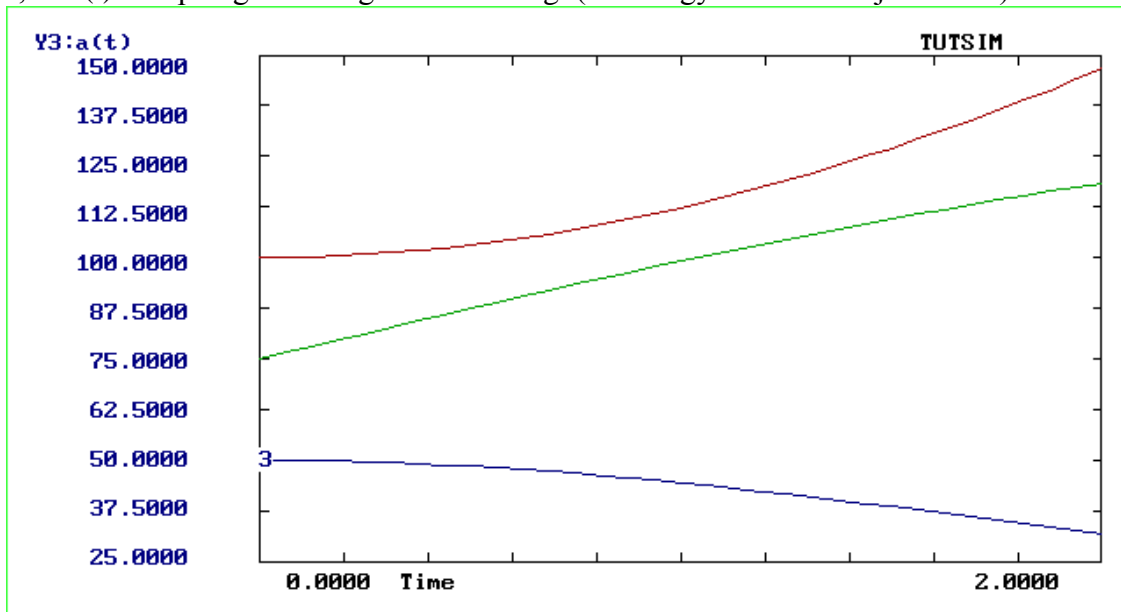
TUTSIM
Auto
Timing: 0.0625000 ,DELTA ; 2.0000 ,RANGE
PlotBlocks and Scales:
Format:
BlockNo, Plot-MINimum, Plot-MAXimum; Comment
Horz: 0 , 0.0000 , 2.0000 ; Time
Y1: 1 , -150.0000 , 100.0000 ; s(t)
Y2: 2 , -100.0000 , 150.0000 ; v(t)
Y3: 3 , 25.0000 , 150.0000 ; a(t)
Y4: , , ;

This PERSONAL TUTSIM is not licensed for commercial use by corporations.
Use "EE" command for other license restrictions, including classroom use.

MODEL:
0.0000 1 INT 2 ;s(t)
0.0000 2 INT 3 ;v(t)
50.0000 3 SUM 4 -5 ;a(t)
0.0024000 4 CON 6 ;50
5 GAI 6 ;0.0024v^2
6 MUL 2 2 ;v^2

COMMAND : Anyahajo'
    
```

Ebből látszik, hogy a → [gyorsulás](#) időszerinti integrálásával állítjuk elő a → [sebességet](#), és a sebesség integrálásával az út időfüggvényét. Az alábbi ábrán a  $\sim$  grafikonja látható;  $v(t)$ -nek a zöld, az  $s(t)$ -nek pedig a barna görbe felel meg. (Csak a gyorsulás skálája látszik.)



A számszerű értékek táblázata:

$t$ [s]	$s$ [m]	$v$ [m/s]	$a$ [m/s <sup>2</sup> ]
---------	---------	-----------	-------------------------

0.0000	0.0000	0.0000	50.0000
0.1875	0.781044	9.3647	49.7895
0.3750	3.4103	18.6516	49.1651
0.5625	7.7681	27.7840	48.1473
0.8125	16.2039	39.5983	46.2368
1.0000	24.4343	48.1066	44.4458
1.1875	34.2274	56.2543	42.4051
1.3750	45.5113	63.9999	40.1696
1.5625	58.2076	71.3119	37.7951
1.8125	77.1881	80.3520	34.5045
2.0000	92.8500	86.5874	32.0063

A repülőgép 2 s alatt  $3,6 \cdot 86,5874 = 311,71464 \approx 312$  km/h sebességre gyorsult. (Autóversenye-  
ket kedvelőknek összehasonlításként érdekes, hogy 0,56 s alatt érte el a 100 km/h sebességet.)

**forrásérősség** (fiz) Az elektromos tér forrásos, létrehozója, forrása a töltés(ek). ~et csak zárt térrészre értelmezhetünk, azaz összefüggő felülettel ( $A$ ) határolt egybefüggő ( $V$ )  $\rightarrow$  térfogatú térrészre. Megkülönböztetjük az  $\rightarrow$  elektromos térerősség ~ét ( $\Phi_E^o$ ) és az elektromos indukció ~ét ( $\Phi_D^o$ ). A zárt felületet a fluxus jele fölé tett körrel jelezzük. Egy  $V$  térfogat elektromos indukciójának ~én a térrészt határoló zárt  $A$  felület elektromos indukciójának fluxusát értjük.

$$\Phi_D^o = \oint_A \mathbf{D} d\mathbf{A}$$

Egy  $V$  térfogat elektromos térerősségének ~én a térrészt határoló zárt  $A$  felület elektromos térerősségének fluxusát értjük.

$$\Phi_E^o = \oint_A \mathbf{E} d\mathbf{A}$$

Az elektromos indukció definíciójából következik, hogy

$$\Phi_D^o = \oint_A \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E} d\mathbf{A}$$

homológ környezet esetén:

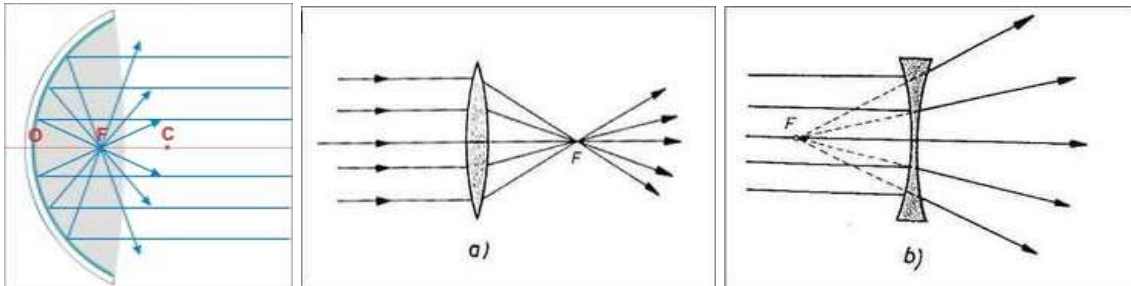
$$\Phi_D^o = \epsilon_r \epsilon_0 \oint_A \mathbf{E} d\mathbf{A} = \epsilon_r \epsilon_0 \Phi_E^o$$

Utóbbi időben az elektromos ~en az elektromos tér ~ét értjük.

**foszforeszcencia** (fiz) A *lumineszcencia* egyik típusa. A ~val jellemzett anyag a rá jellemző  $\rightarrow$  hullámhosszúságú fényt a lumineszcencia gerjesztés megszűnése után is kibocsátja. Valamilyen gerjesztés (fény, ionizáló sugárzás, elektromos tér, kémiai reakció, mechanikai behatás stb.) hatására a lumineszcencia anyag külső elektronpályái között történik átmenet. Gerjesztés hatására  $\rightarrow$  elektronok lépnek nagyobb energiájú pályára, majd a gerjesztés megszűnte után visszalépnek valamilyen kisebb energiájúra. A két energiaszint közötti különbség elektromágneses sugárzás (l.  $\rightarrow$  szinkép) formájában emittálódik. ~ esetében a gerjesztett elektron először egy közbülső, ún. metastabil energiaszintre lép csak vissza (ezt az átalakulást nem kíséri fotonemisszió). Ezt a metastabil állapotot szokták még triplétt állapotnak is hívni; ilyenkor az elektron spinállapota ellentétes a megelőző, gerjesztett szint spinállapotához képest. A metastabil állapotból az eredeti, nyugalmi szintre történő visszalépéshez (vagyis a fényemisszióhoz) az eredeti spinállapot visszanyerésére van szükség, amely egészen hosszú, akár több óra nagyságrendű ideig is eltarthat. Az emittált sugárzás energiája (adott esetben: színe) itt jelentősen kisebb (a vörös felé eltolt); ezt az energiaszintek közti különbségek okozzák.

**foton** (fiz) a kvantált elektromágneses mező gerjesztésének elemi egysége, kvantuma. Az *elektromágneses kölcsönhatás* közvetítő részecskéje, ún.  $\rightarrow$ [mértékbozon](#); nyugalmi tömege zérus, sebességének abszolút értéke vákuumban, minden vonatkoztatási rendszerben állandó ( $c = 299\,792\,458\text{ ms}^{-1}$ ). Energiája  $E = cp = hv$ , impulzusa  $p = h/\lambda$ , ahol  $h$  a  $\rightarrow$ [PLANCK-állandó](#). A  $\sim$  antirészecskéje, önmaga.

**fókuszpont (gyújtópont)** (fiz) Leképező optikai rendszer ( $\rightarrow$ [lencse](#),  $\rightarrow$ [gömbtükör](#) stb.) azon jellemző pontja, amelyből kiinduló fénysugarak az optikai rendszeren áthaladva (ill. arról visszaverődve) párhuzamos nyalábot alkotnak, ill. amelyben a párhuzamosan beérkező sugarak találkoznak.



**fókuszszík** (fiz) A fókuszpontot (gyújtópontot) magában foglaló sík, amelyben az optikai tengely irányától eltérő irányú, párhuzamos fénysugarak egyesülnek.

**fókusz távolság** (fiz) A gyújtópont és a fősík (lencsék esetén) v. az optikai képpont (tükrök esetén) egymástól való, előjeles távolsága. A gyűjtőlencsék  $\sim$  a pozitív, a szórólencséké negatív.

**főkvantumszám** (fiz) az atomban lévő elektronra jellemző négy *kvantumszám* egyike. Az elektronnak az atommagtól mért átlagos távolságára (energiájára) jellemző érték. Jele:  $n$ . Értéke: 1, 2, 3, ...

**FRAUNHOFER-féle fényelhajlás** (fiz) A fényelhajlásnak két szélső esetét szokás megkülönböztetni, ezek a  $\sim$  és a  $\rightarrow$ [FRESNEL-féle fényelhajlás](#). Az első esetben az akadályhoz vagy réshez érkező és az onnan távozó, elhajlást szenvedett hullám gyakorlatilag síkhullám. A fényelhajlásnak ezt az esetét  $\sim$ nak v. FRAUNHOFER-diffrakciónak nevezik. Közelítőleg ilyennek tekinthető a fényelhajlás, ha a hullám nagyon távoli fényforrásból érkezik a réshez v. akadályhoz, és a megfigyelési pont is nagyon távol van tőle.

**frekvencia** (fiz) (jele:  $f$ , mértékegysége: 1 hertz v.  $1\text{ Hz}=1\text{ s}^{-1}$ ) A  $\sim$  a  $T \rightarrow$ [periódusidő](#) reciproka.

$$f = \frac{1}{T}$$

A  $\sim$  ( $f$ ) mérésekor megszámloljuk, hogy egy adott időtartam alatt hány alkalommal ismétlődik meg az esemény, majd elosztjuk az illető időtartam hosszával. Rezgések esetében az egy másodperc alatt bekövetkező teljes rezgések számát értjük. A vákuumon keresztül haladó elektromágneses hullámok esetében a  $\sim$  az alábbi kifejezés adja meg:

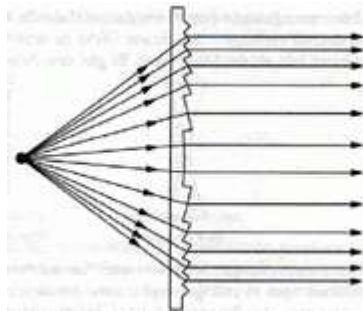
$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \text{ahol } c \text{ a fénysebesség vákuumban, } \lambda \text{ a hullámhossz.}$$

Megjegyzés: A  $\sim$  SI mértékegysége a hertz, Heinrich Rudolf HERTZ (1857. febr. 22, Hamburg – 1894. jan. 1, Bonn) német fizikus neve után.

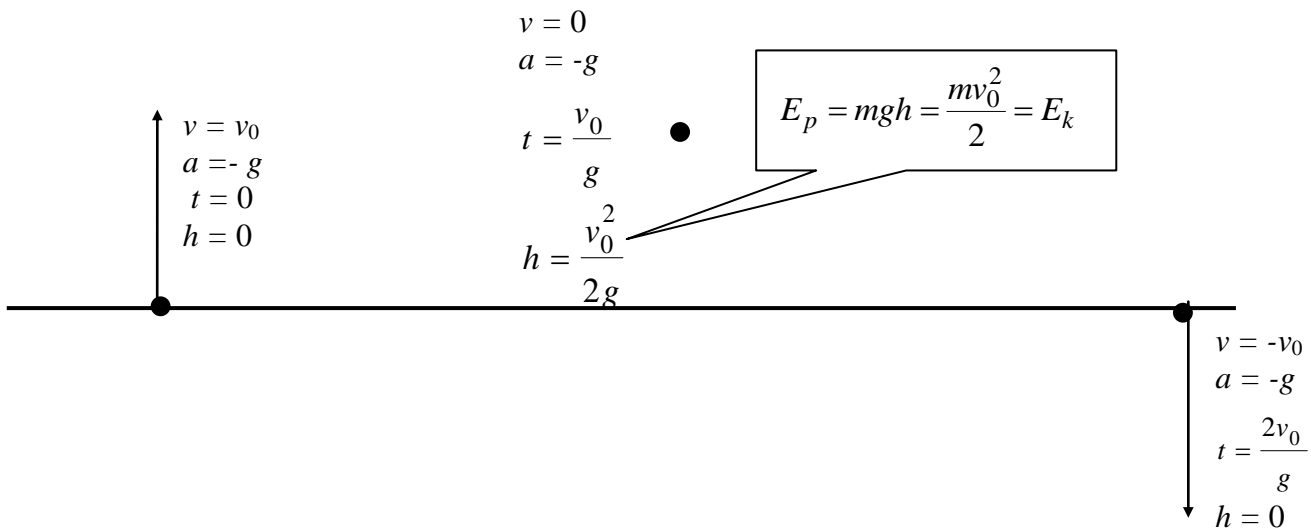


**FRESNEL-féle fényelhajlás** (fiz) A ~ esetében, v. a fényforrás vagy a megfigyelési hely olyan közel van a réshez v. akadályhoz, hogy a beérkező v. a megfigyelő irányába távozó fénycsugár nem tekinthető síkhullámnak. Az ilyen fényelhajlást ~nak v. FRESNEL-diffrakciónak nevezik (Augustin-Jean FRESNEL [1788. máj. 10, Broglie — 1827. júl. 14, Ville-d'Avray], francia fizikus).

**FRESNEL-lencse** (fiz) A ~ egy speciális kialakítású gyűjtőlencse. Jellemzője, hogy a koncentrikusan elhelyezkedő lencsemetszetek →gyűjtőtávolságai az →optikai lencse fénytani képességében azonos távolságra vannak. Tömege és vastagsága a vele egyenértékű (azonos gyűjtőtávolságú és átmérőjű) gyűjtőlencsénél lényegesen kisebb lehet. Augustin Jean FRESNEL francia fizikus eredetileg világítótornyok számára fejlesztette ki.



**függőleges hajítás** (fiz) a →hajítások közül a legegyszerűbb, mert ilyenkor az elhajított tárgy →sebességvektora mindig illeszkedik a →gravitációs gyorsulás vektorára, és ezért a tárgy →pályája egyenes marad. A →közegellenállás nélküli eset képletei egyszerűek. Az alábbi ábrán a kezdő, a →tetőponti és a becsapódási helyzet egymás mellé van helyezve:



Ha a közegellenállás számottevő, akkor jóval bonyolultabb számításokra van szükség. Pl.:

**Adatok:** Egy  $r=5$  mm sugarú és  $\rho_g=7,8$  g/cm<sup>3</sup> sűrűségű acélgolyót  $v_0=30$  m/s sebességgel függőlegesen hajítunk. A gömb →ellenállás-tényezője:  $c_e=0,45$ . A levegő →sűrűsége 20 °C hőmérsékleten:  $\rho=1,25$  kg/m<sup>3</sup>, a gravitációs gyorsulás Budapesten:  $g=9,8085$  m/s<sup>2</sup>.

**Kérdések:**

- Mennyi idő alatt éri el a golyó a →tetőpontját?
- Milyen magasra jut?
- Ez hány százaléka a légüres térben elérhető magasságnak?
- Mennyi idő múlva ér vissza a földre a golyó?
- Mekkora lesz a végsebessége, és ez hány százaléka a légüres térben érvényes –  $v_0$ -nak?

f. Mekkora a hajtás során → disszipált energia?

**Kidolgozás:**

a. → NEWTON II. törvénye szerint:  $ma = F_e - mg \frac{\rho_g - \rho}{\rho_g} = F_e - mg^*$ , ahol a közegellenállással és

a levegő → ARKHIMÉDÉSZ törvénye szerinti felhajtóerejével is számoltunk; a golyó tömege

$$m = \rho_g V_g = \rho_g \cdot \frac{4r^3 \pi}{3} = 7,8 \cdot \frac{4 \cdot 0,5^3 \pi}{3} \approx 4[\text{g}] \text{ és}$$

$$g^* = \frac{7800 - 1,25}{7800} \cdot 9,8085 = 9,806928125 \approx 9,807 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$m \frac{dv}{dt} = - \frac{\rho A c_e v |v|}{2} - mg^*$$

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{\rho A c_e v |v|}{2m} - g^*$$

Felfelé haladáskor ez konkrétan:  $\frac{dv}{dt} = - \frac{\rho A c_e v^2}{2m} - g^*$

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{\rho A c_e v^2}{2m} - g^* = - (g^* + K v^2), \text{ ahol } K = \frac{\rho A c_e}{2m} = \frac{1,25 \cdot 0,005^2 \pi 0,45}{2 \cdot 0,004} = 5,525 \cdot 10^{-3} \left[ \frac{1}{\text{m}} \right]$$

Ez egy szétválasztható változójú differenciálegyenlet, ezért integrálással megoldható:

$$\int \frac{dv}{g^* + K v^2} = C - t, \text{ ahol } C \text{ az integrálási állandó. Vezessük be az } u = v \cdot \sqrt{\frac{K}{g^*}} \text{ új változót:}$$

$$t = C - \frac{1}{\sqrt{g^* K}} \int \frac{du}{u^2 + 1} = C - \frac{\text{arctg} \left( v \cdot \sqrt{\frac{K}{g^*}} \right)}{\sqrt{g^* K}}$$

$t=0$ -nál  $v=v_0$ , ezért az integrálási állandó:

$$C = \frac{\text{arctg} \left( v_0 \sqrt{\frac{K}{g^*}} \right)}{\sqrt{g^* K}}.$$

A tetőponton  $v=0$ , tehát a keresett idő:

$$t_t = C = \frac{\text{arctg} \left( v_0 \sqrt{\frac{K}{g^*}} \right)}{\sqrt{g^* K}} = \frac{\text{arctg} \left( 30 \cdot \sqrt{\frac{5,525 \cdot 10^{-3}}{9,807}} \right)}{\sqrt{9,807 \cdot 5,525 \cdot 10^{-3}}} = 2,658275626 \approx 2,658[\text{s}]$$

b. Az arctg függvény inverzével kifejezhető a → sebesség, amelynek időintegrálja megadja a golyó pillanatnyi helyzetét:

$$v = \operatorname{tg} \left[ (C-t) \sqrt{g^* K} \right] \sqrt{\frac{g^*}{K}}$$

$$h(t) = \sqrt{\frac{g^*}{K}} \int_0^t \operatorname{tg} \left[ (C-x) \sqrt{g^* K} \right] dx = \frac{1}{K} \int_0^t \sqrt{g^* K} \operatorname{tg} \left[ (C-x) \sqrt{g^* K} \right] dx =$$

$$= \frac{1}{K} \int_t^0 \sqrt{g^* K} \operatorname{tg} \left[ (x-C) \sqrt{g^* K} \right] dx$$

$$h(t_i) = h(C) = \frac{1}{K} \int_C^0 \sqrt{g^* K} \operatorname{tg} \left[ (x-C) \sqrt{g^* K} \right] dx = \frac{1}{K} \left[ -\ln \left| \cos \left\{ (x-C) \sqrt{g^* K} \right\} \right| \right]_C^0 =$$

$$= \frac{1}{K} \left\{ -\ln \left| \cos \left( -C \sqrt{g^* K} \right) \right| \right\} = \frac{-\ln \left| \cos \left( -2,658275626 \sqrt{9,807 \cdot 5,525 \cdot 10^{-3}} \right) \right|}{5,525 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{0,2050723345}{5,525 \cdot 10^{-3}} = 37,117164614 \approx 37,12 \text{ [m]} = h_t$$

- c. Ha nincs közegellenállás, akkor  $\rightarrow$  [konzervatív rendszer](#)ben mozog a tárgy, ezért érvényes a  $\rightarrow$  [mechanikai energia megmaradásának törvénye](#):

$$mgh_{\text{konz}} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow h_{\text{konz\_tető}} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{900}{2 \cdot 9,8085} = 45,8785747 \approx 45,88 \text{ [m]}$$

$$\frac{37,12 \cdot 100\%}{45,88} = 80,906713165 \approx 80,9\%$$

Már egy viszonylag kis közegellenállású tárgy hajításakor is számottevő a légellenállás hatása, ha 30 m/s-os, vagy annál nagyobb sebességgel indítjuk el a tárgyat.

- d. Lefelé haladáskor a mozgásegyenlet:  $\frac{dv}{dt} = \frac{\rho A c_e v^2}{2m} - g^* = Kv^2 - g^*$

$\rightarrow$  [egyensúlyi](#) állapotban a  $\rightarrow$  [gyorsulás](#) zérusértékű, és az elvileg végtelen nagy időhöz az alábbi sebesség tartozik:

$$\frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow Kv_\infty^2 = g^* \Rightarrow v_\infty = -\sqrt{\frac{g^*}{K}} = -\sqrt{\frac{9807}{5,525}} = -42,131017368 \approx -42,131 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$t + C' = \int \frac{dv}{Kv^2 - g^*} = \frac{1}{g^*} \int \frac{dv}{\left( \frac{v}{v_\infty} \right)^2 - 1} = \frac{1}{\sqrt{g^* K}} \int \frac{du}{u^2 - 1} = \frac{1}{2\sqrt{g^* K}} \ln \left| \frac{u-1}{u+1} \right| = \frac{1}{2\sqrt{g^* K}} \ln \left| \frac{v+v_\infty}{v-v_\infty} \right|$$

Ha a tetőponton  $t=0$ , amikor  $v=0$ , akkor  $C'=0$ .

$$e^{2t\sqrt{g^* K}} = \left| \frac{v+v_\infty}{v-v_\infty} \right| = \frac{v_\infty + v}{v_\infty - v}$$

$$v \left( e^{2t\sqrt{g^* K}} + 1 \right) = v_\infty \left( e^{2t\sqrt{g^* K}} - 1 \right)$$

$$v = v_\infty \operatorname{th} \left( t \sqrt{g^* K} \right)$$

E sebességfüggvény időintegrálja megadja a golyó pillanatnyi helyzetét:

$$h_{le}(t) = h_t + v_\infty \int_0^t \operatorname{th}(x\sqrt{g^*K}) dx = h_t - \frac{1}{K} \int_0^t \sqrt{g^*K} \operatorname{th}(x\sqrt{g^*K}) dx =$$

$$= h_t - \frac{1}{K} \left[ \ln \left| \operatorname{ch}(x\sqrt{g^*K}) \right| \right]_0^t = h_t - \frac{\ln \left| \operatorname{ch}(\sqrt{g^*K} \cdot t) \right|}{K}$$

A földre érkezéskor  $h_{le}(t_v)=0$ , ezért a keresett részidőre igaz, hogy

$$h_t = \frac{\ln \left| \operatorname{ch}(\sqrt{g^*K} \cdot t_v) \right|}{K} \Rightarrow t_v = \frac{\operatorname{arche}^{Kh_t}}{\sqrt{g^*K}} = \frac{\operatorname{arche}^{0,2050723345}}{\sqrt{9,807 \cdot 5,525 \cdot 10^{-3}}} =$$

$$= \frac{0,6625221435565}{0,2327738709563} = 2,84620495 \approx 2,846[\text{s}]$$

A hajításhoz szükséges összes idő:  $t_0 = t_t + t_v = 2,658 + 2,846 = 5,504 \approx 5,5[\text{s}]$ .

Légüres térben az összes idő:  $t_{0\_konz} = \frac{2v_0}{g} = \frac{60}{9,8085} = 6,117143294 \approx 6,1[\text{s}]$ .

Ennek  $\frac{550,4\%}{6,117} = 89,978747752 \approx 90\%$ -a a valóságos érték, tehát számottevő az eltérés.

e. A végsebességet a  $v$  függvény  $t_v$ -nél számított helyettesítési értéke szolgáltatja:

$$v_v = v_\infty \operatorname{th}(\sqrt{g^*K} \cdot t_v) = -42,131 \operatorname{th}(2,846 \cdot \sqrt{9,807 \cdot 5,525 \cdot 10^{-3}}) =$$

$$= -24,437651742 \approx -24,44 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Ez a végsebesség a konzervatív rendszerben kialakulónak

$$\frac{2444\%}{30} \approx 81,46\% \text{-a.}$$

f. A disszipált energia egyenlő a kezdeti és a becsapódást közvetlenül megelőző pillanatbeli  $\rightarrow$  mozgási energia különbségével:

$$\Delta E_D = E_{kezd} - E_{vég} = \frac{m}{2} (v_0^2 - v_v^2) = 2 \cdot 10^{-3} (30^2 - 24,43765^2) = 0,605602525 \approx 0,6[\text{J}]$$

**galaxis** (csill) a ~ok égitestek: csillagok, csillagközi gázok, por és a láthatatlan sötét anyag nagy kiterjedésű, gravitációsan kötött rendszerei. Ezek akár több százmilliárd Naphoz hasonló csillagot is tartalmazhatnak. Naprendszerünk a Galaktikához (Γαλαξίας, Tejútrendszer) ~-hoz tartozik; ennek átmérője kb. 100 000  $\rightarrow$  fényév, vastagsága kb. 30 000 fényév, és kb. 300 milliárd csillagot tartalmaz. A hozzánk legközelebbi nagy spirál~, az Andromeda (M31 v. NGC224) tőlünk 2,5 millió fényévnire van. A számítások szerint kb. 3 milliárd év múlva összeütközik a Tejútrendszerrel.



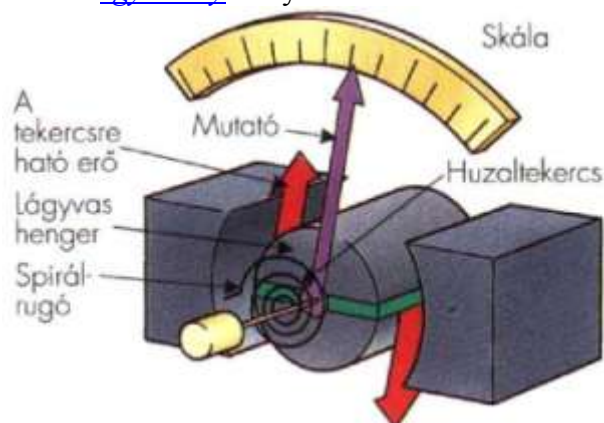
Az Andromeda spirálgalaxis

**GALILEI-féle relativitás elv** (fiz) Galileo GALILEI (Pisa, 1564. febr. 15. – Arcetri, 1642. jan. 8.) olasz természettudós szerint a mechanika törvényei megőrzik matematikai alakjukat minden  $\rightarrow$  inercia-rendszerben. Ennek az elvnek eleget tevő transzformációs szabály az ún. GALILEI-transzformáció. A klasszikus fizika önkényes előfeltevése, hogy az idő nem transzformálódik: az időmérés minden inercia-rendszerben azonos.

**GALILEI-féle távcső** (fiz) Az első  $\rightarrow$  távcső, amelyet hollandi v. GALILEI-távcsőnek neveznek (köznyelven színházi v. tengerészeti látcső), egy gyűjtő tárgy- (objektív) és egy szóró szemlencséből (okulár) tevődik össze. (Galileo GALILEI [1564. febr. 15, Pisa – 1642. jan. 8, Arcetri], olasz természettudós).

**galvanizálás** (fiz) elektrolitikus bevonat készítését jelenti. Rendszerint fémeket vonnak be vékony (1-100  $\mu\text{m}$ ) fémréteggel, vagy a korrózió megakadályozására, vagy díszítésre. A bevonandó fémes  $\rightarrow$  vezetőt a  $\sim$  során a bevonó fém ionjait tartalmazó oldatba, az úgynevezett galvánfürdőbe helyezik. A bevonandó tárgyat katódként használva egyenáramot vezetnek át az oldaton, vagy másként fogalmazva  $\rightarrow$  elektrolízist hajtanak végre.

**galvanométer** (fiz) A  $\sim$   $\rightarrow$  mágneses erőterben mozgó  $\rightarrow$  áramvezető tekercset tartalmaz. A tekercs az álló tengely körül elfordulhat; a tekercshez az  $\rightarrow$  áramot a csapágyakon keresztül vezetékek szállítják. A tekercs egyik kivezetése spirálrúgó, amely az áram bevezetésén kívül arra is szolgál, hogy a tekercsre, annak kitérésekor, megfelelő  $\rightarrow$  forgatónyomatékot gyakoroljon, és ezáltal a tekercset az  $\rightarrow$  egyensúlyi helyzetbe beállítsa.



Ahogy a hurok forog, a hurok oldalai mágneses erőterben mozdulnak el, amely mindenütt konstans nagyságú és mindenütt merőleges a tekercs  $\mathbf{m}$  mágneses dipólusmomentum vektorára. Ha a tekercs  $N$  menetű, egy menet által körbezárt terület  $A$ , a mágneses tér indukciója  $\mathbf{B}$  és a spirálrugó rugóállandója  $K$  (a klasszikus értelmezés szerinti torziós rugómerevség), akkor a tekercs kitérésének  $\Theta$  szöge egyenesen arányos a tekercsben folyó áram  $I$   $\rightarrow$  áramerősségével:

$$\Theta = \frac{NAB}{K} \cdot I$$

**galvánelem** (fiz) olyan  $\rightarrow$  feszültségforrás, amely kémiai energiát alakít át elektromos energiává. Jellemzői az  $\varepsilon$  üresjárat (v. üresjárási)  $\rightarrow$  feszültség és az  $R_b$  belső  $\rightarrow$  ellenállás. Az üresjárat feszültséget terheletlen állapotban mérhetjük a  $\sim$  kapcsain, a belső ellenállás pedig az  $I_r$  rövidzárlati áramból számítható.

$$R_b = \frac{\varepsilon}{I_r}$$

Megjegyzés: az üresjárat feszültség méréséhez minél nagyobb (elvileg végtelen) belső ellenállású feszültségmérő műszer szükséges.

**GAUSS-OSZTROGRADSKIJ tétel** (mat) létezik matematikai  $\rightarrow$  GAUSS törvény is, amelyet  $\sim$ nek is neveznek.

**GAUSS törvény** (fiz, vill) Ma az elektrosztatika  $\sim$ ének nevezzük azt az állítást, amely szerint egy zárt térrészen az elektromos indukcióvektor  $\rightarrow$  forráserőssége a térrészt határoló felületen belül található  $\rightarrow$  töltések összege.

$$\overset{o}{\Phi}_D = \sum Q = \sum_{i=1}^n Q_i + \int_L \lambda ds + \int_F \sigma dA + \int_V \rho dV$$

ahol  $L$  a  $V \rightarrow$  térfogaton belüli töltött görbék (vonal menti töltések) összessége és  $\lambda = \lambda(\mathbf{r})$  [C/m] a vonalmenti töltéssűrűség,  $F$  a  $V$  térfogaton belüli töltött felületek összessége és  $\sigma = \sigma(\mathbf{r})$  [C/m<sup>2</sup>] a felületi töltéssűrűség,  $\rho = \rho(\mathbf{r})$  [C/m<sup>3</sup>] a térfogati töltéssűrűség és  $Q_i$  a  $V$  térfogaton belül található ponttöltések.

Homológ közegre felírhatjuk:

$$\overset{o}{\Phi}_D = \varepsilon_r \varepsilon_0 \overset{o}{\Phi}_E = \sum Q = q_b$$

Amennyiben  $\varepsilon_r = 1$ , akkor

$$\overset{o}{\Phi}_E = \oint_A \mathbf{E} d\mathbf{A} = \frac{q_b}{\varepsilon_0}$$

Sokszor ezt az egyszerűsített összefüggést nevezik  $\sim$ nek.

**GAY-LUSSAC-törvények** (fiz) az  $\rightarrow$  ideális gáz  $\rightarrow$  állapotváltásait leíró törvények közül kettő. **GAY-LUSSAC I. törvénye**, hogy  $V/T = \text{const.}$ , a  $p = \text{const.}$  feltétel mellett. **GAY-LUSSAC II. törvénye** hogy  $p/T = \text{const.}$ , a  $V = \text{const.}$  feltétel mellett. ( $p \rightarrow$  nyomás,  $V \rightarrow$  térfogat,  $T \rightarrow$  hőmérséklet.)

**gázállandó** (fiz) két fajtája az  $\rightarrow$  egyetemes gázállandó, ill. a  $\rightarrow$  specifikus gázállandó.

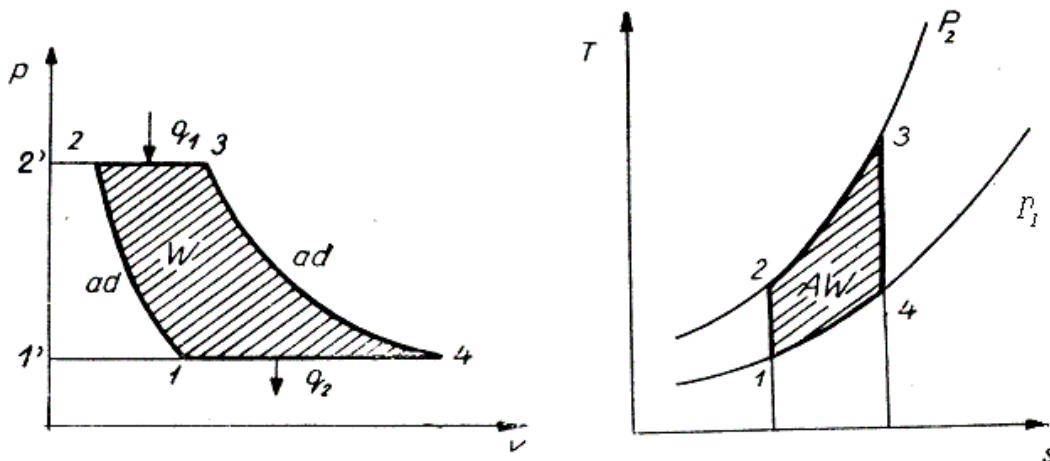
**gáz állapotegyenlete** (fiz) a  $\sim$  a  $pV=nRT$  egyenlettel megadott összefüggés, ahol  $p$  a gáz  $\rightarrow$ nyomása,  $V$  a  $\rightarrow$ térfogata,  $n$  a molszám,  $T$  a  $\rightarrow$ hőmérséklet és az  $R$   $\rightarrow$ egyetemes gázállandó.

**gázhőmérő** (fiz) a gáz hőmérsékletváltozás okozta  $\rightarrow$ térfogat- és  $\rightarrow$ nyomásváltozásán keresztül a  $\rightarrow$ hőmérséklet mérésére alkalmassá tett eszköz. Működésének alapja, hogy az  $\rightarrow$ ideális gázra vonatkozó gáztörvények függetlenek az anyagi minőségtől.

**gáztörvények** (fiz) az  $\rightarrow$ ideális gáz  $\rightarrow$ állapotváltozásait leíró  $\rightarrow$ BOYLE-MARIOTTE-törvény ( $pV = const.$ , ha  $T = const.$ ) és a két  $\rightarrow$ GAY-LUSSAC-törvény ( $V/T = const.$ , ha  $p = const.$ ) ill.  $p/T = const.$ , ha  $V = const.$ ). A  $\sim$  közé sorolható a reális gázokra vonatkozó  $\rightarrow$ van der WAALS állapotegyenlet, a  $(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$  összefüggés, ahol  $R$  a  $\rightarrow$ specifikus gázállandó,  $a/v^2$  a molekulák egymás közötti kölcsönhatásával,  $b$  a molekulák térfogatával kapcsolatos korrekciós tag.

Megjegyzés: Johannes Diderik van der WAALS (1837. nov. 23, Leyden – 1923. márc. 8, Amszterdam) NOBEL-díjas holland természettudós

**gázturbina-körfolyamat** (műsz, fiz) olyan  $\rightarrow$ körfolyamat, amelynél a munkaközeget adiabatikus komprimálással nyomják össze, a  $\rightarrow$ hőt állandó  $\rightarrow$ nyomáson vezetik hozzá, a  $\rightarrow$ mechanikai munkát adiabatikus expanzió során végzi, és a hőt ismét állandó nyomáson vonják el belőle.



Egyszerű állandó nyomású gázturbina-körfolyamat  $p-v$  és  $T-s$  diagramja

Az egyszerű  $\sim$   $\rightarrow$ termikus hatásfokát  $\rightarrow$ ellenáramú hőcserélővel fokozni lehet, de a hőcserélő felfűtésének időszükséglete lassítja a gázturbina állandósult állapotának elérését.

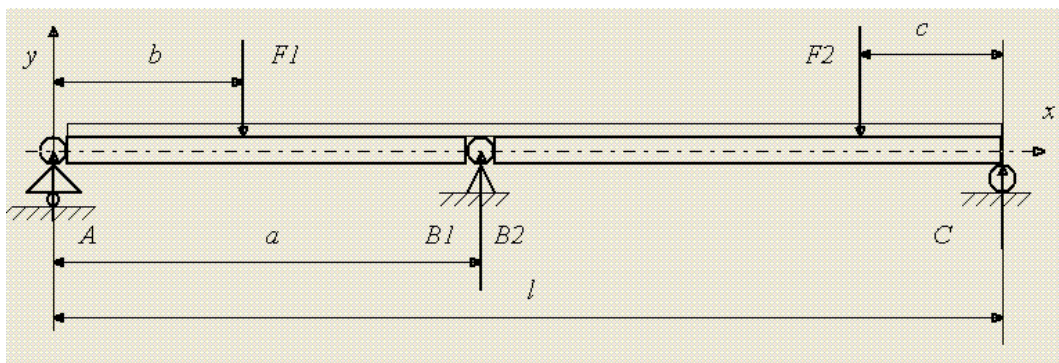
**generátor** (fiz, vill, műsz) A  $\sim$ ok váltakozó  $\rightarrow$ feszültséget állítanak elő az elektromágneses indukció –  $\rightarrow$ mozgási indukció – törvényei szerint. A  $\sim$  egy mágneses forgórészből és egy tekercsrendszerrel ellátott állórészből tevődik össze. A mágneses forgórészt  $\rightarrow$ mechanikai energiával forgatják. Ennek hatására a forgórész indukcióvonalai metszik az állórész tekercsrendszerét, és abban feszültséget indukálnak. Az állórész általában háromrészes tekercseléssel készül, lásd:  $\rightarrow$ váltakozó áramú generátor.

**geostacionárius pálya** (csill, távközl) az űrtávközlést megvalósító olyan mesterséges hold keringési pályája, amelyik mindig a Föld azonos pontja fölött marad, mert  $\rightarrow$ szögsebessége megegyezik a Föld saját tengelye körüli forgásának szögsebességével. A mesterséges hold távolsága a Föld felszínétől:  $h \approx 36\,000$  km, keringési  $\rightarrow$ sebessége pedig:  $v_k \approx 3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ .

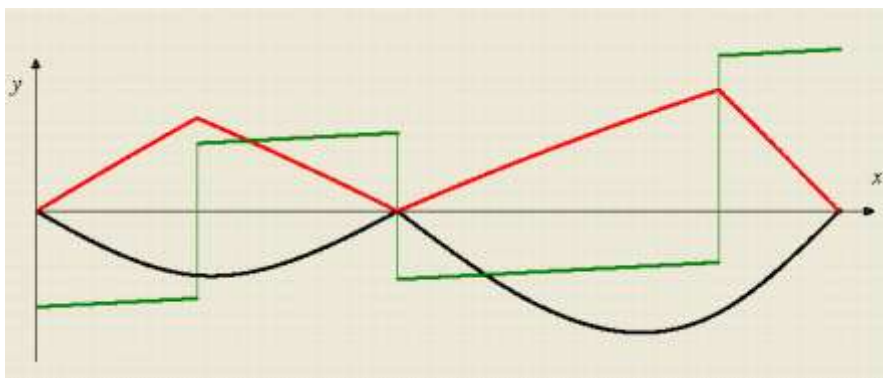
**GERBER csukló** (műsz) Heinrich GERBER (1832. nov. 18. – 1912. jan. 3.) német építőmérnök, által módszeresen alkalmazott csukló, amely a tartók belső  $\rightarrow$ [merevségének](#) csökkentésével  $\rightarrow$ [statikailag határozott szerkezetté](#) tette azokat. A  $\sim$ -k beépítése a hídszerkezetekbe jelentősen egyszerűsítette a mérnöki számításokat, de ma már lehetőség van  $\rightarrow$ [statikailag határozatlan szerkezetekkel](#) növelni a hidak használhatóságát. Pl. az alábbi cikk éppen a  $\sim$ -k kiváltását ismerteti: GYURITY Mátyás, MOHAY Kálmán, SZÉKELY Veronika, WINDISCH László: „GERBER csuklók megszüntetése az Erzsébet-híd rekonstrukciójánál”, Vasbetonépítés 2002/1, [http://fib.bme.hu/news/cikk/v02\\_1\\_teljes/cikk\\_02\\_1\\_2.php3](http://fib.bme.hu/news/cikk/v02_1_teljes/cikk_02_1_2.php3)

**GERBER tartó** (műsz) H. GERBER (1832–1912) német építőmérnök, aki úttörő szerepet játszott a vasúttervezés terén, 1866-ban (a bambergi Sophia-híd tervezésekor) alkalmazta először a róla elnevezett  $\sim$ -t, amely megfelelő számú és elrendezésű csuklóval és gördülő megtámasztással  $\rightarrow$ [statikailag határozott szerkezetté](#) tett többtámaszú gerendatartót. Rájött ugyanis arra, hogy hosszú gerendák esetén a szerkezet egészének statikai határozottsága megmarad, ha a külső többlet megtámasztások fokszámaival megegyező belső  $\rightarrow$ [merevségi](#) hiányokat, az eredetihez képest csökkentett merevségű belső kapcsolatokat létesít. Az ilyen, csuklós többtámaszú tartókat  $\sim$ -eknek nevezik.

Az alábbi ábra egy nagyon egyszerű  $\sim$ -t vázol. A  $\rightarrow$ [koncentrált terheléseken](#) kívül rajta van saját  $\rightarrow$ [súlyának](#)  $\rightarrow$ [megoszló terhelése](#) is.



Az alábbi grafikonon látható fekete vonallal a tartó  $\rightarrow$ [alakváltozása](#) felnagyítva, pirossal a  $\rightarrow$ [nyomatéki ábra](#) tükörképe, zölddel pedig a  $\rightarrow$ [nyíró igénybevétel](#) ábrájának tükörképe.



A  $\sim$  jellegzetes vonása, hogy a  $\rightarrow$ [GERBER csuklónál](#) (középen) a  $\rightarrow$ [nyomaték](#) zérus. Ha ott nem lenne csukló, vagyis  $\rightarrow$ [statikailag határozatlan szerkezet](#) lenne, akkor a középső alátámasztásnál nyomatéki csúcs keletkezne. Igen gyakori, hogy ott a szerkezeti anyag eléri a  $\rightarrow$ [folyáshatárt](#), de ez nem végzetes, sőt még csillapíthatja is a híd  $\rightarrow$ [rezgéseit](#).

**gerjesztési állapot** (fiz) egy adott  $\rightarrow$ [alapállapotú](#) rendszerrel történő energia közlésével  $\sim$  érhető el. A szükséges gerjesztési energia értékét a különböző állapotok (atom esetén elektronpályák) energiaszintje közötti különbség adja.



gerjesztési törvény lásd: → [elektromágneses indukció](#)

girátor (műsz) → [átfordító váltó](#). (A ~t zsirátornak is ejtik.)

gluonok (fiz) a ~ a → [kvarkok](#) közötti → [erős kölcsönhatás](#) közvetítő, tömeg nélküli részecskék; a → [mértékbozonok](#) családjába tartoznak. Hatféle kvarkot ismerünk: up, down, strange, charm, top, bottom, valamint ezek antipárjait. A kvarkok elektromos töltésének abszolút értéke 1/3, ill. 2/3 elektrontöltés.

**gömbkondenzátor** (fiz) Megkülönböztetünk egyfegyverzetű és kétfegyverzetű ~t. Az egyfegyverzetű,  $R$  sugarú ~ → [kapacitása](#) vákuumban és levegőben:

$$C = 4\pi\epsilon_0 R$$

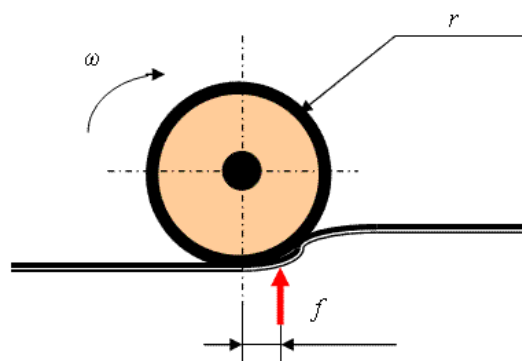
Két koncentrikus, vékony vezető gömbhéj, amelyek között légüres tér van, ~t alkot. Legyen a nagyobb gömb sugara  $b$ , a kisebbé pedig  $a$  ( $b > a$ ), ekkor a kondenzátor kapacitása:

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$$

**gömbhullám** (fiz) Általában pontszerű forrásból kiinduló haladó hullám, amelynek azonos → [fázisú](#) pontjai gömbfelületeken vannak. (A forrás és az azonos fázisú pontok között a hullám terjedési ideje állandó.) Pl. hangterjedéskor a hangintenzitás és a hangnyomás a gömbfelületek minden pontján azonos, a hangintenzitás a távolság négyzetével, a hangnyomás a távolság első hatványával csökken.

**gördülés** (fiz) a → [merek testek](#) → [kényszermozgás](#)ának egyik fajtája; kerületén támaszkodó hengeres v. gömb alakú test → [síkmozgása](#) a támaszkodási felszínen. Ha a test támaszkodási pontja nem csúszik el, akkor a mozgás tiszta ~.

**gördülési súrlódás** (fiz) a gördülő test mozgását akadályozó, a → [kényszererő](#) miatt kialakuló → [deformáció](#) következtében fellépő hatás. A kényszererő összenyomó hatása miatt a testek nem egy pontban v. egy vonal mentén érintkeznek, hanem egy kiterjedt érintkezési felületen, amelyen ható → [megoszló terhelés](#) eredőjének → [hatásvonala](#) nem a gördülőelem forgástengelyén megy keresztül, ezért olyan → [forgatónyomaték](#) lép fel, amely akadályozza a gördülést. Ez a nyomaték egyenesen arányos az  $N$  kényszererővel és a  $\mu_g$  ~i tényezővel:  $M_g = \mu_g N$ .



A ~i tényező az  $f$  erőkartól függ. Ha a nyomaték helyett a → [COULOMB-súrlódás](#)hoz hasonlóan egy  $F_g$  „súrlódási erőt” szeretnénk kiszámítani, akkor egy olyan tényezőt kapunk, amelyik fordítottan arányos a gördülőelem sugarával:

$$\mu_g = \frac{f}{r} \quad \text{és ezzel} \quad F_g = \mu_g N$$

A kerékátmérő növelésének éppen az a racionális oka, hogy ezáltal a ~ csökkenthető. De a kis deformáció is jó hatású, éppen ez az előnye a vasútnak, szemben a közutakkal (lásd: táblázat)

A szokásos kerékméreteknél az  $F_g$  erőre értelmezett  $\sim$ i tényezők:

Gumitömlős kerekek		Egyéb kerekek	
Makadámúton	0,02...0,04	Vasalt kerék földúton	0,2
Aszfalt- és betonúton	0,015...0,025	Vasalt kerék betonúton	0,01
Földúton	0,05...0,15	Villamos	0,006
Homokban	0,15...0,3	Vasúti kocsi	0,002

**gördülő-ellenállás** (közl, gép) a  $\rightarrow$ [menetellenállás](#) része, a  $\rightarrow$ [gördülési súrlódás](#), a gumiabroncs hajtogatási munkájából és a  $\rightarrow$ [csapsúrlódás](#)ból adódó erő alkotja.

**gőzgép** (műsz) a  $\rightarrow$ [hőt](#)  $\rightarrow$ [mechanikai energiá](#)vá alakító olyan  $\rightarrow$ [hőerőgép](#), amelyben a nagy nyomású és magas hőmérsékletű vízgőz a munkavégző közeg. A  $\sim$ ben a gőzkazán felforralja a vizet és nagy  $\rightarrow$ [nyomású](#) gőzt szolgáltat. A gőzt egy dugattyúra (szelepek segítségével vezérelve hol elé, hol mögé) vezetik. Az így kialakuló „előre-hátra” haladó irányú, alternáló mozgást forgatókar alakítja át  $\rightarrow$ [forgómozgássá](#).

**gőznyomás (tenzió)** (fiz) zárt térben a párolgás folytán egy ideig növekszik a gőz  $\rightarrow$ [nyomás](#)a, majd elér egy maximális értéket. Ezt követően egy adott  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#)en nagyobb gőznyomás már nem alakul ki. Ennek a telített gőznek a nyomása a  $\sim$ . A telített gőz nyomása első sorban a  $T$  hőmérséklet és az anyagi minőség függvénye, a felület hatása legfeljebb csak nagy görbületek esetén veendő figyelembe. Egy adott anyag esetén  $\ln \frac{p}{p_0} = -\frac{Q}{RT} + A$  összefüggés áll fenn, ahol  $p$  az aktuális nyomás,  $p_0$  a forráshoz tartozó gőznyomás,  $Q$  a párolgáshő,  $R$  a  $\rightarrow$ [specifikus gázállandó](#) és  $A$  megfelelő állandó. A negatív előjelű tört kifejezhető a  $\Delta H_p \rightarrow$ [moláris párolgáshő](#)vel is, de akkor az  $\mathfrak{R} \rightarrow$ [univerzális gázállandó](#)val kell osztani:

$$\ln \frac{p}{p_0} = A - \frac{\Delta H_p}{\mathfrak{R}T}$$

**gravitációs erő** (fiz, csill) (jele:  $G$ , mértékegysége:  $1 \text{ N}=1 \text{ kgm/s}^2$ ) A  $\rightarrow$ [NEWTON-féle tömegvonzási törvény](#) szerint bármely két részecske között

$$F_g = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ nagyságú } \sim \text{ lép fel,}$$

ahol  $m_1$  és  $m_2$  a részecskék  $\rightarrow$ [tömege](#)

$r$  – a részecskék közötti távolság

$\gamma$  – az  $\rightarrow$ [univerzális gravitációs állandó](#) (értéke =  $6,6725985 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ )

A Föld és a felszínén nyugvó adott  $m$  tömegű test között fellépő  $\sim$  a fentiek alapján a következő:

$$\boxed{G = m \cdot g} \quad \text{ahol} \quad g = \frac{\gamma \cdot M}{R^2} \quad \left( G = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{R^2} = m \cdot \left( \frac{\gamma \cdot M}{R^2} \right) = m \cdot g \right)$$

valamint  $M$  – a Föld tömege

$R$  – a Föld sugara

$g$  – a  $\rightarrow$ [gravitációs gyorsulás](#)

**gravitációs gyorsulás** (fiz) (jele:  $g$ ) A  $\rightarrow$ [NEWTON-féle tömegvonzási törvény](#) alapján a Föld adott pontján minden, csak a  $\rightarrow$ [gravitációs erő](#) hatására mozgó test ugyanakkora  $g$  gyorsulással esik. Értéke  $45^\circ$  szélességen  $\approx 9,81 \text{ m/s}^2$ . (A Föld más pontjain a földrajzi helyzettől és a tengerszint feletti magasságtól függően eltérő értékek adódnak, pl.: az egyenlítő mentén ( $0^\circ$ ) a tenger szintmagasságában  $g = 9,78039 \text{ m/s}^2$ .)

**gravitációs mező** (fiz) a gravitáció térelméleti felfogásakor alkalmazott →[erőitér](#) megnevezése. A ~ben lévő testre →[tömegével](#) arányos →[térfogati erő](#) hat. A térerősség megegyezik a →[gravitációs gyorsulással](#).

**gravitációs tömeg** (fiz) a ~ a gravitációs mező hatása következtében mért tömeg. Legyen az A és B objektum egymástól mért távolsága  $|r_{AB}|$ . A gravitációs törvény szerint, ha a két test ~e  $M_A$ , ill.  $M_B$ , akkor mindkét objektum azonos gravitációs erőt fejt ki a másikra, amelynek nagysága:

$$|F| = \frac{GM_A M_B}{|r_{AB}|^2}$$

ahol  $G = (6,67428 \pm 0,00067) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

a gravitációs konstans, amely univerzális fizikai állandó. A gravitációs erő mindig vonzó. A fentiek egy másik megfogalmazása; ha  $g$  egy referenciatömeg gyorsulása adott helyen, egy adott gravitációs mezőben, akkor az  $M$  tömegre ható gravitációs erő:

$$F = Mg$$

Míg  $G = \text{konst.}$ , addig  $g \neq \text{konst.}$   $g$  közelítő értéke a Föld 45°-os szélességi körén 9,81 m/s<sup>2</sup>. Az északi és déli sarkon  $g=9,83 \text{ m/s}^2$ , az Egyenlítőn 9,78 m/s<sup>2</sup>, a Holdon  $g = 1,622 \text{ m/s}^2$ . A  $g$  gravitációs gyorsulás bármely égitest felületén:

$$g = G \cdot m \cdot r^{-2},$$

ahol  $m$  a  $g$  gravitációt létrehozó égitest tömege,  $r$  a sugara.

**graviton** (fiz) A részecskefizikában a ~ a gravitációs kölcsönhatást közvetítő, feltételezett [elemi részecske](#). Létezését még nem sikerült kimutatni. A ~ok létét a nagy sikerű kvantumtérelmélet (és részben a →[Standard Modell](#)) feltételezi úgy, hogy a többi alapvető kölcsönhatáshoz hasonlóan, a gravitáció viselkedését is részecskékkel magyarázza. A →[hürelmélet](#)ben a ~ok a többi részecskéhez hasonlóan nem pontszerűek, hanem húrok állapotai. Ilyenkor matematikai szingularitások nem lépnek fel, miközben az alacsony energiájú viselkedés továbbra is konzisztens marad a kvantumtérelmélettel és a kísérleti eredményekkel. A gravitációs kölcsönhatás viszonylagos gyengesége miatt a ~ok kísérleti észlelésére a közeljövőben nagyon kevés a remény.

**GUT** (fiz) a ~ (**Grand Unified Theory**) olyan elmélet, amely kísérletet tesz, hogy az erős, a gyenge és az elektromágneses kölcsönhatást egyetlen [mértékelmélet](#)ben egyesítse. Több ilyen mértékelmélet létezik, amelyek legtöbbje posztulálja, hogy a kölcsönhatások nagy energián egyetlen kölcsönhatásban egyesülnek; a →[Standard Modell](#) a ~ból a [szimmetriasértés](#) eredményeként jön létre. Az az energia, amely felett a kölcsönhatások egységessé válnak 10<sup>6</sup> GeV körül van, amely sokkal nagyobb, mint amelyet a korábban létező gyorsítókkal elérhettünk (az LHC ezt túlszárnyalja). A gravitációt ezekben az elméletekben nem sikerült beépíteni; ha sikerülne, ez lenne a →[TOE](#) (**Theory Of Everything** = Minden Dolgok Elmélete). A ~ elméletek egy jóslata, a [protonbomlás](#) megjelenése. Mai ismereteink szerint a proton élettartama > 10<sup>35</sup> év. Néhány elmélet azt jósolja, hogy a →[neutrínók](#) nem zérustömegűek. Jelenleg nincs semmilyen kísérleti utalás a protonbomlásra, ezzel szemben arra, hogy a neutrínók tömege nem zérus, van kísérleti bizonyíték (béta-bomlás, neutrínó-oszcilláció). Valószínűnek tűnik, hogy a ~ elméleteket egyesíteni kell a [szuperszimmetriával](#).

**gyenge kölcsönhatás** (fiz) a →[leptonokra](#) és a →[kvarkokra](#) ható →[alapvető kölcsönhatás](#) egyike. Ez az egyedüli kölcsönhatás, amelyben a →[neutrínó](#) részt vesz (eltekintve a részecskefizikában elhanyagolható [gravitációtól](#)). A gyenge kölcsönhatás okozza a béta-bomlást, a

szabad neutron bomlását, valamint a kötött proton és neutron bomlását. Közvetítő részecskéi a  $W^\pm$ - és a  $Z^0 \rightarrow$  bozonok. A töltött részecske keletkezésével járó neutronbomlás pl. úgy írható le, hogy a neutron kibocsát egy virtuális  $W$ -részecskét (W-bozont), miközben protonná alakul, majd a virtuális  $W$ -részecske elbomlik  $\rightarrow$  elektronná és antineutrínóvá. A  $W^+$ ,  $W^-$  elektromosan töltött  $\rightarrow$  bozonok tömege kb.  $80 \text{ GeV}/c^2$ , a  $Z^0$  semleges bozoné kb.  $91 \text{ GeV}/c^2$ .

**gyorsulás** (fiz) (jele:  $\mathbf{a}$ , mértékegysége:  $\text{m/s}^2$ ) Mozgó test  $\rightarrow$  sebességének időegység alatti növekedése. A pillanatnyi  $\sim$  számítása:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

$\rightarrow$  Körmozgás esetében megkülönböztetünk  $\rightarrow$  centripetális  $\sim$  és  $\rightarrow$  tangenciális  $\sim$ t.

**gyorsulásvektor** (fiz) (jele:  $\mathbf{a}$ , mértékegysége:  $1 \text{ ms}^{-2}$ ) kétféle módon definiálható.

(1).  $\rightarrow$  Kinematikailag először a  $\rightarrow$  tömegpont mozgásánál értelmezett  $\sim$ t írjuk le. A  $\sim$  a  $\rightarrow$  sebességvektor időszerinti deriváltja:  $\mathbf{a} = \dot{v}_x \mathbf{i} + \dot{v}_y \mathbf{j} + \dot{v}_z \mathbf{k}$

A  $\sim$  a sebességvektor  $\rightarrow$  pályasebességgel kifejezett alakjának időszerinti deriváltjaként is felírható, és akkor a  $\sim$  a pálya ún. kísérő triéderének két egységvektorára illeszkedő komponenseivel írható le:

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d(\dot{s}\mathbf{e})}{dt} = \ddot{s}\mathbf{e} + \dot{s}\dot{\mathbf{e}} = \ddot{s}\mathbf{e} + \dot{s} \frac{d\mathbf{e}}{ds} \frac{ds}{dt} = \ddot{s}\mathbf{e} + \dot{s}\dot{\mathbf{e}}\dot{s} = \ddot{s}\mathbf{e} - \dot{s}^2 \frac{\mathbf{n}}{R} = a_t \mathbf{e} - a_{cp} \mathbf{n},$$

ahol  $\mathbf{e}$  a  $\rightarrow$  pálya érintőirányú egységvektora,

$\mathbf{e}'$  az érintőirányú egységvektor ívhossz szerinti deriváltja, amely a pálya simulóköreinek középpontja felé mutat,

$\mathbf{n}$  a pálya főnormális irányú egységvektora,

$R$  a pálya görbületi sugara,

$s$  a pálya ívhossza,

$a_t$  az érintőirányú pályagyorsulás ( $\rightarrow$  körmozgásnál ez a  $\rightarrow$  tangenciális gyorsulás abszolút értéke) és

$a_{cp}$  a pálya simulóköre középpontja felé mutató  $\rightarrow$  centripetális gyorsulás abszolút értéke, amelynek értelme ellentétes az  $\mathbf{n}$  normálvektorával.

Pl. az  $\mathbf{r} = e^{2t}(\cos t \mathbf{i} + \sin t \mathbf{j} + \mathbf{k})$  vektor-skalár függvény egy kb.  $110^\circ$  nyílásszögű kúpra írt csavarvonalon mozgó pont  $\rightarrow$  helyzetvektora. Határozzuk meg a  $\sim$ t érintő- és főnormális-menti komponensre bontva! A sebességvektor:

$$\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}} = e^{2t} \{ (2 \cos t - \sin t) \mathbf{i} + (2 \sin t + \cos t) \mathbf{j} + 2 \mathbf{k} \}$$

A pályasebesség ennek az abszolút értéke:

$$\begin{aligned} v = \dot{s} = |\mathbf{v}| &= e^{2t} \sqrt{(2 \cos t - \sin t)^2 + (2 \sin t + \cos t)^2 + 2^2} = \\ &= e^{2t} \sqrt{4 \cos^2 t - 4 \sin t \cos t + \sin^2 t + 4 \sin^2 t + 4 \sin t \cos t + \cos^2 t + 4} = \\ &= e^{2t} \sqrt{5(\sin^2 t + \cos^2 t) + 4} = 3e^{2t} \end{aligned}$$

A pályagyorsulás:

$$a_t = \ddot{s} = \dot{v} = 6e^{2t}$$

Az érintőirányú egységvektor:

$$\mathbf{e} = \frac{\mathbf{v}}{v} = \frac{1}{3} \{ (2 \cos t - \sin t) \mathbf{i} + (2 \sin t + \cos t) \mathbf{j} + 2 \mathbf{k} \}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A} \sim: \quad \mathbf{a} = \ddot{\mathbf{r}} = \dot{\mathbf{v}} &= \frac{d}{dt} \left[ e^{2t} \{ (2 \cos t - \sin t) \mathbf{i} + (2 \sin t + \cos t) \mathbf{j} + 2 \mathbf{k} \} \right] = \\ &= e^{2t} \{ (3 \cos t - 4 \sin t) \mathbf{i} + (3 \sin t + 4 \cos t) \mathbf{j} + 4 \mathbf{k} \} = \dot{v} \mathbf{e} - \frac{v^2}{R} \mathbf{n} \end{aligned}$$

A centripetális gyorsulás:

$$\begin{aligned} -\frac{v^2}{R} \mathbf{n} = \mathbf{a} - \dot{v} \mathbf{e} &= e^{2t} \{ (3 \cos t - 4 \sin t) \mathbf{i} + (3 \sin t + 4 \cos t) \mathbf{j} + 4 \mathbf{k} \} - \\ &- 2e^{2t} \{ (2 \cos t - \sin t) \mathbf{i} + (2 \sin t + \cos t) \mathbf{j} + 2 \mathbf{k} \} = -e^{2t} \{ (\cos t + 2 \sin t) \mathbf{i} + (\sin t - 2 \cos t) \mathbf{j} \} \end{aligned}$$

Ennek a vektornak az abszolút értéke  $a_{cp}$ -vel egyenlő:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} = e^{2t} \sqrt{(\cos t + 2 \sin t)^2 + (\sin t - 2 \cos t)^2} = e^{2t} \sqrt{5(\cos^2 t + \sin^2 t)} = e^{2t} \sqrt{5}$$

A főnormális egységvektora:

$$\mathbf{n} = \frac{\sqrt{5}}{5} \{ (\cos t + 2 \sin t) \mathbf{i} + (\sin t - 2 \cos t) \mathbf{j} \}$$

A pálya simulókörének sugara, ill. a görbület reciproka:

$$R = \frac{v^2}{a_{cp}} = \frac{(3e^{2t})^2}{e^{2t} \sqrt{5}} = \frac{9}{\sqrt{5}} e^{2t}$$

Végeredményként a ~:

$$\begin{aligned} \mathbf{a} = 6e^{2t} \mathbf{e} - \sqrt{5} e^{2t} \mathbf{n} &= 6e^{2t} \cdot \frac{1}{3} \{ (2 \cos t - \sin t) \mathbf{i} + (2 \sin t + \cos t) \mathbf{j} + 2 \mathbf{k} \} - \\ &- \sqrt{5} e^{2t} \cdot \frac{\sqrt{5}}{5} \{ (\cos t + 2 \sin t) \mathbf{i} + (\sin t - 2 \cos t) \mathbf{j} \} \end{aligned}$$

Igen gyakori, hogy a K  $\rightarrow$  inercia-rendszerhez képest  $\omega$  pillanatnyi  $\rightarrow$  szögsebességgel  $\rightarrow$  forgómozgást végző K\*  $\rightarrow$  koordinátarendszerben  $\mathbf{v}^*$   $\rightarrow$  sebességgel mozgó pontszerű test  $\sim$ át kell megadni. A K-beli  $\rightarrow$  helyzetvektor a K'-belivel felírva:  $\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{r}^*$ . Ilyenkor a ~:

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}^* + \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}^* + 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}^* + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}^*),$$

ahol  $\mathbf{a}_0$  K\*  $\rightarrow$  transzlációs gyorsulása,  
 $\mathbf{a}^*$  a K\*-beli transzlációs gyorsulás,  
 $\boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}^*$  K\*  $\rightarrow$  rotációs gyorsulása,  
 $2\mathbf{v}^* \times \boldsymbol{\omega}$  a  $\rightarrow$  CORIOLIS-gyorsulás és  
 $\boldsymbol{\omega} \times (\mathbf{r}^* \times \boldsymbol{\omega})$  a  $\rightarrow$  centrifugális gyorsulás. (Levezetéséhez lásd:  $\rightarrow$  CORIOLIS-erő!)

Az  $\rightarrow$  áramlástanban a ~ a  $\mathbf{v} = \mathbf{v}(\mathbf{r}, t) \rightarrow$  sebességvektor totális deriváltja, vagyis a lokális  $\left( \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} \right)$  és a konvektív gyorsulás  $\left( \frac{d\mathbf{v}}{d\mathbf{r}} = \mathbf{D} \right)$  vektoriális összege:

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial \mathbf{r}} = \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{D} = \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\nabla \circ \mathbf{v})^* = \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \left( \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x & v_y & v_z \end{bmatrix} \right)^* =$$

$$= \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \begin{bmatrix} \frac{\partial v_x}{\partial x} & \frac{\partial v_x}{\partial y} & \frac{\partial v_x}{\partial z} \\ \frac{\partial v_y}{\partial x} & \frac{\partial v_y}{\partial y} & \frac{\partial v_y}{\partial z} \\ \frac{\partial v_z}{\partial x} & \frac{\partial v_z}{\partial y} & \frac{\partial v_z}{\partial z} \end{bmatrix} \equiv \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{grad} \frac{v^2}{2} - \mathbf{v} \times \mathbf{rot} \mathbf{v},$$

ahol  $\mathbf{D}$  a derivált-tenzor, amely a **nabla vektorral** végzett diadikus szorzás eredmény-tenzorának transzponáltja:  $(\nabla \circ \mathbf{v})^*$ .

Matematikailag bizonyítható, hogy  $\mathbf{D} \equiv \mathbf{grad} \frac{v^2}{2} - \mathbf{v} \times \mathbf{rot} \mathbf{v}$

(2).  $\rightarrow$  **Kinetikailag** a testre ható  $\rightarrow$  **erőrendszer**  $\rightarrow$  **eredőjének**, a test  $\rightarrow$  **sebességének**,  $\rightarrow$  **tömegének** és deriváltjának időfüggvényéből számítható vektormennyiség ( $\rightarrow$  **NEWTON II. törvénye** alapján):

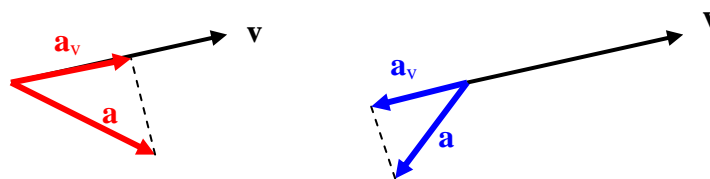
$$\mathbf{a} = \frac{\sum \mathbf{F}_i - \frac{dm}{dt} \mathbf{v}}{m}.$$

Ha a tömeg állandó, akkor

$$\mathbf{a} = \frac{\sum \mathbf{F}_i}{m}.$$

**gyorsuló koordináta-rendszer** (fiz) valamely  $\rightarrow$  **inerciarendszer**hez képest változó mozgást végző  $\rightarrow$  **koordináta-rendszer**. A ~ben  $\rightarrow$  **tehetetlenségi erők** ébrednek, ezért nem alkalmas  $\rightarrow$  **vonatkoztatási rendszernek**.

**gyorsuló mozgás** (fiz) egyszerűen olyan mozgás, amelynél a  $\rightarrow$  **gyorsulásvektor** a null vektortól különbözik. A ~nak van egy olyan értelmezése is, amely a  $\rightarrow$  **sebesség** abszolút értéke növekedésével azonosítja a ~t. Ennek az a feltétele, hogy a gyorsulásvektor  $\rightarrow$  **sebességvektor** irányú komponensének értelme egyezzen meg a sebességvektoréval. Pl.:



A piros színnel ábrázolt gyorsulás ~t, míg a kékszínű lassuló mozgást idéz elő ugyanakkora sebességnél. (Mindkét gyorsulásvektor „megváltoztatja” a sebesség irányát is.)

**gyújtótávolság** (fiz, opt.)  $\rightarrow$  **fókusz-távolság**

**hadron** (fiz) ~nak nevezzük a  $\rightarrow$  **kvarkok**ból és  $\rightarrow$  **gluonok**ból felépülő összetett szubatomi részecskéket.

**hadron-időszak** (fiz, kozmológia) az  $\rightarrow$  **Ősrobbanástól** mért  $10^{-7}$ - $10^{-4}$  s közötti időszak, amikor a  $\rightarrow$  **kvarkok**ból összeállnak a protonok, neutronok és antirészecskék. A hőmérsékleti sugárzás igen erős; hadron-antihadron párok keletkeznek, amelyek **annihilálódnak**, és ismét sugárzás keletkezik. Atomok még nem tudtak kialakulni. A „hagyományos”  $\rightarrow$  **hadronok**

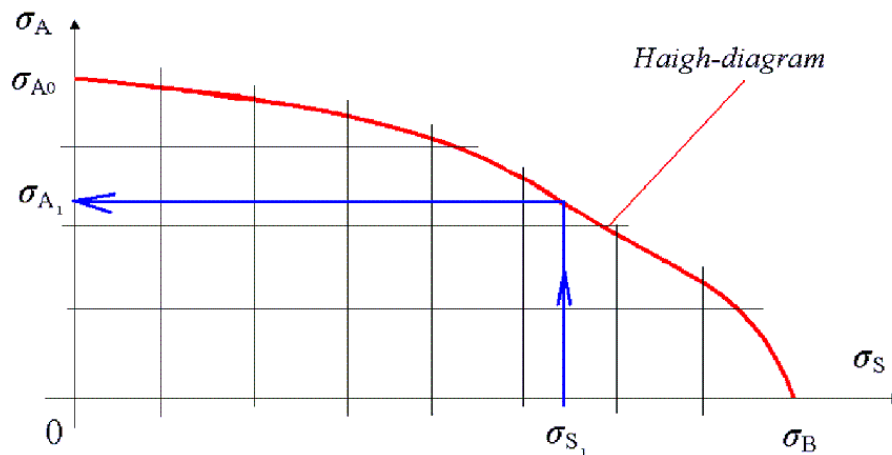
**GELL-MANN** kvarkmodelljének megfelelőek, azaz 3 kvarkból állnak (proton, neutron, hiperonok) valamint a kvark-antikvark párokból álló mezonok (pion, kaon, amelyek a mezonok egy csoportját képezik).

Megjegyzés: Murray GELL-MANN (1929. szept. 15, New York -), NOBEL-díjas (1969) amerikai elméleti fizikus

**HAIGH-diagram** (fiz, műsz) a  $\rightarrow$  **kifáradási diagramok** egyike. A  $\sim$  megmutatja, hogy adott  $\rightarrow$  **statikus közép feszültségre** mekkora  $\rightarrow$  **váltakozó feszültség** szuperponálható. A  $\sim$  a vízszintes tengelyt a  $\rightarrow$  **szakítószilárdságnál** éri el a  $\sim$ , a függőleges tengelyt pedig a  $\rightarrow$  **lengőszilárdságnál**.

Megjegyzés: Általában sok statikus értéknél határozzák meg a statikus közép feszültségre szuperponálható váltakozó feszültséget, és az így kapott pontokon keresztül húzzák a  $\sim$  görbét.

A következő ábrán látszik a  $\sim$  használatának technikája, azaz egy konkrét statikus közép feszültséghez tartozó megengedett váltakozó feszültség meghatározása:



**hajítás** (fiz)  $\rightarrow$  **gravitációs mezőben** végbemenő sajátos mozgás. A  $\sim$  az elhajított tárgy kezdősebességének irányától függően lehet  $\rightarrow$  **függőleges**  $\sim$ , **vízszintes**  $\sim$  és  $\rightarrow$  **ferdehajítás**. Az utóbbi kettőre érvényesek Galileo GALILEI (1564. – 1642.) olasz fizikus megállapításai: „*A szabadon eső testek mozgásának vízszintes és függőleges összetevői tökéletesen függetlenek egymástól.*”

**hajlítás** (műsz) gépek és épületek  $\rightarrow$  **tartószerkezet**einek leggyakrabban előforduló  $\rightarrow$  **igénybevétele**. A  $\sim$  a tartószerkezetre ható **hajlító nyomaték** idézi elő, és ennek hatására a tartóban annak magassága mentén változó **normál feszültség** ébred. A feszültségeloszlás egyenes közép vonalú tartóban a  $\rightarrow$  **NAVIER-képlettel**, görbült közép vonalúban pedig a GRASHOF-képlettel számítható.

**hajlító igénybevétel** (műsz)  $\rightarrow$  **hajlítást** okozó  $\rightarrow$  **igénybevétel**. Lásd  $\rightarrow$  **igénybevételi ábrák!**

**hajlító nyomaték** (műsz) (jele:  $M_h$ , mértékegysége: 1 Nm) rúd alakú szilárd testre ható  $\rightarrow$  **erőpár**  $\rightarrow$  **forgatónyomaték**ával  $\rightarrow$  **egyensúlyt** tartó  $\rightarrow$  **nyomaték**, amely a rúd keresztmetszetében  $\rightarrow$  **húzó-** és  $\rightarrow$  **nyomófeszültségeket** ébreszt.

**hajlítószilárdság** (műsz) a  $\rightarrow$  **hajlítás** során kialakuló  $\rightarrow$  **normál feszültségek** szélsőértéke a tartó szélső szálában ébred. Ennek megengedhető értéke szabja meg a tartó által elviselhető  $\rightarrow$  **hajlító nyomaték** nagyságát. A feszültség eloszlása egyenes közép vonalú,  $x$  hossz tengelyű tartóban a  $\rightarrow$  **NAVIER-képlettel** számítható, és a szélső szálban keletkező a méretezés alapja:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{hz} y_{\max}}{I_z} = \frac{M_{hz}}{\frac{I_z}{y_{\max}}} = \frac{M_{hz}}{K},$$

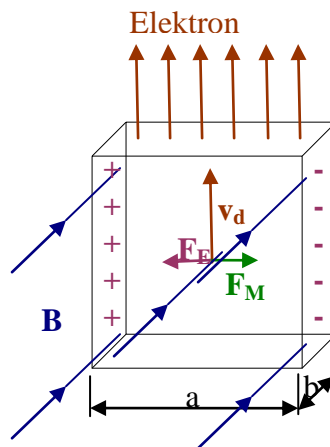
ahol  $I_z$  a tartó keresztmetszetének  $\rightarrow$  súlypontján átmenő  $z$  tengelyre számított  $\rightarrow$  másodrendű nyomatéka,  
 $K$  a tartó  $\rightarrow$  keresztmetszeti tényezője.

A szilárdsági méretezés képlete:  $M_{\text{hmg}} \leq K \sigma_{\text{meg}}$ .

Ha a  $\sim$  során a hajlító nyomaték a  $K \sigma_{\text{meg}}$  értéket túllépi, a tartó marad  $\rightarrow$  alakváltozás szenved, v. eltörik. A tartó  $\rightarrow$  rugalmas alakváltozás esetén is meggörbül, de a terhelés megszűnése után visszanyeri eredeti alakját.

**hajszálcsövesség** (fiz) komplex fizikai jelenség (lásd.  $\rightarrow$  kapillaritás), amelynek fontos szerepe van a biológiában (pl. hajszálerek), a technikában (pl. nedvszívás, tömítések), a növénytanban (pl. a víz felszívódása a növényekben)

**HALL-effektus** (fiz) Edwin H. HALL (1855. nov. 7, Gorham – 1938. nov. 20, Cambridge) amerikai fizikus 1879-ben a róla elnevezett effektust arra dolgozta ki, hogy vezető anyagok töltéshordozóinak előjelét megállapítsa. Manapság ezt a hatást kiterjedten alkalmazzák  $\rightarrow$  áramerősség és  $\rightarrow$  mágneses erőter mérésére.  $\sim$ nek nevezzük azt a jelenséget, hogy egy mágneses erőterbe helyezett  $\rightarrow$  áramvezető oldalai között  $\rightarrow$  potenciálkülönbség jelenik meg.



Tekintsünk egy téglalap keresztmetszetű ideális vezetőt, amelyet gondolatban  $\mathbf{B}$   $\rightarrow$  fluxussűrűségű mágneses erőterbe helyezünk. Egy  $\rightarrow$  elektronra  $\mathbf{F}_M$  mágneses  $\rightarrow$  LORENTZ-erő hat:

$$\mathbf{F}_M = (-e) \mathbf{v}_d \times \mathbf{B}$$

Ahol  $e$  az elektron töltése,  $v_d$  a vándorlási sebessége. A mágneses tér miatt az ábrának megfelelő jobb oldalon negatív, a bal oldalon  $\rightarrow$  pozitív töltések halmozódnak fel. Kialakul egy elektromos tér, amelyben az elektronra  $\mathbf{F}_E$  elektromos erő hat.  $\rightarrow$  egyensúlyban az  $\mathbf{F}_E$  elektromos erő éppen kiegyenlíti az  $\mathbf{F}_M$  mágneses erőt:

$$|\mathbf{F}_E| = |\mathbf{F}_m|$$

$$eE = ev_d B$$

Az áramerősség definíciójából tudjuk, ha  $n$  a  $\rightarrow$  térfogategységre jutó töltéshordozók száma, akkor

$$v_d = \frac{I}{neab}$$



Így az  $U_H$  Hall-feszültség:

$$U_H = \frac{BI}{neb}$$

**HALL-szonda** lásd: → [HALL-effektus](#)

**halszem objektív** (fiz) A fotográfiában az objektív a tárgyról valódi képet rajzoló optikai rendszer, amely egy v. több → [optikai lencséből](#), ill. egyes objektívek esetében optikai lencséből és tükrökből épül fel. Az emberi szemhez hasonlóan működik, a látószögébe eső fényt összegyűjti, majd az → [optikai tengelye](#) merőleges, fényérzékeny anyagra vetíti. A ~et eredetileg a csillagászati → [távcső](#)vekhez fejlesztették ki abból a célból, hogy az égbolt minél nagyobb szegmensét tudják egyidejűleg vizsgálni. A 8-15 mm-es ~ek általában  $180^\circ$  feletti látószöggel rendelkeznek, és könnyen felismerhető, jellegzetes formában görbítik meg a vonalakat.

**hangsebesség** (fiz) (jele:  $a$ , mértékegysége: m/s) a hanghullámok → [terjedési sebességének](#) abszolút értéke. A ~ négyzete a → [statikus nyomás](#) → [sűrűség](#) szerinti deriváltja:

$$a^2 = \frac{dp}{d\rho}$$

→ [Ideális gáz](#) esetén → [adiabatikus állapotváltozást](#) feltételezve:

$$\frac{p}{\rho^\kappa} = \text{const.} \quad \text{és ezt } \rho \text{ szerint deriválva: } \frac{d}{d\rho} \left( \frac{p}{\rho^\kappa} = \text{const} \right)$$

$$\frac{\frac{dp}{d\rho} \cdot \rho^\kappa - \kappa \rho^{\kappa-1} p}{\rho^{2\kappa}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dp}{d\rho} = \kappa \cdot \frac{p}{\rho} = \kappa RT \quad \Rightarrow \quad a = \sqrt{\kappa RT},$$

ahol  $\kappa$  az → [adiabatikus kitevő](#),  
 $T$  a gáz → [termodinamikai hőmérséklete](#) és  
 $R$  a → [specifikus gázállandója](#).

A levegő adiabatikus kitevőjét és specifikus gázállandóját behelyettesítve:

$$a_{\text{lev}} = 20,05 \sqrt{T} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Levegőben az alábbi képlettel is kiszámítható a ~ közelítő értéke:

$$a_{\text{levk}} \approx 331,8 + 0,6079 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right],$$

ahol  $\mathcal{G}$  a levegő hőmérséklete  $^\circ\text{C}$ -ban.

A ~ hőmérséklettől való függésére vonatkozó reprodukáló kísérleteket végeztek magyar fizikatanárok 2009-ben, Svájcban:

# Kísérletek

## A HANGSEBESSÉG HŐMÉRSÉKLETTŐL VALÓ FÜGGÉSÉNEK KÍSÉRLETI IGAZOLÁSA



Forrás: Dr. Jarosievitz Beáta főiskolai docens (GDF) szerkesztette cern2009 diasorozat 9. diája, az ő engedélyével

1. pl.: A sztratoszférában a hőmérséklet  $\vartheta = -56,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , azaz  $T = 216,65 \text{ K}$ . Mekkora volt a Concorde repülőgép  $\rightarrow$  sebessége, amikor a  $\rightarrow$  MACH-szám mérő éppen  $Ma=2$ -t mutatott?

$$\text{A helyi } \sim: a_{\text{lev}} = 20,05 \sqrt{216,65} \approx 295,12 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{A repülési sebesség: } v = Ma \cdot a_{\text{lev}} \approx 2 \cdot 295,12 = 590,24 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \approx 2125 \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$$

A közelítő képlettel számított  $\sim$ : 297,5045 m/s. A közelítés relatív hibája: 8 %.

2. pl.: Egy  $\vartheta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű teremben a  $\sim$ :

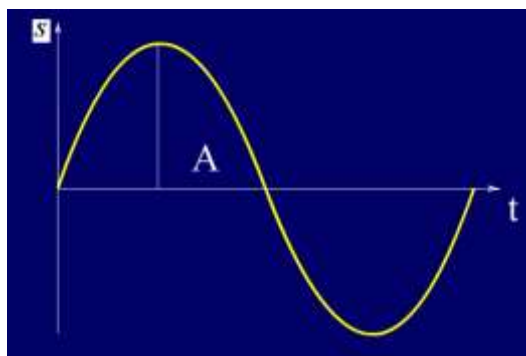
$$a_{\text{lev}} = 20,05 \sqrt{293,15} \approx 343,29 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

A közelítő képlettel:  $a_{\text{levk}} \approx 331,8 + 0,607 \cdot 20 = 343,94 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . A közelítés relatív hibája csak 2 %.

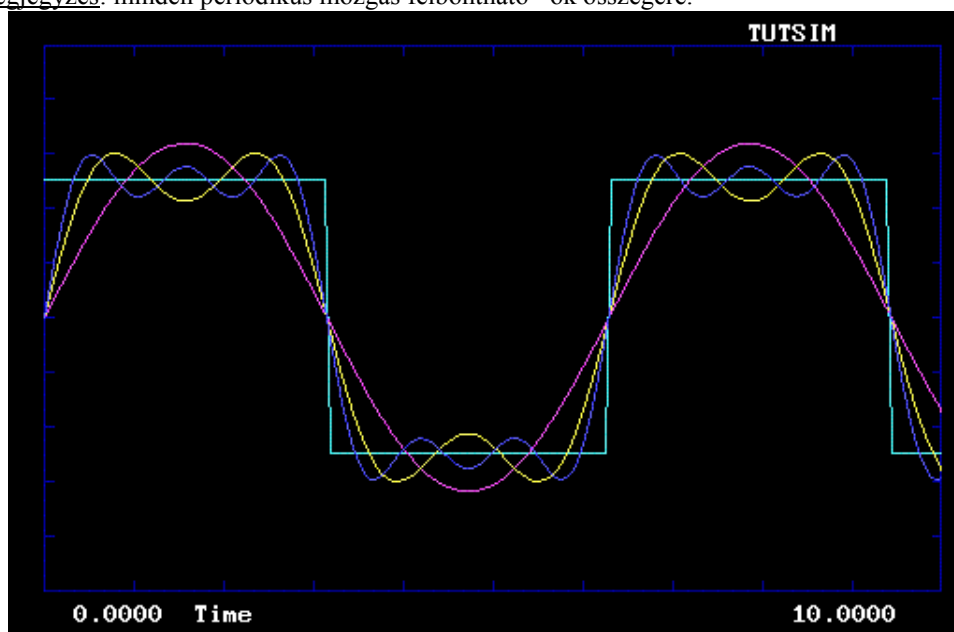
**harmadik kozmikus sebesség** (fiz) a Naprendszer elhagyásához szükséges  $\rightarrow$  szökési sebesség a Föld keringési pályájáról indulva. A Föld napköri keringési sebességét meg kell szorozni  $\sqrt{2}$ -vel. Az alábbi képletben AU az ún.  $\rightarrow$  asztronómiai egység:

$$v_{\text{III}} \cong \frac{2\pi AU \sqrt{2}}{24 \cdot 3600 \cdot 365,25} = \frac{1,49532 \cdot 10^{11} \pi \sqrt{2}}{12 \cdot 3600 \cdot 365,25} = 42104 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \cong 42,1 \left[ \frac{\text{km}}{\text{s}} \right]$$

**harmonikus rezgőmozgás** (fiz) olyan periodikus mozgás, ahol az  $s \rightarrow$  elmozdulás a  $t$  időnek tiszta szinuszos függvénye:  $s = A \sin(2\pi f t + \varphi)$ , ahol  $A$  a rezgés amplitúdója,  $f$  a frekvenciája és  $\varphi$  a kezdőfázis szöge ívmértékben.

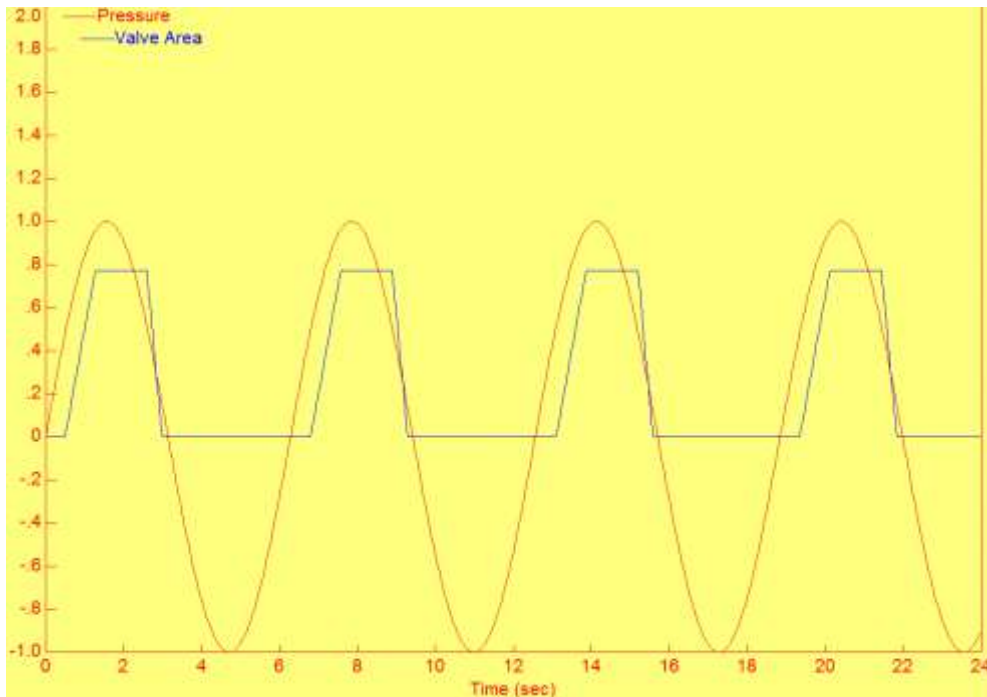


Pl.  $\sim t$  végez egy  $\rightarrow$  tömegpont, ha a ráható visszahúzó  $\rightarrow$  erő arányos az elmozdulással v. kitéréssel. Megjegyzés: minden periodikus mozgás felbontható  $\sim$ ok összegére.



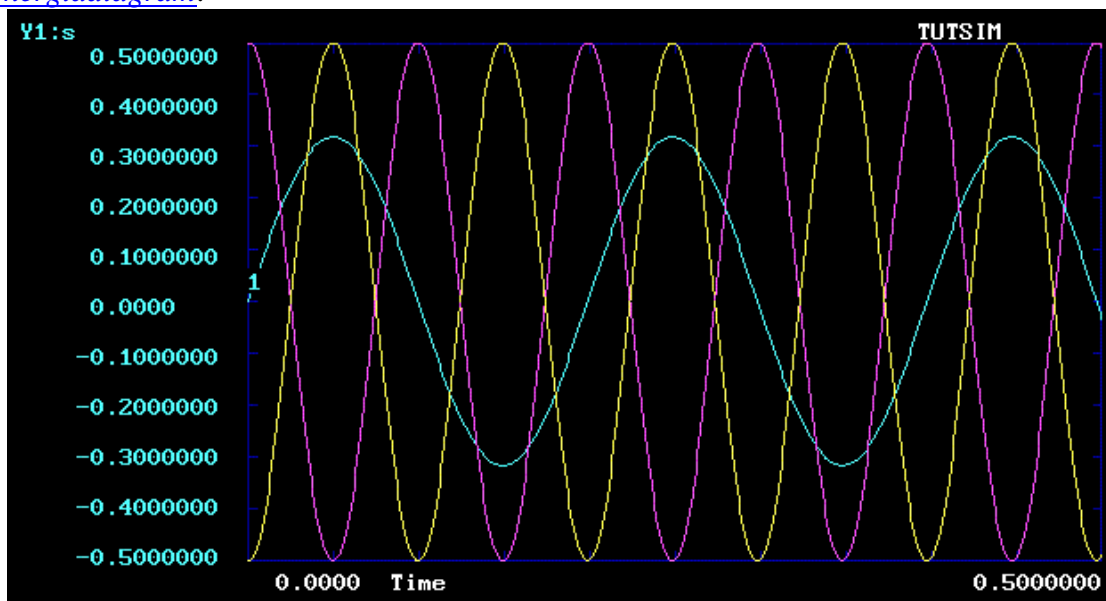
A grafikonon az látszik, hogy a négyszögimpulzus-sorozat  $[\text{sgn}\{\sin(2\pi ft)\}]$ , mint periodikus függvény közelíthető egy  $\sim$ -sal (lila görbe), két  $\sim$  összegével (sárga görbe), három  $\sim$  összegével (kék görbe) stb. Minél több  $\sim$  összegével állítjuk elő, annál jobb a közelítés. A periodikus mozgások felbontása különböző amplitúdójú és frekvenciájú szinusz, ill. koszinusz függvények összegére az ún. FOURIER-analízissel lehetséges.

Megjegyzés:  $\sim t$  végezhet egy gerjesztett rendszer is, ha egy nagykapacitású energiatároló (puffer) „kiszűri” a magasabb frekvenciájú összetevőket. Az alábbi grafikon ezt szemlélteti. A töltőszelep keresztmetszetét periodikusan változtatják, de nem szinuszosan. A nyomásváltozás már harmonikus, és az ezzel egyenesen arányos folyadékoszlop-magasság  $\sim t$  végez.



Forrás: VisSim példatár

**harmonikus rezgőmozgás energiaviszonyai** (fiz) a  $\rightarrow$ [harmonikus rezgőmozgást](#) fizikailag a folyamatos energia-átalakulás teszi lehetővé. A mozgó testben tárolt  $\rightarrow$ [mozgási energia](#) és a visszatérítő  $\rightarrow$ [erőt](#) kifejtő  $\rightarrow$ [rugó](#)ban v.  $\rightarrow$ [erőtér](#)ben (pl. az  $\rightarrow$ [ingánál](#) a  $\rightarrow$ [gravitációs mező](#) révén) tárolt  $\rightarrow$ [helyzeti energia](#) egymásba átalakul. Ezt a folyamatot szemlélteti az alábbi  $\rightarrow$ [energiadiagram](#):



A türkiz görbe a kitérés-ido függvénynt szemlélteti, a lila görbe ábrázolja a mozgási, a sárga pedig a helyzeti energiát az idő függvényében. Mindkét energia 0 és 10 J között hullámzik, de úgy, hogy összegük mindig 10 J, mert a paraméterek a következők:  $m= 0,2$  kg;  $k=200$  N/m; a kezdősebesség pedig  $v_k= 10$  m/s. A mozgásegyenlet:

$$m\ddot{s} + ks = 0 \quad s(0) = 0 \quad \text{és} \quad \dot{s}(0) = v_k = 10 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Az energiák képlete:

$$E_k = \frac{m\dot{s}^2}{2} \text{ és } E_p = \frac{ks^2}{2}$$

A fenti grafikonokat előállító → [számítógépes szimulációs](#) program léptékezése és makro-utasításai:

```

TUTSIM.EXE
PlotBlocks and Scales:
Format:
      BlockNo.  Plot-MINimum,  Plot-MAXimum;  Comment
Horz:         0 ,    0.0000 ,    0.5000000 ; Time
Y1:          2 ,   -0.5000000 ,    0.5000000 ; s
Y2:          5 ,    0.0000 ,    10.0000 ; Ek
Y3:          7 ,    0.0000 ,    10.0000 ; Ep
Y4:           ,           ,           ;

This PERSONAL TUTSIM is not licensed for commercial use by corporations.
Use "EE" command for other license restrictions, including classroom use.

MODEL:
10.0000      1 INT      -3           ;v
0.0000       2 INT       1           ;s
1.000E+03    3 GAI       2           ;s*k/m
0.1000000   4 MUL       1           1 ;v^2
0.1000000   5 GAI       4           ;Ek
100.0000    6 MUL       2           2 ;s^2
100.0000    7 GAI       6           ;Ep

COMMAND :

```

**hasadóanyag** (műsz, fiz) a → [maghasadás](#) bemenő terméke.

**hasonlóság** (fiz) két esemény (berendezés a működését kísérő eseményekkel együtt) akkor hasonló, ha az egyik esemény → [állapothatározó](#)inak kapcsolatát leíró egyenletek hasonlósági transzformációja a másik esemény leírását szolgáltatja, tehát egyik a másik → [modellje](#). A ~ fontos feltétele az ún. egyértelműségi feltételek megfeleltethetősége is.

**hasonlósági invariáns** (fiz) a → [hasonlósági szám](#)ok közül azok a ~ok, amelyek a hasonló rendszerek leíró differenciálegyenleteinek egymásba transzformálhatóságát teszik lehetővé, azaz a → [hasonlóság](#) következményei. Pl. ~ a → [MACH-szám](#) és a → [REYNOLDS-szám](#).

**hasonlósági kritérium** (fiz) a → [hasonlósági szám](#)ok közül azok a ~ok, amelyek az egymás → [modelljének](#) tekintett rendszereket leíró differenciálegyenletek egyértelműségi kritériumainak megfeleltetését teszik lehetővé, hiszen ugyanannak a differenciálegyenletnek nagyon sok megoldása lehet a kezdeti, vég- és peremfeltételektől függően. Pl. ~ az → [EULER-szám](#) és a → [WEBER-szám](#).

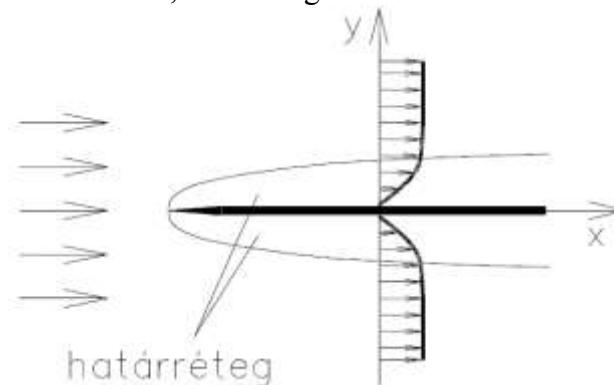
**Megjegyzés:** A fentiekben szereplő EULER-szám nem tévesztendő össze a matematika nevezetes irracionális és transzcendens állandójával, az *e*-számmal; *e* = 2,7182818..., amelynek definiáló képlete:

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^n$$

**hasonlósági szám** (fiz) gyűjtőfogalom, amely lehet a → [hasonlóság](#)hoz szükséges → [hasonlósági invariáns](#) és → [hasonlósági kritérium](#) is.

**határréteg** (fiz) A repülés igényei a XX. század elején szükségessé tették az áramlástani számítási eljárások kidolgozását. Elektronikus számítógépek hiányában olyan → [modellre](#) volt szükség, amellyel az áramlási jellemzők jó közelítéssel meghatározhatók a kor technikai feltételei mellett is. A teljes áramlási tér leírása pl. egy szárny körül, megoldhatatlan feladat elé állította a mérnököket mindaddig, amíg L. PRANDTL áramlástan-professzor a múlt század elején a következő gondolatmenettel lehetővé nem tette a fenti probléma megoldását: ha egy

testet áramlásba helyezünk, akkor annak falán a  $\rightarrow$ [sebesség](#) (a tapadás miatt) zérus, a faltól távolodva, de még annak közelében, a sebesség rohamosan növekszik.



Forrás: LAJOS Tamás: *Az áramlástan alapjai*, előadási jegyzet. Bp. 1992. p. 106. (10.3 ábra)

Ebben a rétegben a  $\rightarrow$ [súrlódás](#)nak nagy a szerepe. Tehát ha a súrlódás hatása szempontjából vizsgáljuk az áramlási teret, akkor az két részre osztható:

- egy fal melletti viszonylag vékony rétegre, az ún.  $\sim$ re, ahol a sebesség a fal közvetlen közelében zérusról a faltól távol érvényesre növekszik. A  $\sim$ -ben jelentős szerepe van a súrlódásnak, tehát itt a  $\rightarrow$ [NAVIER-STOKES-egyenlet](#)et kell alkalmazni.
- a faltól távolabbi áramlási térre, ahol a súrlódás hatása elhanyagolható (azaz jó közelítéssel érvényes az  $\rightarrow$ [EULER-egyenlet](#) v. a  $\rightarrow$ [BERNOULLI-egyenlet](#)).

Hasonlóképpen oszthatnánk fel a teret két részre az áramló közegbe helyezett felmelegített síklap körüli  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#)-eloszlás szempontjából is. A síklap a távolabbi folyadékreszeket is melegíti, de ez elhanyagolható a síklap közvetlen közelében áramló folyadék melegítéséhez képest, ezért e [hőmérsékleti](#)  $\sim$ -ben a hőmérséklet gradienseinek abszolút értéke nagyságrendileg nagyobb, mint a  $\sim$ -en kívül. A  $\rightarrow$ [hőátadás](#) és az  $\rightarrow$ [impulzustranszport](#) gyakorlatilag ugyanannak a mechanizmusnak az eredménye: molekuláris méretekben a molekulák ütközése,  $\rightarrow$ [turbulens áramlás](#)ok esetén ezen kívül az örvények egymásra hatása, keveredése okozza. A  $\sim$ -nek két fajtáját különböztetjük meg, a  $\rightarrow$ [lamináris](#)  $\sim$ -et és a  $\rightarrow$ [turbulens](#)  $\sim$ -et.

**hatásfok** (fiz, műsz) (jele:  $\eta$ ) A  $\sim$  egy arányszám, mely azt fejezi ki, hogy a felhasznált energia hányad részben alakult át hasznos munkává.

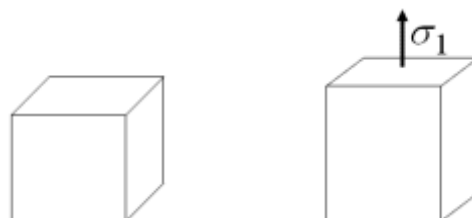
$$\eta = \frac{\text{Hasznos munka}}{\text{Felhasznált energia}}$$

A  $\sim$ , mint arányszám a fentivel analóg módon felírható teljesítményekre is:

$$\eta = \frac{\text{Hasznos teljesítmény}}{\text{Befektetett teljesítmény}}$$

**hatásvonal** (fiz) az  $\rightarrow$ [erő](#) vektorán átmenő egyenes. A  $\rightarrow$ [merekv test](#)ekre ható erő saját  $\sim$ -la mentén eltolható anélkül, hogy a statikai helyzetet megváltoztatná. ( $\rightarrow$ [a statika alaptételei](#))

**háromdimenziós HOOKE-törvény** (fiz) kapcsolat a  $\rightarrow$ [feszültségek](#) és a nyúlások között.



A kezdetben  $l_0$  élhosszúságú kocka  $\sigma_1$  hatására  $l_1$ -re nyúlik, de a rá merőleges élek  $l_2$ -re és  $l_3$ -ra húzódnak össze. Az összehúzódás arányos a nyúlással. A kétféle  $\rightarrow$  alakváltozás közti viszonyt a  $\rightarrow$  POISSON-tényező jellemzi:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1,$$

ahol

$$\varepsilon_1 = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \quad \varepsilon_2 = \frac{l_2 - l_0}{l_0} \quad \varepsilon_3 = \frac{l_3 - l_0}{l_0}$$

Ha a kockára három feszültség hat, és azokkal fejezzük ki a  $\rightarrow$  relatív nyúlásokat, akkor az eredő fajlagos nyúlások,  $E \rightarrow$  rugalmassági modulussal jellemezhető  $\rightarrow$  izotróp anyagban:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \nu(\sigma_2 + \sigma_3)]$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{E} [\sigma_2 - \nu(\sigma_1 + \sigma_3)]$$

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{E} [\sigma_3 - \nu(\sigma_1 + \sigma_2)]$$

A kocka  $\rightarrow$  térfogatváltozás:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{l_0^3 (1 + \varepsilon_1)(1 + \varepsilon_2)(1 + \varepsilon_3) - l_0^3}{l_0^3} \approx \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \kappa = \frac{1 - 2\nu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

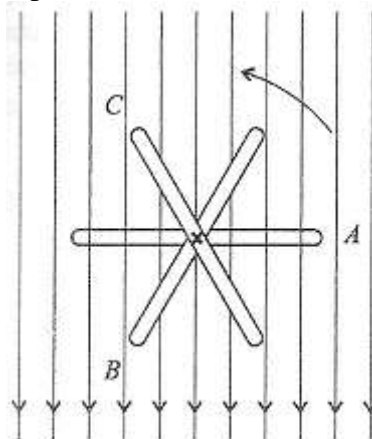
Mindenoldalú nyomás esetén  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = -p$  és  $\kappa \approx ap$ .

$$\kappa = \frac{3(2\nu - 1)p}{E} = ap, \text{ ahol}$$

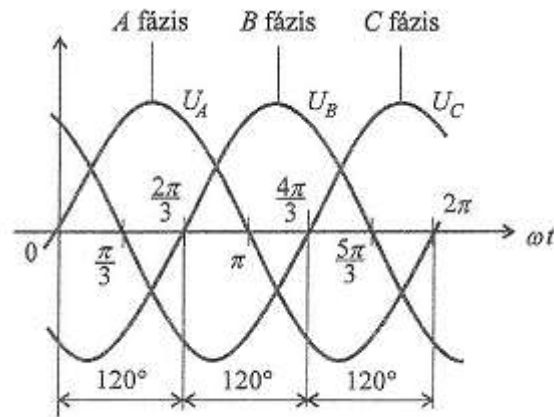
$$-a = \frac{3(1 - 2\nu)}{E}, \text{ amely anyagi jellemző}$$

Tehát a rugalmassági modulus és a POISSON-tényező között egyértelmű kapcsolat van. Pl. vas és acél esetén  $\nu=0,3$ ; réz és ötvözeteinél  $\nu=0,36$ ; alumínium és ötvözeteinél  $\nu=0,34$ . Képlékeny alakváltozáskor  $\Delta V=0$ , ezért a POISSON-tényező egyformán  $\nu=0,5$ .

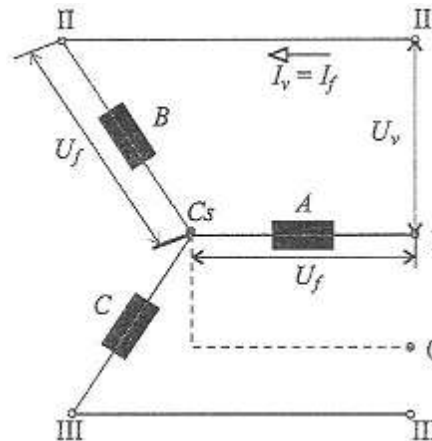
**háromfázisú hálózat** (fiz) Ha  $\rightarrow$  homogén mágneses térben három vezető keretet/tekercset forgatunk közös tengely mentén úgy, mint ahogy a  $\rightarrow$  generátor esetén látjuk, geometriailag  $120^\circ$ -kal elforgatva egymáshoz képest, akkor 3 kapocsfeszültségen 3 különböző fázisú, szinuszosan  $\rightarrow$  váltakozó feszültséget kapunk.



Az ábrán  $A$ ,  $B$ ,  $C$  betűkkel jelöltük a tekercseket. Ha a tekercsek geometriai és elektromos paraméterei megegyeznek (a tekercsek egyformák), akkor az  $\rightarrow$ indukált feszültségek  $\rightarrow$ amplitúdói és  $\rightarrow$ frekvenciái azonosak. Jelöljük ezeket  $A$  fázis,  $B$  fázis,  $C$  fázis felirattal.



A  $\sim$  összekötéséhez nem 6, hanem csak 4 vezetékre van szükség, mert a közös nulla vezeték a „Cs” csillagpontban összeköthető.

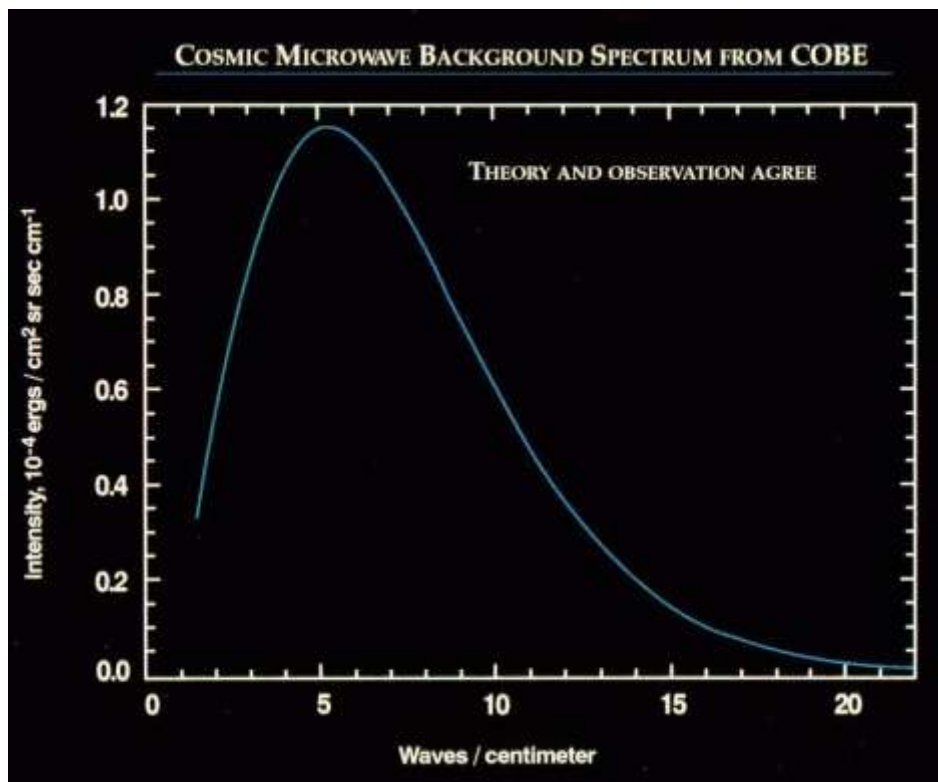


$$U_v = \sqrt{3} \cdot U_f$$

**háttérsugárzás** (fiz, kozmológia) a 2,725 K hőmérsékletű, 160,4 GHz maximumú  $\rightarrow$ feketetest-sugárzásnak megfelelő spektrumú elektromágneses sugárzás, amely az egész Világegyetemet kitölti. Térbeli eloszlása csaknem tökéletesen izotróp, – az eltérés kb. 18  $\mu$ K. Az  $\rightarrow$ Ősrobbanás után nagyjából 380 000 évvel az atommagok és  $\rightarrow$ elektronok összeálltak atomokká, és a  $\rightarrow$ fotonok (fény) számára a Világegyetem átlátszóvá vált (lecsatolódott egymásról az anyag és a sugárzás). A mikrohullámú  $\sim$  ebből az időből származik, de a  $\rightarrow$ vöröseltolódás miatt a hőmérséklete drasztikusan lecsökkent. Ez a sugárzás az Ősrobbanás-elmélet komoly bizonyítékának tekinthető. A mikrohullámú kozmikus  $\sim$ t Gamow, Alpher és Hermann jósolta meg 1948-ban.

Megjegyzés: George GAMOW (Георгий Антонович Гамов, 1904. márc. 4, Ogyessza – 1968. aug. 19, Boulder), orosz/amerikai elméleti fizikus, kozmológus, Ralph A. ALPHER (1921. febr. 3, Washington DC - 2007. aug. 12, Austin), amerikai elméleti fizikus, kozmológus, Robert HERMANN (1914. aug. 29, New York - 1997. febr. 13, Austin), amerikai fizikus, kozmológus.





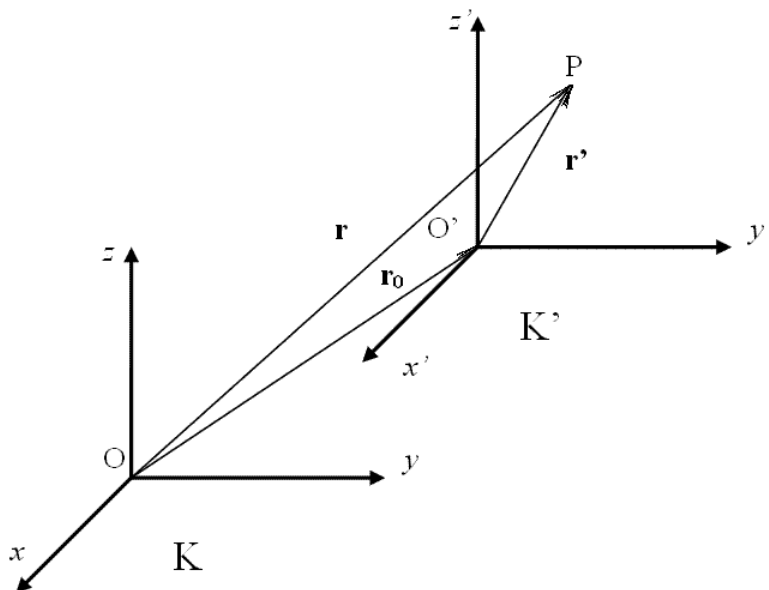
A kozmikus háttérsugárzás spektruma a →[COBE](#) mérései alapján

**helyzeti energia** (fiz) (jele:  $E_h$  v.  $U$ , mértékegysége: J) Általánosságban a  $\sim$  a testben tárolt →[energia](#) egy olyan fajtája, amely a test (vmilyen zérus szinthez viszonyított) helyzetétől függ. A mechanikában leggyakrabban a gravitációs erőterben végzett emelési →[munka](#) ( $W_{em}$ ) révén változó gravitációs helyzeti energiát nevezzük  $\sim$ -nak, de a →[rugók](#) is  $\sim$ -t tárolnak. Egy testet állandó sebességgel emelve annak →[mozgási energiája](#) nem változik, helyette az emelési munka a  $\sim$  növelésére fordítódik:

$$\Delta E_h = W_{em} = m \cdot g \cdot h$$

A  $\sim$  számításakor csak a változás játszik szerepet ezért az  $E_h=0$  szint a →[rendszer](#) tetszőleges helyéhez hozzárendelhető. (Ezt a zérus energiaszintet célszerű a vizsgált →[tömeg](#) lehetséges legmélyebb helyzetének megfeleltetni.)

**helyzetvektor** (fiz) egy →[tömegpont](#) →[pályája](#) bármely pontjába mutató vektor, amelynek kezdőpontja a →[vonatkoztatási rendszer](#) origója. Matematikailag ez egy vektor-skalár függvény:  $\mathbf{r}=\mathbf{r}(t)$ . Ha egy másik, ismert helyzetű vonatkoztatási rendszerben adott a  $\sim$ , akkor az eredetiben értelmezett vektori összeadással kapjuk meg:  $\mathbf{r}=\mathbf{r}_0+\mathbf{r}'$ .



**hengeres kondenzátor** → hengerkondenzátor. A kondenzátor régies neve: sűrítő.

**hengerkerék** (fiz) az → egyszerű gépek egyike, amelyet két, közös forgástengelyű, különböző átmérőjű, egyenes körhenger alkot. A kisebb átmérőjű hengerre csévélő kötéltre v. láncra függesztik a terhet, és a nagyobb átmérőjű hengert v. hajtókereket forgatva emelik fel (pl. kerek kút, lásd: ábra). A ~ működési elve a → nyomatéki egyensúlyon alapul (→ statikai egyenletek). Az erőegyensúlyban a tengely csapágyait tartó bak → reakcióereje is szerepet játszik. Legyenek az átmérők  $d < D$ , a teher → súly:  $G$ , a lecsévélődött láncé:  $G_1$ , a hengeren lévő:  $G_h$ ,  $G_1 + G_h = G_0 = \text{const}$ , a hajtóerő:  $F$  és a → csapsúrlódás fékezónyomatéka:  $M_s = \mu r (G + G_1 + G_h + F \cos \alpha)$ , ahol  $\mu$  a csapsúrlódási tényező,  $\alpha$  a hajtókar szög helyzete és  $r$  a csapágy sugara. A nyomatéki egyenlet:

$$\frac{d(G + G_1)}{2} + \mu r (G + G_1 + G_h + F \cos \alpha) = \frac{DF}{2}$$

Ezt megfelelően rendezve megkapjuk a tényleges → erőátviteli tényezőt:

$$TEÁT_{em} \hat{=} \frac{F_a}{F_b} = \frac{G}{F} = \frac{D - 2\mu r \cos \alpha}{d + 2\mu r + \frac{G_0}{G} \cdot \left( \frac{G_1}{G_0} \cdot d + 2\mu r \right)}$$

Tehát akkor a legkisebb a tényleges erőátviteli tényező, amikor a hajtóerőt lefelé fejtik ki és a lánc teljesen lecsévélődött:  $G_1 = G_0$ . Ha a csapsúrlódás és a lánc súlya elhanyagolható, akkor a hajtóerő abszolút értéke állandó, és ilyenkor érvényes az ideális erőátviteli tényező:

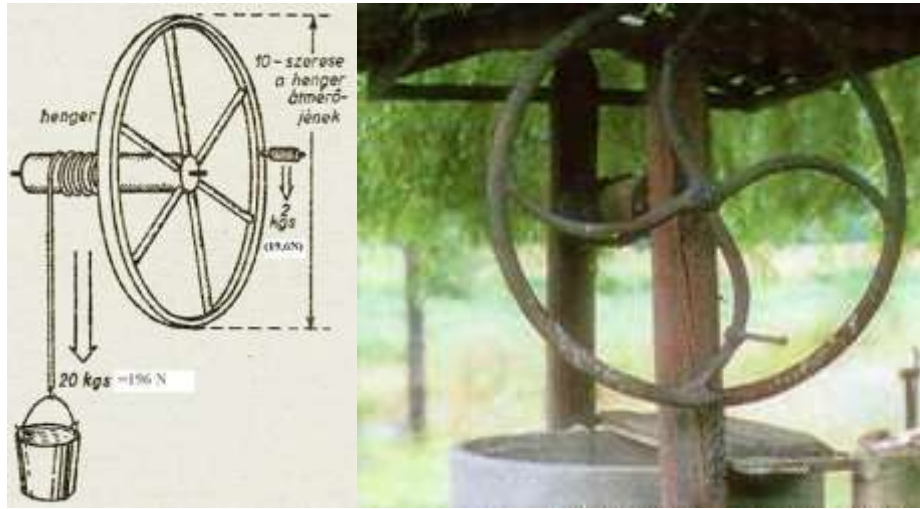
$$EÁT = \frac{D}{d}$$

Amikor a súlyt leeresztjük, a nyomatéki egyenlet 2-vel szorozva:

$$d(G + G_1) = 2\mu r (G + G_0 + F \cos \alpha) + DF.$$

Ilyenkor az  $F$  erővel fékezzük a mozgást. Az ennek megfelelő tényleges erőátviteli tényező:

$$TEÁT_{em} \hat{=} \frac{F_a}{F_b} = \frac{G}{F} = \frac{D + 2\mu r \cos \alpha}{d - 2\mu r + \frac{G_0}{G} \cdot \left( \frac{G_1}{G_0} \cdot d - 2\mu r \right)}$$



Forrás: <http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Gep.htm>

Tehát a legnagyobb szükséges fékezőerő akkor van, amikor ezt az erőt fölfelé fejtik ki és a vödör már majdnem leért, mert ilyenkor a lecsévélődött lánc és a vödör együttes súlya a legnagyobb  $G_{\max}=G+G_0$ :

$$\max \{ F_{\text{fék}} \} = \frac{(d - 2\mu r) G_{\max}}{D - 2\mu r}$$

Pl. üres vödör leeresztésekor  $G$  jóval kisebb, mint a teli vödör emelésekor, ezért a türelmetlen ember nem a hajtókerékkel fékez, hanem a kisátmérőjű henger palástjára nyomott tenyerével. Ha már ezt sokszor megtette, akkor szinte tükörsima annak felülete, ezért a  $\mu_s$  súrlódási együttható viszonylag kicsi. Kiszámítható a szükséges szorítóerő, ha mindkét tenyerével, átel- lenesen ugyanakkora  $F_{\text{ny}}$ -t fejt ki, akkor  $\rightarrow$  erőpár nyomatékával fékezi a hengert. A nyoma- téki egyenlet 2-vel szorozva:  $d(G+G_1)=2\{\mu_s d F_{\text{ny}} + \mu r(G+G_0)\}$ . Az ennek megfelelő tényleges erőátviteli tényező és a nyomóerő maximuma:

$$TEÁT_{\text{fék}} \hat{=} \frac{F_a}{F_b} = \frac{G}{F_{\text{ny}}} = \frac{2\mu_s d}{d - 2\mu r - \frac{G_0}{G} \left( 2\mu r - \frac{G_1}{G_0} \cdot d \right)} \quad \max \{ F_{\text{ny}} \} = \frac{(d - 2\mu r) G_{\max}}{2\mu_s d}$$

**hengerkondenzátor** (fiz) A ~ két koaxiális vezető hengerből áll. A belső henger külső sugara  $a$ , a külső henger belső sugara  $b$ , és persze  $b > a$ . Tételezzük fel, hogy a vezető hengerek hosz- sza  $L$  nagyon nagy ( $L \gg a$  és  $L \gg b$ ), így az erőternek a koncentrikus hengerek végeinél fellé- pő inhomogenitást elhanyagolhatjuk. A ~  $\rightarrow$  kapacitása vákuumban és levegőben:

$$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(b/a)}$$

Megjegyzés: ha egy hengerkondenzátor külső hengerének belső sugara  $b$ , akkor a belső henger felületén minimá- lis az elektromos térerősség, ha  $b/a = e = 2,7182818\dots$ . Mivel az  $E_a = f(b/a)$  görbe a minimum közelében lapos, ezért praktikus okokból egy adott  $b$  sugarú geometriánál a  $\rightarrow$  van de GRAAFF generátoroknál  $b/a < e$  a választás.

**heterogén termodinamikai rendszer** (fiz) az olyan  $\rightarrow$  termodinamikai rendszereket, amelyek csak egyetlen  $\rightarrow$  fázisból állnak ugyan, tehát nincsenek bennük makroszkopikus határoló felü- letek, de a rendszerek sajátosságai pontról pontra változnak, ~eknek nevezzük.

**hidraulika** (fiz, műsz)

(1). a cseppfolyós folyadékok  $\rightarrow$  prizmatikus rúdszerű csatornáknál és csövekben való moz- gásával foglalkozó szaktudomány. Számos megállapítása a légnemű anyagokra is érvényes,

de az összenyomható közegek viselkedésével a gázdinamika foglalkozik. Lásd még →[aerodinamika!](#)

(2). folyadékkal történő →[erőátvitel](#) berendezései.

**hidrodinamika** (fiz, műsz) a cseppfolyós folyadékok mozgásával foglalkozó szaktudomány.

**hidrogénatom kvantumállapotai** (fiz) az alábbiakban összegezzük az atomi elektron állapotát (hidrogénatom) leíró →[kvantumszám](#)okat:

Név	jelölés	jelentés	megengedett értéke
főkvantumszám	n	héj	$1 \leq n$
mellékvantumszám	l	alhéj	$0 \leq l \leq n-1$
mágneses kvantumszám	$m_l$	energiaeltolódás	$-l \leq m_l \leq l$
spinkvantumszám	$m_s$	spin	$-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$

**hidrogénbomba** (kat) v. fúziós bomba könnyű atommagok egyesülésekor, azaz →[magfúzió](#) során felszabaduló igen jelentős →[energián](#) alapuló, tömegpusztító fegyver. Az azonos töltésű hidrogénmagok relatíve óriási COULOMB-erővel taszítják egymást - ezt nevezik COULOMB-gátnak -, és ezt a gátat csak roppant nagy energiájú (nagy →[hőmérsékletű](#)) atommagok tudják leküzdeni. Ezt a nagy energiát egy →[maghasadás](#)sal működő →[atombombától](#) kapja a hidrogén lítiummal alkotott vegyülete, vagy nagyenergiájú lézersugárral közlik a hidrogénnel.

**hidrosztatika** (fiz, műsz) a nyugvó cseppfolyós folyadékok tulajdonságaival foglalkozó szaktudomány.

**hologram** (fiz) A holográfia a fény hullámtermészetén alapuló olyan képrögzítő eljárás, amellyel a tárgy struktúrájáról tökéletes térhatású, vagyis háromdimenziós kép hozható létre. [A hologram a tárgyról visszavert fény intenzitását, hullámhosszát és fázisát is képes megjeleníteni.](#) A ~ készítésekor a tárgyat koherens, monokromatikus lézerefénnyel világítják meg, majd a visszaverődő fénynyalábot egy féligáteresztő tükör segítségével úgynevezett referencia-nyalábbá transzformálják.

A két sugár a fotólemezen találkozik, ahol interferencia képet, azaz hologramot („teljes kép”) hoz létre. A holográfiát a magyar származású, NOBEL-díjas fizikus, GÁBOR (Günszberg) Dénes (1900. jún. 5, Budapest – 1979. febr. 9, London) 1947-ben találta fel, de csak 1960 (a lézer megalkotása) után terjedt el.

**homogén elektromos tér** (fiz, vill) Homogén az elektromos tér egy adott pillanatban, egy összefüggő térrészben, ha minden pontjában az →[elektromos térerősség](#) azonos nagyságú, és azonos irányú.

**homogén mágneses tér** (fiz) Azt a térrészt, amelynek minden pontjában a **B** →[indukcióvektor](#) azonos nagyságú, azonos irányú, és azonos értelmű, ~nek nevezzük. Ilyen pl. a hosszú, légmagos →[szolenoid](#) belseje.

**homogén termodinamikai rendszer** (fiz) az olyan →[termodinamikai rendszereket](#), amelyek belsejében nincsenek makroszkopikus elválasztó felületek, és amelyeken belül az intenzív állapotjelzők értéke minden pontban azonos értékű, ~eknek nevezzük.

**homológ modell** (tud) a →[referens](#)sel geometriai hasonlóságot mutat, és a benne lejátszódó fizikai jelenség azonos, ezért a ~ gyakori elnevezése: kisminta. A ~en végzett kísérletek eredményeinek a referensre való visszavezetése meghatározott →[hasonlósági kritériumok](#)

betartását követeli (hasonlóságelmélet). A  $\sim$  a referenshez viszonyítva hasonló behatásra hasonló módon reagál, de különböző paraméterértékeknél megy végbe. A  $\sim$  lehetővé teszi pl.  $\rightarrow$  aerodinamikai jelenségek szélcsatornában való tanulmányozását. A  $\sim$ -en végzett mérések eredményei csak a skálatörvények figyelembe vételével vihetők át a referensre.



Forrás: DVD melléklet LAJOS Tamás: *Az áramlástan alapjai* c. tankönyvéhez Bp. 2009. 2. kiadás

**HOOKE-törvény** (fiz) Robert HOOKE (1635. júli. 18. – 1703. márc. 3.) holland eredetű angol természettudós, polihisztor, a Royal Society tagja kísérletileg igazolta a  $\sim$ -t.  $\rightarrow$  NEWTON III. törvénye alapján a  $\rightarrow$  rugóra  $F_k \rightarrow$  erőt kifejtő testre a rúgó ugyanakkora, de ellentétes irányú  $F_r$  erőt gyakorol, vagyis a rugóban mindig az eredeti helyzet visszaállítását szolgáló rugóerő ébred. Az ily módon viselkedő ideális rugót írja le a  $\sim$ :

$\boxed{\mathbf{F}_r = -k \cdot \mathbf{x}}$ , ahol  $k$  – a  $\rightarrow$  rugóállandó (régí terminológia szerint  $\rightarrow$  rugómerevség)  
 $\mathbf{x}$  – a rugó megnyúlása vagy összenyomódása az eredeti hosszhoz képest

A fentiek alapján a rugó által más testre gyakorolt erővel ( $F_r$ ) ellentétes előjelű a rugóra gyakorolt erő  $F_k = k \cdot x$ .

A végzett  $\rightarrow$  munka meghatározása integrálszámítással történik, mivel az erő a rugó megnyúlása függvényében változik. Ekkor is fontos figyelembe venni a külső erő által a rugón végzett munka ( $W_k$ ) és a rugó által a másik testen végzett munka ( $W_r$ ) közötti különbséget. A  $W_r$  negatív, mivel a rugóerő ellentétes irányú az elmozdulással, míg a  $W_k$  pozitív. Az integrálszámítás eredményeként az alábbi két összefüggés adódik:

$$(1) \boxed{W_k = \frac{1}{2} kx^2} \quad (2) \boxed{W_r = -\frac{1}{2} kx^2}$$

**hő** (fiz)  $\rightarrow$  hőmennyiség

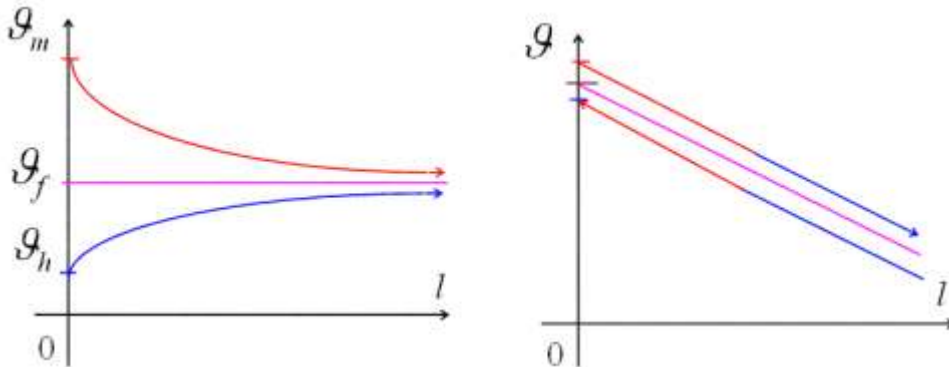
**hőáram** (műsz) (jele:  $q$ , mértékegysége: 1 W) a termikus kölcsönhatás  $\rightarrow$  A-típusú változója, amely a hő idő szerinti deriváltja.

**hőátadás** (fiz) a  $\sim$  a  $\rightarrow$  hő átvitele hőáramlás (konvekció) útján egyik  $\rightarrow$  rendszerből a másikba. Lásd.:  $\rightarrow$  áramlásos hőközlés

**hőátadási tényező** (műsz, fiz) (jele:  $\alpha$ , mértékegysége: 1 W/Km<sup>2</sup>) az  $\rightarrow$  áramlásos hőközlés képletében szereplő arányossági tényező, amely függ az áramló közegtől és annak áramlási viszonyaitól (pl. a  $\rightarrow$  térfogatáramtól, a  $\rightarrow$  sűrűségtől és  $\rightarrow$  fajhőtől is). Pl. áramló levegőnél a  $\sim$  közelítőleg  $\alpha = a + bv$ , ahol  $a = 5,8$  W/Km<sup>2</sup>,  $b = 4$  JK/m és  $v$  a légsebesség m/s-ban.

**hőátszarmaztatás** (műsz) → [hőközlés](#)

**hőcserélő** (műsz) olyan technikai berendezés, amelyben az egyik közeg → [hőt](#) ad át egy másikkal. A közegek eltérő időintervallumban is tartózkodhatnak a regeneratív ~ben, amelyet rekuperátornak is szoktak nevezni. Ha a két közeg egyidejűleg van a ~ben, akkor közvetlenül keveredhetnek, de leggyakrabban egy nagyfelületű fal választja el őket, és e falon keresztül valósul meg a → [hőközlés](#). Ez utóbbi módon működő ~nek három fajtáját különböztetjük meg: egyenáramú ~, ellenáramú ~ és keresztáramú ~. Az ábrán az előbbi kettő áramló közegeinek a hőmérsékletét látjuk a ~ hossza mentén. Az ellenáramú ~ben csak akkor párhuzamosak a grafikonok, ha a két közeg ún. vízértéke, azaz a → [fajhő](#) és a → [tömegáram](#) szorzata azonos.



**hőerőgép** (műsz) olyan gép, amely a bevezetett → [hő](#) egy részét → [mechanikai munká](#)vá tudja átalakítani. ~ek már az ókorban is voltak, de a keletkezett → [mechanikai energiát](#) nem termelőmunkára, hanem pl. az alexandriai templom kapujának önműködő mozgatására használták. HERON [**HÉRÓN** (i. e. 3. század vége – i. e. 2. század eleje) görög gépész és matematikus] találmánya az oltártűz hőjével levegőt melegített. A kiterjedt levegő vizet szorított ki, és annak súlya egy áttételen keresztül mozgatta a kaput (→ [ókori automaták](#)). Az újkorban a dugattyús gőzgép, a gőzturbina és különféle belsőégésű motorok tették lehetővé az ipar és a közlekedés modernizálását. A ~ek tanulmányozása után ismerték fel a fizikusok a → [termodinamika](#) törvényszerűségeit. A termodinamika első tudatos alkalmazása Rudolf DIESEL nevéhez fűződik, mert a dízelmotort nem csupán kísérletezgetéssel, hanem fizikai megfontolások után alkotta meg.

**hőerőgépek** (fiz,műsz) körfolyamatban, periodikusan működő gépek, amelyek a hőt mechanikai munkává alakítják (gőzgépek, belsőégésű motorok, gázturbinák stb.).

**hőhalál-elmélet** (fiz) a → [termodinamika II.főtétele](#) szerint magára hagyott rendszerek → [entrópiája](#) csak növekedhet. Ha egy magára hagyott rendszerben az entrópia elérte a maximális értéket, akkor további → [állapotváltozás](#) termikus egyensúlyban már nem lehetséges, ezért végleges egyensúlyi állapot áll be. Ebből a megállapításból CLAUSIUS azt a következtetést vonta le, hogy a Világegyetem entrópiája is a maximum felé törekszik, és amint azt eléri, beáll az egyensúlyi állapot, amely a világ végét, az ún. hőhalált eredményezi. A Világegyetem azonban nem tekinthető homogén egyensúlyi rendszernek, így az entrópiája nincs értelmezve, ezért nem alkalmazható rá a II. főtétel.

**Megjegyzés:** Rudolf Julius Emanuel CLAUSIUS (Köslin, Poroszország, 1822. jan. 2. - Bonn, 1888. aug. 24.) Német elméleti fizikus, a termodinamika tudományának egyik megalapozója Rudolf Gottlieb-ként látta meg a napvilágot, a CLAUSIUS nevet később, a tudomány iránti tiszteletből vette fel.

**hőhatás** (fiz) a konduktív (vezetési) áram Joule-törvény értelmében vett hőteljesítménye a  $P = RI^2$  összefüggés alapján.

**hőkapacitás** (műsz, fiz) (jele:  $C_v$ , mértékegysége: J/T) a termodinamikai testek egyik extenzív paramétere. A testek hőtároló képessége a  $\sim$ -sal arányos, mert a fölvevett, vagy leadott  $\rightarrow$ hő a  $\rightarrow$ hőmérséklet-változás és a  $\sim$  szorzata, ill. a test által felvett  $\Delta Q$  hő, a  $\sim$  és az általa előidézett  $\Delta T$  hőmérséklet-változás  $C_v = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$  hányadosa. Az egységnyi tömegre vonatkoztatott  $\sim$ ,

a test  $c = \frac{C_v}{m} \rightarrow$ fajhőjének nevezik.

**hőközlés** (műsz, fiz) termikus kölcsönhatás, amikor a magasabb  $\rightarrow$ hőmérsékletű test  $\rightarrow$ hőt ad át az alacsonyabb hőmérsékletűnek. A  $\sim$ -nak három módja van: a  $\rightarrow$ hőátadás, a  $\rightarrow$ hősugárzás és a  $\rightarrow$ hővezetés.

**hőmennyiség** (műsz, fiz) (jele:  $Q$ , mértékegysége: 1 J) a  $\rightarrow$ termikus kölcsönhatás munka-jellegű  $\rightarrow$ extenzív mennyisége. A  $\sim$  fontos tulajdonsága, hogy nem állapotjelző. A  $\sim$  a termikus kölcsönhatás során felvett v. leadott energiamennyiség. A  $\sim$  arányos a hőmérsékletváltozással és a tömeggel, vagyis  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ , ahol  $m$  az energiát felvevő v. leadó anyag tömege [kg],  $\Delta T$  a  $\rightarrow$ hőmérséklet-változás [K],  $c$  pedig az anyag  $\rightarrow$ fajhője [J/kg·K]. Két test közötti hőmérsékletkülönbség hatására történő energiaátadást nem feltétlenül kíséri munkavégzés v. impulzusátadás. A  $\sim$  megváltozása kifejezhető a termikus kölcsönhatás jellemző  $\rightarrow$ intenzív mennyiségének, azaz az abszolút hőmérsékletnek és jellemző extenzív mennyisége, azaz az  $\rightarrow$ entrópia megváltozásának szorzataként:  $\Delta Q = T \Delta S$  (Az entrópia állapotjelző.)

**hőmérő** (fiz) a  $\rightarrow$ hőmérséklet mérésére szolgáló eszköz. Működésének fizikai alapja azon nyugszik, hogy hőmérsékletváltozáskor a testek tulajdonsága – mint pl.  $\rightarrow$ térfogat,  $\rightarrow$ nyomás,  $\rightarrow$ elektromos ellenállás stb. – megváltozik. E változások mérhetők és kapcsolatba hozhatók a hőmérséklettel, ha a függvénykapcsolat monoton. Ez utóbbi feltétel biztosítja az egyértelműséget.

**hőmérséklet** (műsz, fiz) a termikus kölcsönhatás jellemző  $\rightarrow$ intenzív mennyisége. A test hőállapotára jellemző  $\sim$  közvetett megállapítása  $\rightarrow$ hőmérők segítségével történik. Az abszolút  $\sim$  jele:  $T$ , mértékegysége: 1 K [1892-től Lord KELVIN of Largs ; 1866-tól Sir William THOMSON (1824. jún. 26. – 1907. dec. 17.) skót fizikus, matematikus vezette be 1848-ban] . A CELSIUS-skálán [Anders CELSIUS (1701. nov. 27. – 1744. ápr. 25.) svéd csillagász vezette be 1742-ben úgy, hogy a víz forráspontját vette kezdőpontnak és a fagyáspontját 100 °C-nak, de Martin STRÖMER javaslatára 1750-ben megfordították mai alakjára] mért hőmérséklet jele:  $\nu$ , mértékegysége: 1 °C és 0-pontja:  $T=273,15$  K-nél van. (Megj.: a víz ún. hármaspontjának  $\rightarrow$ abszolút hőmérséklete: 273,16 K.)

**hőmérsékleti skálák** (fiz) a különböző  $\sim$ : Celsius (°C), Kelvin (K), Réaumur (R) és Fahrenheit (°F) egymás közötti kapcsolata :

$$T(^{\circ}\text{C}) = T + 273,15(\text{K}) = 0,8T(\text{R}) = 1,8T+32(^{\circ}\text{F})$$

Megjegyzés: Renè Antoine Ferchault de RÉAUMUR (1683. febr. 28, La Rochelle – 1757. okt. 17, Saint-Julien-du-Terreux) francia természettudós.

**hőmozgás** (fiz) a testet alkotó atomok és molekulák a  $\rightarrow$ hőmérséklet emelkedésével növekvő energiájú, rendezetlen mozgása. A klasszikus fizika szerint az abszolút zérus fokon a  $\sim$  megszűnik, míg a kvantumelmélet szerint - a határozatlansági relációval összhangban - teljesen ott sem szűnik meg.

**hősugárzás** (műsz, fiz) a testek közti  $\rightarrow$ hőközlésnek az a módja, amelynél az  $\rightarrow$ energiát az

elektromágneses spektrum infravörös tartományába tartozó hősugarak szállítják. A  $\rightarrow$ hőáramot a STEFAN–BOLTZMANN-törvényre támaszkodó LAMBERT-törvény alapján lehet kiszámítani, pl. a következő képlettel:

$$q = \Phi_E = \varepsilon_n C_0 A_p \left[ \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \varphi_{21},$$

ahol  $C_0 = 5,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$  az abszolút fekete test emissziós tényezője,

$\varepsilon_n = \varepsilon_1 \varepsilon_2$  a rendszer redukált feketedési foka,

$A_p$  egyezményesen a hőcsere alapjául vett felület,

$\varphi_{21}$  a besugárzás tényezője, vagyis az ún. szögtényező középértéke,

$T_1$  és  $T_2$  a sugárzó hőcserében résztvevő objektumok abszolút hőmérséklete.



Forrás: Dr. Kun István felvétele a Bécsi Tudományegyetem kertjében 2010. áprilisában

J. STEFAN (1835. márc. 24. – 1893. jan. 7.) szlovén nyelvű költő, osztrák matematikus, a Bécsi Egyetem fizika-professzora mondta ki a negyedik hatvánnyal kapcsolatos törvényt.

Johann Heinrich LAMBERT (1728. aug. 26. – 1777. szept. 25) svájci matematikus, fizikus, csillagász 1760-ban állapította meg a besugárzási szögtényező ún. koszinusz-törvényét.

**hőszivattyú** (fiz,műsz) a ~ olyan berendezés, amely alacsonyabb  $\rightarrow$ hőmérsékletű környezetből  $\rightarrow$ hőt von el és azt magasabb hőmérsékletű helyre szállítja. A ~ tehát elvileg olyan hűtőgép, amelynél nem a hideg oldalon elvont, hanem a meleg oldalon leadott hőt hasznosítják, tehát fordított  $\rightarrow$ hőerőgép (ill. fordított  $\rightarrow$ hűtőgépek).

**hőtán** (fiz)  $\rightarrow$ termodinamika

**hőtartalom** (műsz, fiz)  $\rightarrow$ entalpia

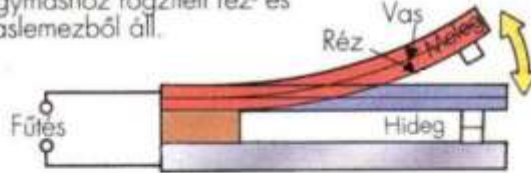
**hőtágulás** (fiz) v. hődilatáció <lat> anyagi testek fizikai tulajdonsága, amely abban nyilvánul meg, hogy  $\rightarrow$ hő hatására méreteik megváltoznak; általában növekednek, de pl. a víz 4 °C alatt fordítva viselkedik. Erre a műszaki létesítmények tervezésénél tekintettel kell lenni, mert ez a tulajdonság a különféle anyagoknál általában különböző, ezért eltérő mértékű  $\rightarrow$ deformációt okoz. Ezt az eltérést  $\rightarrow$ hőmérséklet-érzékelésre is használhatjuk (*bimetálos érzékelő*).



## A bimetál

Különböző szilárd anyagok különböző mértékben tágulnak. Ezt szemlélteti a **bimetál** viselkedése, amelyet termosztátokban használnak a központi fűtőrendszer hőmérsékletének szabályozására.

A bimetál egy-egy szorosan egymáshoz rögzített réz- és vaslemezből áll.



Melegítéskor a réz jobban kitágul, mint a vas. Ettől a szalag kifelé hajlik, megszakítja az elektromos áramkört, és kikapcsolja a fűtőtestet. Amikor lehül, a szalag visszahajlik, és a fűtés bekapcsol.

Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 27.

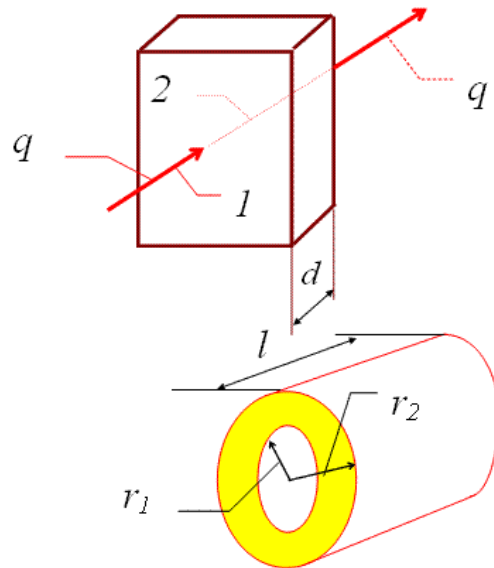
A lineáris  $\sim$  képlete:  $l_g = l_0(1 + \alpha\Delta\vartheta)$ , ahol  $\alpha$  a lineáris  $\sim$ -i tényező és  $\Delta\vartheta$  a hőmérsékletváltozás. A  $\sim \rightarrow$  térfogat változásra is értelmezhető; ennek képlete:  $V_g = V_0(1 + \beta\Delta\vartheta)$ , ahol  $\beta$  a köbös  $\sim$ -i tényező. Izotróp (térbeli iránytól független) anyagra érvényes, hogy  $\beta \approx 3\alpha$ .

**hőtágulási tényező**(fiz) az anyagok  $\Delta T = T - T_0 \rightarrow$  hőmérséklet változásakor fellépő  $\Delta V = V - V_0 \rightarrow$  térfogat változására jellemző mennyiség. A térfogatváltozás arányos a kezdeti  $T_0$  hőmérsékleten mért  $V_0$  térfogattal és a  $\Delta T$  hőmérsékletkülönbséggel, azaz  $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$ , ahol  $\beta$  a  $\sim$ . Gázok esetén  $\beta = \frac{1}{273,15} K^{-1} = const.$ , szilárd anyagok esetén az anyagi minőségtől függ.

**hőterjedés (hőtranszport)** (fiz) A  $\sim$  olyan energiáttranszport, amelyben vezetéssel (konduktív), áramlással (konvektív) és hősugárzással történik a transzport. A konduktív  $\sim$ -ben makroszkopikus anyagáramlás nincs, míg a konvektív  $\sim$  anyagáramlással útján jön létre. A hősugárzás elektromágneses sugárzás (l.  $\rightarrow$  színkép).

**hővezetés** (műsz, fiz) a testek közti  $\rightarrow$  hőközlésnek az a módja, amelynél az atomok hőmozgásából adódó  $\rightarrow$  energiát (a  $Q$ -val jelölt hőt) a szomszédos atomok, ill. molekulák adják át egymásnak.  $\sim$ -nél nincs anyag-, ill. részecskeáramlás. A  $\sim$  folyamata hőmérsékletkülönbség hatására indul meg, és megáll, ha a  $\rightarrow$  hőmérséklet kiegyenlítődik. A jelenség leírására Jean Baptist Joseph FOURIER br. (1768. márc. 21. – 1830 máj. 16.) francia matematikus, fizikus akadémikus 1807-től kidolgozott differenciálegyenletét használjuk, amelyben  $\lambda$  a  $\rightarrow$  hővezetési tényező. Síklappal határolt fal esetén a  $\rightarrow$  hőáram egyenesen arányos a hőmérsékletkülönbséggel és a fal  $A$  keresztmetszetével is, és fordítottan arányos a  $d$  falvastagsággal:

$$q \hat{=} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda A \cdot \frac{dT}{dx} = \frac{\lambda A}{d} (\vartheta_1 - \vartheta_2)$$



Csővezeték esetén a hőáram és az  $R_\lambda$  termikus ellenállás is függ a sugárviszony logaritmusától:

$$q = \frac{2\pi l \lambda}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2), \text{ ha } \lambda = \text{const.}$$

$$R_\lambda \hat{=} \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{q} = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi l \lambda}$$

**hővezetési tényező** (műsz, fiz) (jele:  $\lambda$ ) a hővezetés anyagjellemzőjétől függő arányossági tényezője. Néhány szilárd anyag  $\sim$ jét az alábbi táblázat tartalmazza:

Anyag megnevezése:	$\lambda \left[ \frac{W}{Km} \right]$
keményfém	0,2
beton	1,4
acél	26-52
magnéziumötvözet	70-140
sárgaréz	87-116
Al-Cu-Mg	165
alumínium	233
arany	291-311
vörösréz	349-395
ezüst	419

**Hubble-törvény** (csill) a  $\sim$  szerint a galaxisok távolodási sebessége ( $v$ ) egyenesen arányos a köztük lévő távolsággal ( $r$ ); az arányossági tényező a  $H$  Hubble-állandó, amelynek értéke:  $74,2 \pm 0,4$  km/sMpc.

$$v = Hr$$

**Hubble-űrtávcső** (fiz, csill) a  $\sim$  (**Hubble Space Telescope, HST**) olyan csillagászati műhold, amely a közeli infravörös, a látható fény és az ultraibolya tartományban (115—2500 nm kö-

zött) végez észleléseket. Nevét Edwin HUBBLE csillagászról kapta, 1990. április 24-én indították a Discovery űrrepülővel. Fő alkatrésze egy 2,4 m átmérőjű távcső, amely négy műszerbe továbbítja az összegyűjtött fényt. A távcső teljes hossza 13,2 m, átmérője 4,2 m, tömege 11 100 kg, és hetente 120 Gbyte adatot szolgáltat. A kutatási programot a NASA vezeti, az ESA (European Space Agency) részvételével. Eddig 5 nagyjavításon esett át; működtetését 2018-ig tervezik; utána egy új műszer váltja fel. Szerepét már 2014-ben a [James WEBB űrtávcső](#) veszi át.



Hubble-űrteleszkóp

**hullámcsomag** (fiz) Egy  $\sim$  különböző rezgésszámú hullámokból összetevődő olyan hullámvonulat, amely egy adott időpontban csak egy bizonyos térrészben van jelen, és ez a hullámvonulat a térben mozog. Például a vákuumban mozgó részecske ábrázolható egy átlagos helyzet körül nem eltűnő hullámcsomaggal. A [kvantummechanika](#) egyik központi fogalma a *hullám-részecske kettősség (dualitás)*; az a koncepció, hogy a [fény](#) és az [anyag](#) mind [hullám](#)-, mind [részecske tulajdonságokat](#) mutat. Eredete Christiaan HUYGENS és Isaac NEWTON egymással versengő fényelmélete volt. Albert EINSTEIN, Louis DE BROGLIE és mások munkájának köszönhetően ma megalapozott tény, hogy minden objektumnak van hullám- és részecske-természete (bár ez a jelenség csak nagyon kis skálán, például az atomi és szubatomi részecskéknél érzékelhető). Louis-Victor DE BROGLIE [1892. aug. 15, Dieppe – 1987. márc. 19, Louveciennes], NOBEL-díjas francia fizikus 1924-ben fogalmazta meg hipotézisét, amelyben azt állította, hogy *minden* anyagnak van hullámtermészete:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

A  $\rightarrow$ [foton](#)nak zérus a nyugalmi  $\rightarrow$ [tömege](#), de ( $E$  energiájából fakadóan) impulzusa van, amely  $p = E/c = hv/c = h/\lambda$ . Itt  $h$  a  $\rightarrow$ [PLANCK-állandó](#):  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}^2$ . Korpuszkulák esetén  $p = mv$ , vagyis az  $m$  tömegű,  $v$  sebességgel mozgó részecskéhez tartozó DE BROGLIE hullámhossz  $\lambda = h/mv$ . Makroszkópikus tömegek esetén  $\lambda$  elhanyagolhatóan kicsi, de pl. az 1 keV kinetikus

energiájú  $\rightarrow$  [elektron](#)okra  $\lambda \approx 4 \cdot 10^{-11}$  m. Mivel az optikai kristályokban az atomsíkok távolsága 0,1 nm nagyságrendű, az ezen áthaladó gyors elektronok már interferencia-képet mutatnak.

**hullám csoportsebesség** (fiz) Egy nem harmonikus zavar (pl. egy rövid hullámcsomag) különböző frekvenciájú harmonikus hullámok szuperpozíciójának tekinthető, vagyis különböző frekvenciájú harmonikus hullámok eredője. Gyakran előfordul, hogy a hullám terjedési sebessége függ a frekvenciától, így az összetevő hullámok  $\rightarrow$  [fázissebessége](#) eltérő (a jelenséget  $\rightarrow$  [hullám-diszperzió](#)-nak v. fényhullám esetén egyszerűen  $\rightarrow$  [diszperzió](#)-nak nevezik). A zavar terjedési sebessége ilyenkor az ún. *csoportsebességgel* egyezik meg. Diszperzió esetén attól függően, hogy a fázissebesség a hullámhossznak növekvő, v. csökkenő függvénye, a  $\sim$  a fázissebességnél kisebb (normális diszperzió), ill. nagyobb (anomális diszperzió). Amennyiben a (megegyező terjedési irányú és közel azonos amplitúdójú) komponenshullámok  $\rightarrow$  [körfrekvenciája](#) ( $\omega$ ) és  $\rightarrow$  [hullámszáma](#) ( $k$ ), valamely adott  $\omega_0$  és  $k_0$  érték kis környezetébe esik, a  $\sim$  és a fázissebesség közötti kapcsolatot a RAYLEIGH-féle összefüggés írja le:

$$v_{cs} = v_{f,0} - \lambda \frac{dv_f}{d\lambda},$$

ahol  $v_{f,0} = \frac{\omega_0}{k_0}$ ,

$\lambda$  a hullámhossz.

A körfrekvenciának a hullámhossztól való függése [az  $\omega = \omega(k)$  függvény] ismeretében a  $\sim$ :

$$v_{cs} = \frac{d\omega}{dk}.$$

Fényhullámok esetén a diszperzió miatt a törésmutató ( $n$ ) a körfrekvencia függvényében változik, így a  $\sim$  (optikailag homogén közegben):

$$v_{cs} = \frac{c}{n + \omega \frac{dn}{d\omega}},$$

ahol  $c$  a  $\rightarrow$  [fénysebesség](#).

A  $\sim$  fontos szerepet játszik a fizikai rendszerek [kvantummechanikai](#) leírásában is. Egy szabad részecske esetében a megfelelő  $\rightarrow$  [SCHRÖDINGER-egyenlet](#) általános megoldása, a  $\Psi(\mathbf{r}, t)$  függvény egy hullámcsoportot ír le, ahol az egyes komponenshullámok síkhullámok. A hullámcsomag  $\sim$  e részecske előfordulási valószínűségét meghatározó  $|\Psi(\mathbf{r}, t)|^2$  függvény maximumhelyének sebességével adható meg:

$$v_{cs,x} = \frac{d\langle X \rangle}{dt}, \quad v_{cs,y} = \frac{d\langle Y \rangle}{dt} \quad \text{és} \quad v_{cs,z} = \frac{d\langle Z \rangle}{dt},$$

ahol  $\langle X \rangle$ ,  $\langle Y \rangle$  és  $\langle Z \rangle$  a részecske megfelelő helykoordinátáihoz rendelt kvantummechanikai operátorok várható értéke.

**hullám-diszperzió** (fiz) az optikában egyszerűen  $\rightarrow$  [diszperzió](#) az a jelenség, amikor a [hullám](#)  $\rightarrow$  [terjedési sebessége](#) függ a  $\rightarrow$  [frekvenciától](#), így az összetevő hullámok  $\rightarrow$  [fázissebessége](#) eltérő. Fényhullámok esetén a  $\sim$  miatt a  $\rightarrow$  [törésmutató](#) ( $n$ ) a  $\rightarrow$  [körfrekvencia](#) függvényében változik:

$$n = 1 + \frac{q_0^2}{2\epsilon_0 m} \sum_k \frac{N_k}{(\omega_k^2 - \omega^2 + i\delta_k \omega)},$$

ahol  $N_k$  a közeg egységnyi  $\rightarrow$  [térfogat](#)ában, atomkötelékben levő,

$\omega_k$  rezonancia-körfrekvenciájú és  $\delta_k$  csillapítási tényezőjű  $\rightarrow$  elektronok száma.

$m$  az elektron tömege,

$q_0$  az elektron töltése,

$\omega$  a sugárzás körfrekvenciája és

$\epsilon_0$  a  $\rightarrow$  vákuum dielektromos állandója.

Megjegyzés:

1. Ha  $\omega > \omega_k$ , akkor a törésmutató 1-nél kisebb is lehet. Ilyenkor a hullám terjedési sebessége meghaladhatja a fény vákuumbeli ( $c$ ) sebességét, de üzenetet (információt) mégsem lehet  $c$ -nél gyorsabban továbbítani, mert a fenti képlet alapján kiadódó ellentétes  $\rightarrow$  fázis a hírjel bekapcsolása után nem azonnal alakul ki. Valójában az  $\rightarrow$  erőtér bekapcsolásakor a töltés az  $\rightarrow$  erővel megegyező irányba indul el. Egy átmeneti (tranzien) berezgési folyamat kezdődik, amely egy kis idő múltán elhal, és csak ezt követően válik a  $\rightarrow$  rezgőmozgás fázisa a külső térhez képest ellentétesé. Állandósult állapotban a közegen keresztülhaladó tér fázisa látszólag megelőzheti a hullámforrásból kiindulót, de az „információ” terjedési sebessége  $c$ -nél mégis kisebb marad.

2. Ha a törésmutató  $\omega$ -szerinti deriváltja negatív, akkor a  $\rightarrow$  hullám csoportsebesség nagyobb a fázissebességnél. Ezt az esetet anomális diszperziónak nevezik.

Lásd még  $\rightarrow$  hullámterjedési sebesség

**hullámegyenlet** (fiz) a térben terjedő hullámok mozgásegyenlete, és megoldása valamely  $\Psi$  fizikai jellemző függvényét adja meg, amelynek független változója a térbeli  $\mathbf{r}$   $\rightarrow$  helyzetvektor és idő, paramétere pedig az  $a$   $\rightarrow$  hullámterjedési sebesség. Ebből következik, hogy a  $\sim$  általában inhomogén, parciális differenciálegyenlet:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} - a^2 \Delta \Psi \triangleq \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} - a^2 \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) = f(t, x, y, z)$$

A hullámegyenletnek van

$$\Psi = \Psi \left( t - \frac{\mathbf{r} \cdot \mathbf{n}}{a} \right)$$

alakú megoldása. Ez fizikailag azt jelenti, hogy a  $\Psi = \text{const.}$  állapot tovaterjed  $\mathbf{n}$  irányban  $\dot{\mathbf{r}}$  sebességgel ( $|\dot{\mathbf{r}}| = a$ ). Elektromágneses hullámokra a  $\sim$  fenti, általános alakja a  $\rightarrow$  MAXWELL-egyenletekből levezethető. Ekkor  $\Psi$  helyébe az elektromos térerősség ( $\mathbf{E}$ ), ill. a mágneses indukció ( $\mathbf{B}$ ) vektor megfelelő komponensei kerülnek, a hullámterjedési sebesség pedig az adott közegben aktuális  $c$   $\rightarrow$  fénysebesség.

Példaként a hang  $\sim$ ének levezetését találja az alábbiakban.

Az  $\rightarrow$  EULER-egyenlet skaláris alakját itt csak egydimenziós áramlásra írjuk fel, és ha eltekin-tünk a gravitációs és más külső  $\rightarrow$  erőterek hatásától, akkor pl. egy  $\rightarrow$  prizmatikus rúd alakú csőnek tekinthető fúvós hangszerben, az alábbi parciális differenciálegyenlet – az  $\rightarrow$  EULER leírási mód szerint – írja le a levegő mozgását. Ha a levegő makroszkopikus  $v = v(x, t)$   $\rightarrow$  áramlási sebességének abszolút értéke kicsi, akkor további egyszerűsítésre van lehetőség:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \approx 0, \text{ ha } |v| \approx 0$$

Tegyük fel, hogy a  $\rightarrow$  nyomás a  $\rightarrow$  sűrűség függvénye, és kis megváltozása a sűrűségváltozás-sal egyenesen arányos! Ezt képletben kifejezve a  $\rightarrow$  hangsebesség négyzetével és a kontinuitá-si egyenlet ( $\rightarrow$  folytonosság tétele) egyik tagjába helyettesítve:

$$\frac{dp}{d\rho} = a^2 \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{d\rho}{dp} \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{1}{a^2} \frac{\partial p}{\partial t}$$

Felírva a kontinuitási és az EULER-egyenletet a fenti helyettesítéssel, az egyenletrendszer:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} &= -\rho a^2 \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial p}{\partial x} &= -\rho \frac{\partial v}{\partial t} \end{aligned} \right\}$$

A folytonossági egyenletet az idő ( $t$ ), az EULER-egyenletet pedig a hely ( $x$ ) szerint parciálisan deriváljuk, hogy a sebességet kiküszöbölhessük az egyenletrendszerből:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} &= -\rho a^2 \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial t} \\ \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} &= -\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t \partial x} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

Háromdimenziós esetben a hullámeqyenlet:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} = \Delta p = \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$$

**hullámeqyenlet általános megoldása** (fiz, mat) a hullám alakját és terjedését leíró függvény.

A  $\rightarrow$  [hullámeqyenlet](#) általános alakja  $f$  gerjesztő függvénnyel:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - c^2 \Delta \psi = f(t, \mathbf{r}), \text{ a } \Delta \text{ Laplace - operátorral,}$$

illetve koordinátákkal :  $\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - c^2 \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) = f(t, x, y, z),$

ahol  $c$  a  $\rightarrow$  [hullámterjedési sebesség](#) abszolút értéke.

A hullámeqyenletnek van

$$\boxed{\psi = \psi \left( t - \frac{\mathbf{rn}}{c} \right)}$$

alakú megoldása. Ez fizikailag azt jelenti, hogy a  $\psi = \text{const.}$  állapot tovaterjed  $\mathbf{n}$  irányban  $\dot{\mathbf{r}} \rightarrow$  [sebességgel](#) ( $|\dot{\mathbf{r}}| = c$ ).

Egydimenziós, külső gerjesztés nélküli esetben:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2},$$

amelynek egy lehetséges megoldása az  $x$  tengely irányában haladó szinuszhullám:

$$\psi = \psi_{max} \sin[k(x - ct)],$$

ahol  $\psi_{max}$  a hullám  $\rightarrow$  [amplitúdója](#),

$k$  a  $\rightarrow$  [hullámszám](#) és

$\lambda$  a  $\rightarrow$  [hullámhossz](#).

**hullám fázissebesség** (fiz) a  $\sim$  a hullám  $\rightarrow$  [körfrekvenciája](#) és  $\rightarrow$  [hullámszám](#)vektorának nagysága alapján a

$$v = \frac{d\omega}{dk} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

összefüggéssel adható meg.

**hullámfüggvény** (fiz) a  $\sim v$ .  $\rightarrow$  állapotfüggvény olyan függvény (vektor), amely egy fizikai rendszer teljes állapotát írja le. A  $\sim$  azonban egy adott rendszert nem határoz meg egyértelműen, azaz ugyanazt a rendszert végtelen sok, eltérő  $\sim$  is leírhatja.

**hullámhossz** (fiz) (jele:  $\lambda$  mértékegysége: 1 m)  $A \sim a c \rightarrow$  terjedési sebesség abszolút értékének és a  $T \rightarrow$  periódusidőnek a szorzata.

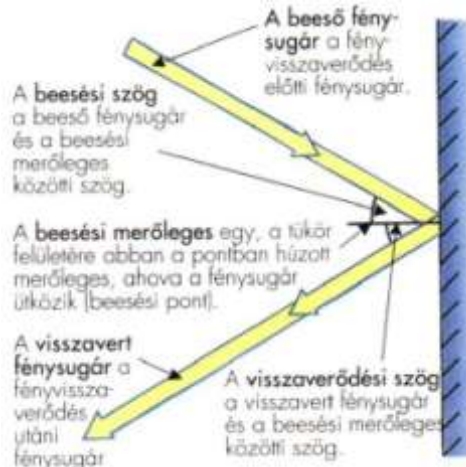
$$\lambda = cT$$

**hullámok visszaverődése** (fiz) A hullám visszaverődik, amikor haladása során akadályba ütközik. A visszaverődés előtti hullámot beeső hullámnak, a visszaverődés utáni pedig visszavert hullámnak nevezik. Mindkét hullám terjedési irányát az akadály síkja normálisához, vagyis a beesési merőlegeshez viszonyított szöggel jellemezzük.  $\sim$ kor a beesés szöge mindig megegyezik a visszaverődés szögével. Az alábbi ábrán ún. hullámkádban végzett kísérlet eredménye látható.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 17.

Nemcsak a víz hullám képes visszaverődni, hanem a fény-, hang- és  $\rightarrow$  rádióhullám is.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 20.

**hullámszám** (fiz) (jele:  $k$ , mértékegysége: 1 radián/m) egyenes mentén terjedő hullámok jellemző adata, amely a  $2\pi$  hosszon elférő,  $\lambda$  hullámhosszú hullámok számával egyenlő. Képlete:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

**hullámterjedési sebesség** (fiz)  $v$ . hullámsebesség (jele:  $a$  v.  $c$ , mértékegysége: 1 m/s) az anyag  $v$ . tér valamely tulajdonsága periodikus változásának terjedési sebessége. A  $\sim$  értelmezhető ún. fázissebességként is, hiszen valójában egy jelalak valamilyen fázishelyzete mozog  $\sim$ gel. A hullám hordozóközegétől függően lehet kiszámítani a  $\sim$  aktuális értékét. Pl. a hang  $\sim$ -ét, a  $\rightarrow$  hangsebességet a levezetéssel együtt megtalálja a szócikkénél. Egyéb longitudinális hullámét, a hordozóközeg adataival az alábbi táblázat tartalmazza.

Hordozóközeg halmazállapota	Hullámsebesség
-----------------------------	----------------

szilárd	$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ $E$ a rugalmassági modulus, $\rho$ a sűrűség
cseppfolyós	$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ $K$ a térfogati rugalmassági tényező
légnemű (gáz)	$c = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}} = \sqrt{\kappa RT}$ $\kappa$ az adiabatikus kitevő, $p$ a nyomás, $R$ a specifikus gázállandó és $T$ a termodinamikai v. abszolút hőmérséklet

A  $\rightarrow$  transzverzális hullámok  $\sim$  szilárd anyagokban:

$$c = \sqrt{\frac{G}{\rho}},$$

ahol  $G$  a  $\rightarrow$  csúsztató rugalmassági modulus.

Transzverzális hullámok  $\sim$   $F$  erővel feszített,  $l$  hosszúságú,  $A$  keresztmetszetű,  $m$  tömegű,  $\rho$  sűrűségű zenei húrban:

$$c = \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \sqrt{\frac{F}{A\rho}}$$

Transzverzális elektromágneses (TEM) hullámvezetőkben a  $\sim$  nem csak az anyagjellemzőktől függ, hanem a TEM hullámvezetőre kapcsolt jel  $\rightarrow$  frekvenciájától is. Ha feltételezzük, hogy egy ilyen vezetőkben a paraméterek homogén eloszlásúak; a  $\rightarrow$  villamos ellenállás vonalmenti sűrűsége:  $r$ , az önindukciós tényező:  $l$ , a szórt  $\rightarrow$  kapacitás:  $c$  és a szivárgó áram vezetőképességé:  $g$ , akkor felírható az ún. táviróegyenlet, amelynek független változója az idő és a vezető hossza mentén mérhető  $h$  távolság. A táviróegyenlet megoldása a térben és időben változó áram- és feszültségfüggvény. KIRCHHOFF  $\rightarrow$  hurok- és  $\rightarrow$  csomóponti törvénye alapján egy elemi vezeték szakaszra felírható:

$$u(t, h) = i(t, h) \cdot r \cdot \Delta h + l \cdot \Delta h \cdot \frac{\partial i}{\partial t} + u(t, h + \Delta h)$$

$$i(t, h) = i(t, h + \Delta h) + c \cdot \Delta h \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + g \cdot \Delta h \cdot u(t, h)$$

Az elemi hosszal osztva és áttéve a  $\Delta h \rightarrow 0$  határátmenetre:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial h} = -ri - l \frac{\partial i}{\partial t} \\ \frac{\partial i}{\partial h} = -gu - c \frac{\partial u}{\partial t} \end{cases}$$

A parciális differenciálegyenlet-rendszer megoldásai speciális és általános esetben: Koordináta - transzformáció:  $y = h + at$  és  $z = h - at$ ,

ahol  $a = \sqrt{\frac{1}{lc}}$  (a hullám terjedési sebessége)

Az eredeti egyenletrendszer normál alakra transzformálható. Pl. a feszültségre felírva másodrendű, lineáris, állandó együtthatós, hiperbolikus fajtájú parciális differenciálegyenletet kapunk:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial z} = \frac{rg}{2} u + \frac{k}{4a} \left( \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial z} \right),$$



ahol  $k = \frac{r}{l} + \frac{g}{c}$ .

Ha  $r=0$  és  $g=0$ , akkor nem lennének (elosztott paraméterű)  $\rightarrow$  **D-típusú elemek** a rendszerben, tehát a  $\rightarrow$  **disszipált teljesítmény** nulla lenne, és ezért tetszőleges alakú,  $a$  fázissebességgel

haladó hullám lenne a megoldása. Ha  $gl=cr$  egyenlőség fennállna, akkor  $e^{-\frac{r}{l}}$  függvény szerint csillapodó hullám lenne a megoldása.

Általános esetben viszont **hullámdiszperzió** lép fel. Az eltérő frekvenciájú jelösszetevők más és más  $\rightarrow$  **sebességgel** haladnak, vagyis távközlési célból továbbított jeleknél, a vezeték hosszának növekedésével, egyre inkább számítani kell szimbólumközi áthallásra (ISI-re). Pongyola megfogalmazása e jelenségnek, amikor azt mondják, hogy a jel „szétkenődik”. A hullámdiszperzió hírközlésre gyakorolt káros hatását megfelelő adószűrővel, jelismétlők (repeaters) beiktatásával, vagy a vett jel mintáinak célszerűen súlyozott átlagát számító eszközzel lehet csökkenteni.

**huroktörvény** (fiz) A  $\sim$  kimondja, hogy bármely zárt áramkört hurok mentén a  $\rightarrow$  **feszültségek** összege zérus.

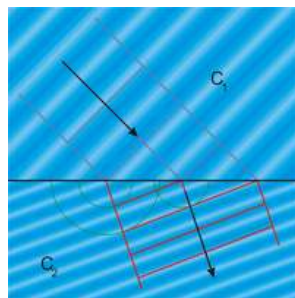
Diszkrét alkatrészek esetén:

$$\sum U = 0$$

Folytonos térbeli eloszlásoknál az  $\mathbf{E}^*$   $\rightarrow$  **idegen térerőt** is figyelembe véve:

$$\oint_s (\mathbf{E} + \mathbf{E}^*) d\mathbf{r} = 0$$

**HUYGENS-FRESNEL-elv** (fiz) A hullámfront minden pontja elemi  $\rightarrow$  **gömbhullámok** kiindulópontja. Az elemi hullámok a  $\rightarrow$  **fény sebességével** terjednek. Hullámjelenség a térben ott észlelhető, ahol az elemi hullámok - interferencia révén - erősítik egymást. Egy későbbi „t” időpontban a hullámfront új helyzetét az elemi hullámok  $\rightarrow$  **interferenciájának** burkolója adja meg.



**húrelmélet** (fiz) a  $\rightarrow$  **multiverzumot** leíró elmélet, amely nem pontszerű részecskékkel, hanem kiterjedt objektumokkal (**húrok**,  $\rightarrow$  **bránok**) foglalkozik. Jelenleg az egyik leginkább elfogadott elmélet, amely képes a négy  $\rightarrow$  **alapvető kölcsönhatást**, valamint az  $\rightarrow$  **általános relativitáselméletet** és a **kvantumelméletet** együtt kezelni. Konzisztens csak 10 dimenziót feltételezve lesz. A  $\sim$ -nek öt különböző változata van, amelyek egy  $\rightarrow$  **M-elméletnek** nevezett, 11 dimenziós elmélet határesetei.

**húzás** (műsz) 1. (mech) egytengelyű  $\rightarrow$  **feszültségállapotot** létrehozó  $\rightarrow$  **igénybevétel**, amelynél a  $\rightarrow$  **deformáció** hossznövekedésében nyilvánul meg.

2. (koh) képlékeny fémalakítási művelet, amelynek során a kiinduló, kör keresztmetszetű anyagot keresztülhúzzák a húzószerszám kúpos nyílásán, a húzóüregben, és ezáltal a húzott szál hossza növekszik, keresztmetszete pedig csökken.

**húzóerő** (fiz) (jele:  $N_h$  v.  $F_h$ , mértékegysége: 1 N) az  $\rightarrow$ [igénybevétel](#) vektorkettőse erővektorának rúdirányú komponense, ha potenciálisan növeli a rúd hosszát.

**húzófeszültség** (fiz) (jele:  $\sigma$ , mértékegysége: 1 Pa) a  $\rightarrow$ [húzóerő](#) és a keresztmetszeti felület hányadosa. Normál  $\sim$ :

$$\sigma_N = \frac{F_h}{A_0}$$

Megjegyzés:  $\sim$  az  $\rightarrow$ [igénybevétel](#) vektorkettőse  $\rightarrow$ [nyomatékvektor](#)ának rúdra merőleges komponense, a  $\rightarrow$ [hajlító nyomaték](#) is okozhat.  $A \sim$  függ a  $\rightarrow$ [rugalmas szál](#)tól a nyomatékvektor irányára és a rúd tengelyére merőlegesen mért  $y$  koordinátától is és a nyomatékvektor irányára illeszkedő tengelyre vett  $I_z \rightarrow$ [másodrendű nyomaték](#)tól, amely a rúd hossza mentén változhat (pl. egy árbocnál v. egy fegyvercsőnél ez a jellemző).  $A \sim$  a rúd  $x$  koordinátájú keresztmetszetében:

$$\sigma_M(x, y) = \frac{M_h(x)y}{I_z(x)}$$

**húzószilárdság** (fiz, műsz) fennáll, ha az  $\rightarrow$ [igénybevétel](#) hatására létrejövő  $\rightarrow$ [húzófeszültség](#) kisebb a megengedettnél, amelyet  $n$  biztonsági tényezővel számíthatunk ki:

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{\sigma_H}{n},$$

ahol  $\sigma_H$  a határfeszültség, amely a szerkezeti anyagot tönkretévő húzófeszültség értéke. A tönkrementel az igénybevétel jellegétől és a szerkezeti anyag szilárdsági jellemzőitől függően lehet:

- A rideg anyagok a szakító- v. törőszilárdság ( $\sigma_B$ ) elérésekor számottevő  $\rightarrow$ [alakváltozás](#) nélkül, hirtelen mennek tönkre.
- A szívós-képlékeny anyagoknál a folyáshatár ( $\sigma_F$ ) elérésekor számottevő maradó alakváltozás következik be, amely az esetek többségében nem engedhető meg, ezért ezeknél az anyagoknál a határfeszültség a folyáshatár.
- A nagy hőmérsékleten igénybe vett anyagoknál a folyás előbb bekövetkezik, ezért a határfeszültség az ún meleg-folyáshatár ( $\sigma_{Fm}$ ).

**hűtés** (fiz) a termodinamika szerint egy  $\rightarrow$ [rendszer](#)  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#)ének csökkentése úgy érhető el, hogy a rendszert hidegebb testtel hozzuk kapcsolatba. A hidegebb test előállítására lehetséges  $\rightarrow$ [körfolyamattal](#), mint pl. a JOULE-THOMSON-folyamat, de lehűléssel jár a párolgás és az adiabatikus tágulás is. Gyakorlati  $\sim$ i célokra  $\rightarrow$ [hűtőgépeket](#) alkalmazunk.

**hűtőgépek** (fiz) a  $\sim$  olyan gépek, amelyek  $\rightarrow$ [munka](#) befektetésével  $\rightarrow$ [hőt](#) vonnak el a hűtendő testtől, és a hőt a magasabb hőmérsékletű környezetnek adják át. Két alaptípusuk van: kompresszoros és abszorpciós hűtő. Hűtésre alkalmazhatók még az ún. PELTIER-elemek is. Ezek olyan  $\rightarrow$ [félvezető](#)kből álló eszközök, amelyek egyenáram hatására hőt szállítanak egyik oldalukról a másikra. Egyre elterjedtebben alkalmazzák különböző hűtési célokra, pl. mikroprocesszorok disszipált hőjének az elvezetésére.

Megjegyzés: Jean Charles Athanase PELTIER (1785. febr. 22, Ham – 1845. okt. 27, Párizs), francia fizikus.

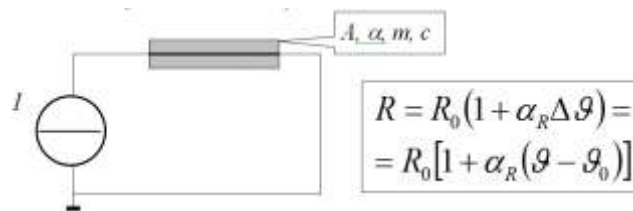
**ideális folyadék** (fiz) a valóságos folyadékok  $\rightarrow$ [modell](#)je, amely bizonyos feltételek fennállása esetén jól közelíti azokat. Az  $\sim$  homogén (kontinuum), ellentétben a valóságos folyadékok molekulaszervezetével, sűrűségmentes ( $\eta$  v.  $\mu=0$ ) és összenyomhatatlan ( $\rho=\text{const.}$ )

**ideális gáz** (fiz) az  $\sim$  olyan idealizált gázrendszer, amelyben a részecskék rugalmas ütközésen kívüli kölcsönhatása elhanyagolható, tehát az  $\sim$  egy absztrakt  $\rightarrow$ [modell](#). A reális gázok nagy  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#)en, nagy  $\rightarrow$ [térfogat](#)on és kis  $\rightarrow$ [nyomás](#)on úgy viselkednek, hogy nyomásuk osztva a sűrűséggel és az  $\rightarrow$ [abszolút hőmérséklet](#)tel állandó. Az ilyen tulajdonságú  $\sim$   $\rightarrow$ [állapotváltozás](#)a leírható az  $\rightarrow$ [egyesített gáztörvény](#)nek megfelelő állapotegyenlettel.

**idegen térerő** (fiz, vill)  $A \rightarrow$  feszültségforrás „belsejében” az elektromotoros erő ( $\varepsilon$ ) differenciális alakját  $\sim$ -nek nevezzük, és  $E^*$ -gal jelöljük. Ritkán van szükség egy elem vagy generátor belsejében jellemezni az elektromos teret, de ha szükséges, akkor felírható a következő alakban:

$$\varepsilon = \int_L \mathbf{E}^* d\mathbf{l}$$

**időálló** (fiz, műsz, ir) (jele:  $\tau$  v.  $T$ , mértékegysége: 1 s). A különféle  $\rightarrow$  koncentrált paraméterű fizikai rendszerek viselkedését leíró közönséges differenciálegyenletek oly módon alakíthatók át, hogy a kimenőjelre és időszerinti deriváltjaira rendezett oldalon a deriváltak együttthatóinak dimenziója idő, ill. az idő hatványai legyenek. Általánosan bármelyik együttthatóból képezhető  $\sim$ , de ha nincs egyéb jelzője, akkor általában az első derivált együttthatóját tekintik  $\sim$ -nak. Ha a differenciálegyenlet is elsőrendű, akkor az időálló megegyezik a felfutási idővel, azaz állandó bemenőjel esetén ennyi idő alatt érné el a kimenőjel állandósult állapotbeli értékét, ha a leggyorsabb „sebességével” változtathatná az értékét. Az  $\sim$ -k előjele és abszolút értéke jelentősen kihat a differenciálegyenlet megoldásának stabilitására. Az alábbi példa az  $\sim$  meghatározása után annak előjelétől függően elemzi a stabilitási viszonyokat is. Egy  $\rightarrow$  áramgenerátorral táplált fűtőtestet vizsgálunk, amely az áram hőhatása révén keletkező  $\rightarrow$  hő egy részét  $\rightarrow$  belső energiájának növelésére használja ( $m$  a  $\rightarrow$  tömege és  $c$  a  $\rightarrow$  fajhője), másik részét pedig az  $A$  felületen keresztül a  $\mathcal{G}_k \rightarrow$  hőmérsékletű környezetnek adja át ( $\alpha$  a  $\rightarrow$  hőátadási tényező). A fűtőtest  $\rightarrow$  ellenállása függ  $\mathcal{G}$  hőmérsékletétől ( $\alpha_R$  a hőmérséklet-tényezője).



$$P_V = RI^2 = P_T + P_D,$$

$$\text{ahol } P_D = A\alpha(\mathcal{G} - \mathcal{G}_k) \text{ és } P_T = mc \frac{d\mathcal{G}}{dt}, \text{ mert } E_T = mc(\mathcal{G} - \mathcal{G}_k)$$

$$R_0 I^2 [1 + \alpha_R(\mathcal{G} - \mathcal{G}_0)] = mc \frac{d\mathcal{G}}{dt} + A\alpha(\mathcal{G} - \mathcal{G}_k)$$

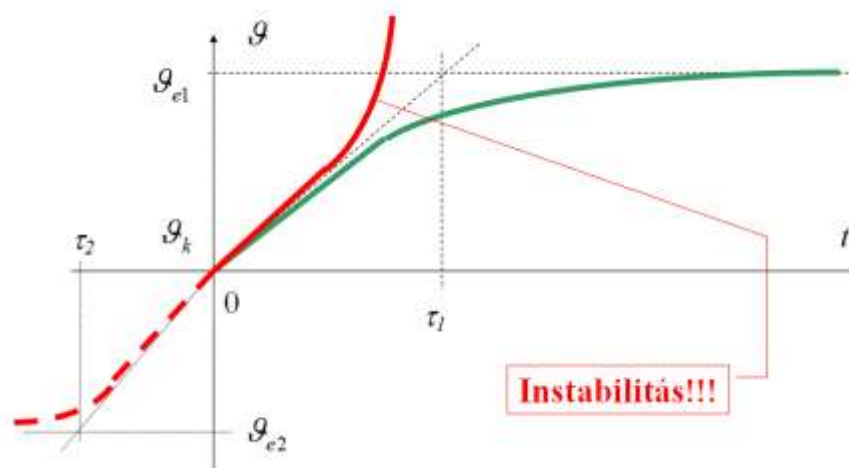
$$mc \frac{d\mathcal{G}}{dt} + (A\alpha - \alpha_R R_0 I^2) \mathcal{G} = R_0 I^2 (1 - \alpha_R \mathcal{G}_0) + A\alpha \mathcal{G}_k$$

$$\frac{mc}{A\alpha - \alpha_R R_0 I^2} \cdot \frac{d\mathcal{G}}{dt} + \mathcal{G} = \frac{R_0 I^2 (1 - \alpha_R \mathcal{G}_0) + A\alpha \mathcal{G}_k}{A\alpha - \alpha_R R_0 I^2} = \mathcal{G}_e$$

$$\tau \frac{d\mathcal{G}}{dt} + \mathcal{G} = \mathcal{G}_e \quad \text{Három eset lehetséges: 1. } \tau_1 > 0 \Rightarrow \mathcal{G}_{e1} > \mathcal{G}_k \quad 2. \tau_2 < 0 \Rightarrow \mathcal{G}_{e2} < \mathcal{G}_k$$

3. Ha  $A\alpha = \alpha_R R_0 I^2$ -tel, akkor  $\frac{R_0 I^2 (1 - \alpha_R \mathcal{G}_0) + A\alpha \mathcal{G}_k}{mc}$  meredekségű egyenes a megoldás. Ez a

stabilitás kezdete. Az első esetnek a zöld, a másodiknak a piros grafikon, a harmadiknak pedig a szaggatott érintő felel meg:



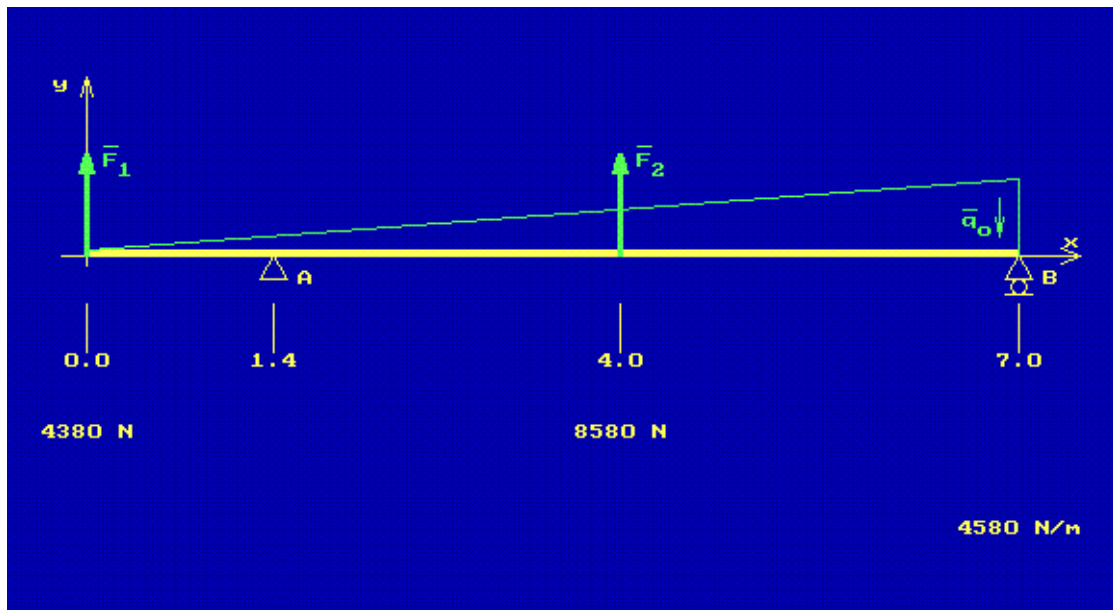
Ha az  $\sim$  pozitív (zöld görbe), akkor a hőmérséklet kb. 3  $\sim$ -nyi idő elteltével gyakorlatilag beáll a  $g_{e1}$  hőegyensúlyi hőmérsékletre. Ebben az állapotban a hővé alakult villamos teljesítmény és a környezet felé leadott  $\rightarrow$ hőáram megegyezik egymással. Ha az  $\sim$  negatív (piros görbe), akkor a hőmérséklet rohamosan növekszik, mindaddig, amíg tönkre nem megy a készülék.

**idő- és távolságmérés relativitása** (fiz) a  $\rightarrow$ LORENTZ-transzformációból levezethető jelenség: az időtartam  $\rightarrow$ mozgási mérőszáma nagyobb, mint a  $\rightarrow$ nyugalmi mérőszáma. Ezt nevezik idődilatációnak.

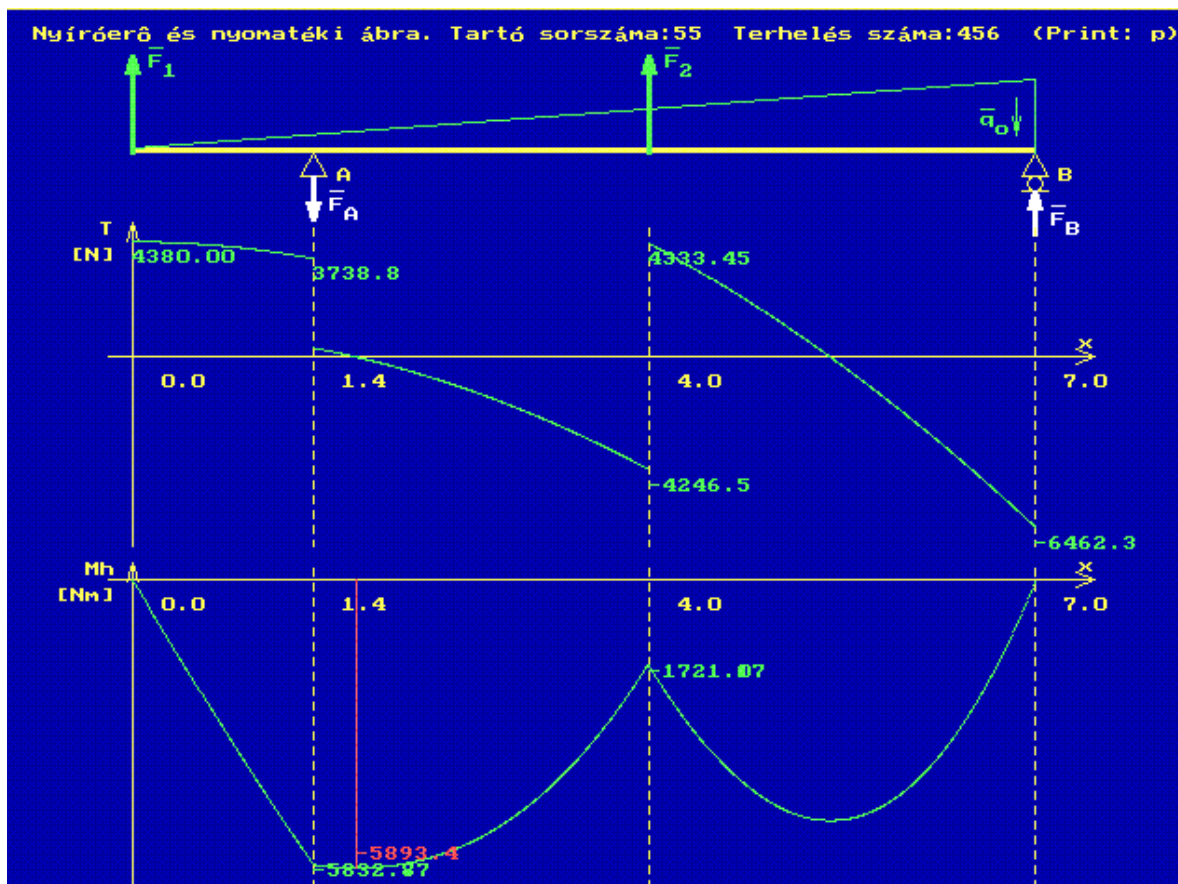
A távolságmérés eredményére – szintén a LORENTZ-transzformációból – az adódik, hogy a távolság mozgási mérőszáma kisebb, mint a nyugalmi mérőszáma. Ezt nevezik LORENTZ-kontrakciónak.

**igénybevétel** (műsz) egy  $\rightarrow$ prizmatikus rúd valamely keresztmetszetében keletkező belső  $\rightarrow$ erőrendszernek a keresztmetszet súlypontjába ( $\rightarrow$ keresztmetszeti jellemzők) redukált vektorkettőse, amelyet egy erővektor és egy  $\rightarrow$ nyomatékvektor alkot. Megállapodás szerint az  $\sim$ -t a keresztmetszettől balra, a koordináta-rendszer kezdőpontja felé eső rúdszakaszra ható erőrendszer a hatásaként értelmezzük.

**igénybevételi ábrák** (műsz) Az  $\rightarrow$ igénybevételi függvényeket  $\sim$ -kal ábrázolják. A mérnöki gyakorlatban alkalmazott  $\sim$ -k: a normál (húzó és nyomó), a nyíró, a hajlító és csavaró igénybevételi ábra. Az első kettő  $\rightarrow$ erő-, az utóbbi kettő pedig nyomatéki ábra. Pl. az alábbi  $\rightarrow$ konzolos tartó nyíró és hajlító igénybevételi ábráját számítógéppel készítjük el.



Készült: dr. Müller Zoltán c. egyetemi docens *STATIKA gyakorlat* programrendszerével

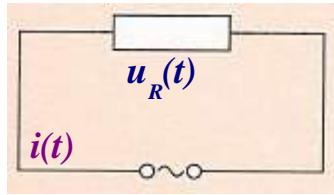


Készült: dr. Müller Zoltán c. egyetemi docens *STATIKA gyakorlat* programrendszerével

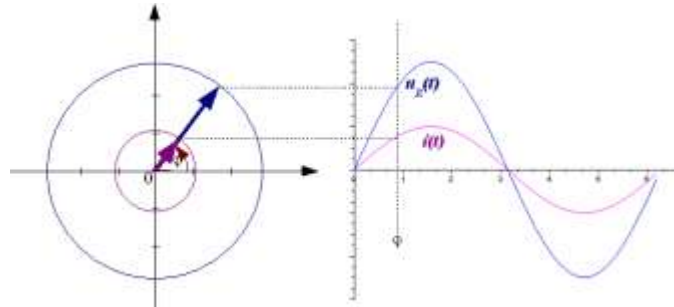
**igénybevételi függvény** (műsz) írja le az  $\rightarrow$ igénybevételek változását a  $\rightarrow$ prizmatikus rúd tengelyvonala mentén.

**impedancia** (fiz) Változóáramú körökben a passzív, lineáris alkatrészeket impedanciáknak nevezzük.

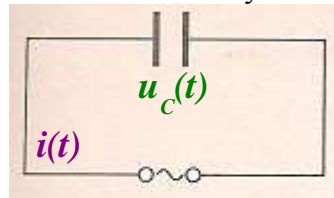
Ohmos  $\sim$  szinuszos váltóáramú körben nem hoz létre fázistolást az  $\rightarrow$ áram és a  $\rightarrow$ feszültség között.



$$u_R(t) = \hat{U} \sin(\omega t + \varphi) = R\hat{I} \sin(\omega t + \varphi)$$

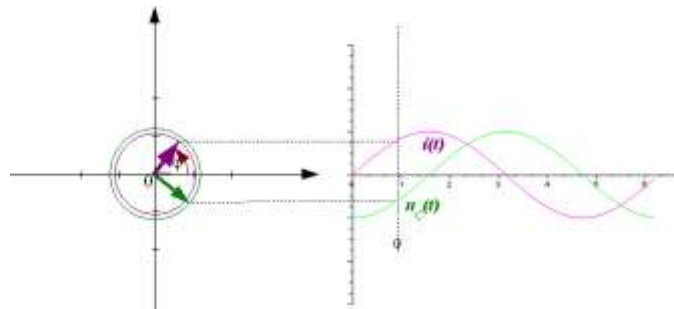


Kapacitív ~ esetén szinuszos váltakozóáramú körben a feszültség  $90^\circ$ -ot késik az áramhoz képest (vagy másként fogalmazva: az áram  $90^\circ$ -ot siet a feszültséghez képest). A sietés v. késés fogalmát az óramutató járásával ellentétes irányban definiáljuk, mivel  $j \cdot j = -1$ .



$$i(t) = \hat{I} \sin(\omega t + \varphi)$$

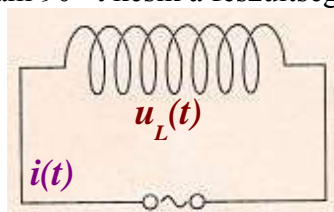
$$u_C(t) = -\hat{U} \cos(\omega t + \varphi) = -X_C \hat{I} \cos(\omega t + \varphi)$$



$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

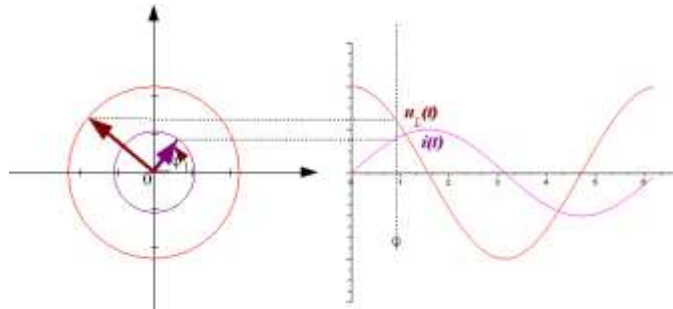
$$Z_C = -jX_C = \frac{1}{j\omega C}, \text{ ahol } j \text{ a képzetes (imaginárius) egység: } j^2 = -1.$$

Induktív ~ esetén szinuszos váltóáramú körben a feszültség  $90^\circ$ -ot siet az áramhoz képest (vagy másként fogalmazva: az áram  $90^\circ$ -t késik a feszültséghez képest).



$$i(t) = \hat{I} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$u_L(t) = \hat{U} \cos(\omega t + \varphi) = X_L \hat{I} \cos(\omega t + \varphi)$$



$$X_L = \omega L$$

$$Z_L = jX_L = j\omega L$$

A fenti eszközök együtt is szerepelhetnek az áramkörben, pl. az induktív ~ mindig sorba van kapcsolva egy ohmos taggal, mivel egy valós induktív tekercsnek mindig van ohmos ellenállása is (kivétel a szupravezető tekercs). Az eredőjük egy komplex ~:

$$Z_{RL} = R + jX_L,$$

amelynek abszolút értéke:

$$|Z_{RL}| = \sqrt{R^2 + X_L^2},$$

Az árkusa (radiánokban mért szögmértéke) pedig:

$$\varphi_{RL} = \arctg \frac{X_L}{R}$$

Ha még kapacitív ~t is hozzájuk kapcsolunk, akkor a komplex ~ (mivel  $1/j = -j$ )

$$Z = Z_{RLC} = R + j(X_L - X_C),$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{és} \quad \varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$$

Ha  $X_L = X_C$ , akkor a komplex ~ abszolút értéke fölveszi minimumát. Az ehhez tartozó körfrekvenciát rezonancia-körfrekvenciának, a hozzá tartozó frekvenciát pedig rezonancia frekvenciának nevezik, és a THOMSON-képlettel határozzák meg:

$$L\omega = \frac{1}{C\omega} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad \text{illetve} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

**impulzus** (fiz) (jele:  $\mathbf{I}$  vagy más jelöléssel:  $\mathbf{p}$ , mértékegysége: 1 kgm/s) a mozgó test  $\rightarrow$ tömegének ( $m$ ) és  $\rightarrow$ sebességének ( $\mathbf{v}$ ) a szorzata, azaz  $\mathbf{I} = m\mathbf{v}$ .

**impulzus-megmaradás** (fiz) Zárt rendszerben a rendszer eredő  $\rightarrow$ impulzusa megmarad (függetlenül attól, hogy konzervatív vagy sem). Az eredő impulzus kezdeti értékét jelölje  $\Sigma \mathbf{I}_0$ , ekkor tetszőleges  $t$  időponthoz tartozó  $\Sigma \mathbf{I}$  érték ezzel egyenlő:

$$\boxed{\Sigma \mathbf{I}_0 = \Sigma \mathbf{I}}$$

**impulzusmomentum** <lat.> (fiz) az  $\rightarrow$ impulzusnyomaték v. perdület elterjedten használt neve. Egy mozgó  $\rightarrow$ tömegpont ~át az  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$  vektoriális szorzat adja, ahol  $\mathbf{r}$  a tömegpont valamely vonatkoztatási ponttól mért távolsága, vagyis  $\rightarrow$ helyzetvektora  $\mathbf{p}$  a tömegpont  $\rightarrow$ impulzusa (mozgásmennyisége v. lendülete). Ha tekintettel vagyunk az anyagok molekuláris szerkezetére, akkor az ~ot leíró  $\rightarrow$ fizikai mennyiségeket valószínűségi változónak kell te-

kinteni. A kontinuum-modellt is megtarthatjuk, számos előnye miatt, ha annak változóit a valószínűségi változók várható értékének tekintjük. Ilyen megfontolásokkal az  $\sim$  képlete:

$$\mathbf{N} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} + \mathbf{L}^i,$$

ahol  $\mathbf{r}$  a helyzetvektor,

$\mathbf{p}$  az impulzus és

$\mathbf{L}^i$  a belső  $\sim$ , amelyet molekuláris forgások makroszkopikus eredőjeként értelmezünk.

Kontinuumokra vonatkozó  $\rightarrow$  mérlegegyenletekben előfordul az  $\sim$  lokális és tömegegységre vonatkoztatott alakja is:

$$\mathbf{l} = \mathbf{r} \times \mathbf{v} + \mathbf{l}^i,$$

ahol  $\mathbf{l}$  a fajlagos  $\sim$ , (azért nem  $\mathbf{n}$ -nel jelöljük, mert akkor összetéveszthető a normálvektorral),

$\mathbf{v}$  az ún. baricentrikus  $\rightarrow$  sebességvektor, azaz a test eleme  $\rightarrow$  tömegközéppontjának sebessége,

$\mathbf{l}^i$  a fajlagos belső  $\sim$ , amelynek létezését pl. az EINSTEIN-DE HAAS-jelenség kísérletileg igazolja. (Az  $\sim$  és a mágneses nyomaték aránya az 1915-ben végzett mérések szerint kétszer akkora volt, mint amekkorát a klasszikus elmélet alapján vártak.)

**impulzusmomentum megmaradása** (fiz) v. perdület-megmaradás a fizika fontos megmaradási tétele, amely kimondja, hogy ha egy testre ható külső  $\rightarrow$  erőrendszer eredő  $\rightarrow$  nyomatéka zérus, akkor a test perdülete állandó. Ez a tétel analóg  $\rightarrow$  NEWTON I. törvényével. Az  $\sim$  zárt  $\rightarrow$  rendszerre érvényes, de pl. a Naprendszer csillagászati elemzésekor is jó közelítést ad. Az  $\sim$ -nak látványos alkalmazása volt 1851-ben a Föld forgását kimutató FOUCAULT-kísérlet. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Foucault-inga> Az  $\sim$ -n alapuló pörgettyűket kiterjedten használják pl. repülőgépek navigációs műszereiben. A Föld perdületvektora  $23^\circ 27'$  szöget zár be az ekliptika síkjával. Mivel ez a perdület konstans, ennek köszönhető az évszakok váltakozása. A Föld perdületének precesszióját a Hold stabilizálja, de a forgástengely szöge mégis lassú, kismértékű precessziót mutat (25.900 év). A  $23^\circ 27'$  dőlésszögben  $1,3^\circ/18$  millió év változás léphet fel a belső bolygók „kvázi kaotikus” mozgásának perturbációs hatására. Pl. a Mars esetében a tengely és az ekliptika síkjával bezárt szög  $30-40^\circ$ , mivel két kisméretű holdja (Phobos és Deimos) a deklinációt és a precessziót nem képes stabilizálni. A két Mars hold össz tömege csak 0,17 milliommód része a Hold tömegének!



Forrás: SZÁMALK Multimédia-stúdió (Készült Ila László ny. kolléga jutalomrepülésén, 2008. júniusában)

**impulzusnyomaték** (fiz) (jele:  $\mathbf{N}$  v.  $\boldsymbol{\pi}$ , mértékegysége:  $1 \text{ kgm}^2/\text{s}$ ) a forgási állapotot jellemző vektormennyiség; a  $\rightarrow$  tömegpont  $\rightarrow$  helyzetvektorának és  $\rightarrow$  impulzusának vektori szorzata.



→ pontrendszer ~ a az egyes tömegpontok ~ának vektori összege. Rögzített tengely körül forgó → merev test ~ a → tehetetlenségi nyomaték és a → szögsebesség szorzata. Nem rögzített tengelyű merev test ~ a → tehetetlenségi tenzor és a → szögsebesség-vektor szorzata:  $\mathbf{N} = \mathbf{\Theta}\boldsymbol{\omega}$ . Az ~ időszerinti deriváltja egyenlő a → rendszerre ható → erők → forgató nyomatékának eredőjével:

$$\mathbf{M} = \dot{\mathbf{N}} = \frac{d(\mathbf{\Theta}\boldsymbol{\omega})}{dt}$$

Lásd még → EULER-féle pörgettyűegyenlet!

**impulzustétel** (fiz, műsz)

(1). (fiz) zárt → rendszer részei → impulzusának összege változatlan. Ez az → impulzus-megmaradás törvénye:

$$\sum \mathbf{p}_0 = \sum \mathbf{p}.$$

Egyetlen tömegpontra a  $\mathbf{p} = m\mathbf{v} = \text{const}$ , lényegében → NEWTON I. törvényének általános megfogalmazása.

(2). (műsz, hidr) az ~ egy mozgásegyenlet, amely a folyadékra ható → erők és a folyadék mozgásállapota között teremt kapcsolatot. Formailag az ~ a → NAVIER-STOKES-egyenlettel ellentétben nem parciális differenciálegyenlet, hanem felületi és térfogati integrálok összegei közti egyenlőség. Az ~ felírásához definiálni kell egy ún. ellenőrzőfelületet (A), amelyen belül áramlik a folyadék, és körülveszi azt a  $V$  → térfogatot, amely általában maga is mozgásban van. Ez az A egy nyugvó, vagy egy mozgó koordináta-rendszerhez rögzített „folyékony felület”. Az ~ legáltalánosabb alakja:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V (\rho \mathbf{v}) dV + \int_A \mathbf{v} \rho (\mathbf{v} d\mathbf{A}) = \int_V \rho \mathbf{g} dV - \int_A p d\mathbf{A} - \mathbf{R} + \mathbf{S},$$

ahol  $\mathbf{v} = \mathbf{v}(\mathbf{r}, t)$  az → áramlási sebesség vektora,

$\rho = \rho(\mathbf{r}, t)$  a folyadék → sűrűsége,

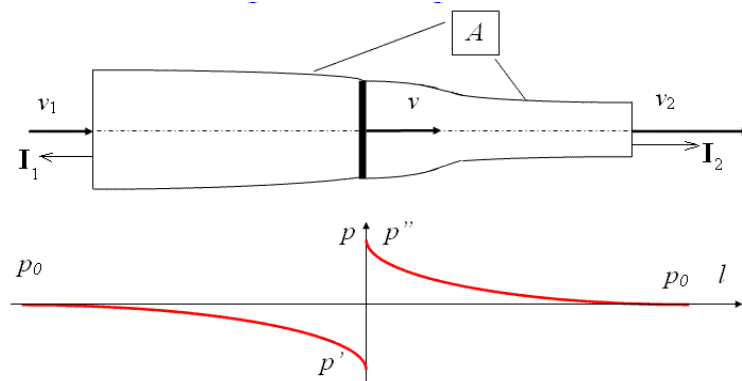
$p = p(\mathbf{r}, t)$  a folyadék → nyomása,

$\mathbf{R}$  az áramlásba helyezett szilárd testre a folyadékról ható erők eredője és

$\mathbf{S}$  az ellenőrző felületen a folyadékra ható → súrlódási erők eredője.

Az ~nek számos műszaki alkalmazása van. Különböző áramlástanai gépek járókerekei, légcsavarok, szélturbinák stb. vizsgálatának és előtervezésének nélkülözhetetlen eszköze. Példaként alkalmazzuk az ~t az ideális légcsavar vizsgálatára úgy, hogy az ellenőrzőfelületet két oldalán körlappal határolt → áramcső alkotja. Ez nagyon leegyszerűsíti a számításokat, mert az általános egyenletnek csak két zérustól különböző tagja marad, ha a légcsavaron kívül → stacionárius áramlást feltételezünk (a légcsavart egy vastag függőleges vonal jelöli):

$$\int_A \mathbf{v} \rho (\mathbf{v} d\mathbf{A}) = -\mathbf{R} \Rightarrow \mathbf{R} = \mathbf{I}_1 - \mathbf{I}_2$$



A vízszintes komponensekre szorítkozva, de azt nem jelölve, és a  $\rightarrow$  [folytonosság tételét](#) is alkalmazva a körlapok átmérői helyett a légsavarét lehet megtartani:

$$R = \rho v_1 \cdot \frac{v_1 d_1^2 \pi}{4} - \rho v_2 \cdot \frac{v_2 d_2^2 \pi}{4} = \frac{\rho v d^2 \pi (v_1 - v_2)}{4} \quad (\text{a})$$

$\rightarrow$  [BERNOULLI-egyenlet](#) a légsavar előtt és mögött:

$$p_0 + \frac{\rho}{2} v_1^2 = p' + \frac{\rho}{2} v^2 \quad p'' + \frac{\rho}{2} v^2 = p_0 + \frac{\rho}{2} v_2^2$$

Nyomáskülönbség a légsavarnál:

$$p'' - p' = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) \equiv \frac{\rho}{2} (v_2 + v_1)(v_2 - v_1)$$

A légsavarra ható erő  $v_1$ -gyel ellentétes értelmű, tehát vonóerő:

$$R = \frac{d^2 \pi (p' - p'')}{4} = \frac{\rho d^2 \pi}{4} \cdot \frac{v_1 + v_2}{2} (v_1 - v_2) = \frac{\rho d^2 \pi}{4} v (v_1 - v_2) \quad (\text{b})$$

Az (a) és (b) képletet összehasonlítva látszik, hogy

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

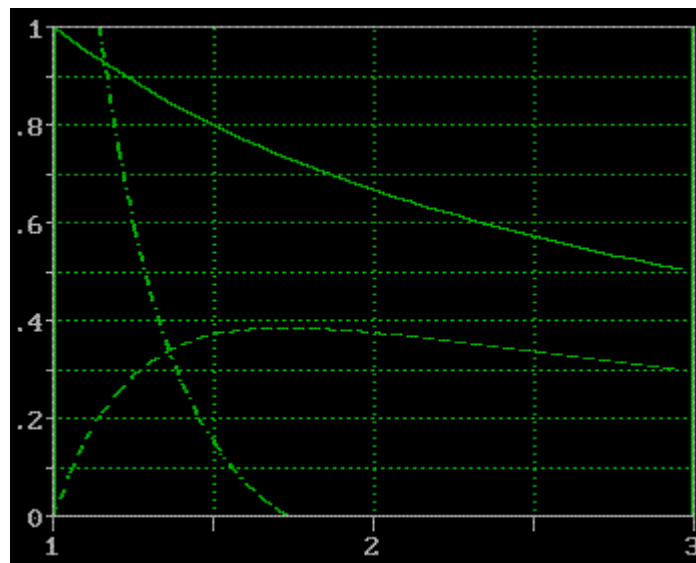
A jármű légsavarjának fizikai  $\rightarrow$  [teljesítménye](#):  $P_{fiz} = v/R$ . Ezt kell a hajtóműnek kifejtenie.

A  $v_1$  sebességgel haladó jármű légsavarjának hasznos teljesítménye:  $P_h = v_1/R$ .

Az ideális légsavar ún. [propulziós hatásfoka](#):

$$\eta_{pr} = \frac{P_h}{P_{fiz}} = \frac{v_1}{v} = \frac{2}{1 + \frac{v_2}{v_1}}$$

Ez akkor maximális (100%-os), amikor a légsavar nem gyorsítja fel a levegőt, vagyis  $v_2 = v_1$ , de ilyenkor a vonóerő és a teljesítmény is zérus. Az alábbi grafikon folytonos vonallal szemlélteti a propulziós hatásfokot a sebességviszony függvényében, szaggatottal – rögzített  $v_2$   $\rightarrow$  [sebesség](#) mellett – a hasznos teljesítményt, pontvonallal pedig ez utóbbi sebességviszony szerinti deriváltját. Az optimális sebességviszony:  $\sqrt{3} \approx 1,732$ , és az ehhez tartozó propulziós hatásfok: 73,2%.



**impulzustranszport** (fiz) az a fizikai jelenség, amelynél az  $\rightarrow$ [impulzus](#), vagyis a mechanikai kölcsönhatás megmaradó, jellemző  $\rightarrow$ [extenzív mennyisége](#) az  $\rightarrow$ [intenzív mennyiségek](#) inhomogenitásának következtében áramlik. Az impulzus vektormennyiség, ezért az áramsűrűsége nem áramsűrűség-vektor, hanem – a skalár extenzívokkal ellentétben – áramsűrűség-tenzor. Amikor az áramlás a szó szoros értelmében is bekövetkezik, mert makroszkopikus tömegtranszporttal együtt zajlik le, akkor a konvektív  $\sim$ ot a  $\rightarrow$ [NAVIER-STOKES-egyenlettel](#) írhatjuk le. Amikor nincs makroszkopikus tömegtranszport, akkor is van  $\sim$ . A szilárd testek  $\rightarrow$ [deformációja](#) konduktív  $\sim$ -tal is jellemezhető; általános differenciális  $\rightarrow$ [mérlegegyenlete](#):

$$\frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{Div}(\rho \mathbf{v} \circ \mathbf{v} - \mathbf{T}) = \rho \mathbf{k},$$

ahol  $\rho = \rho(\mathbf{r}, t)$  a  $\rightarrow$ [sűrűség](#), mint skalár-vektor függvény,  
 $\rho \mathbf{v} \circ \mathbf{v}$  a konvektív impulzusáram-sűrűség tenzor,  
**Div** a tenzorra alkalmazott divergencia-művelet operátora (tenzorból helyszerinti derivált vektort állít elő:  $\mathbf{Div} \mathbf{A} = \mathbf{A} \cdot \nabla$ ),  
**T** a konduktív impulzusáram-sűrűség tenzor. Ez most fizikailag a feszültségtenzor ellentettje, amely szimmetrikus és  
**k** a tömegegységre ható külső  $\rightarrow$ [erő](#) (mint a  $\mathbf{g} \rightarrow$ [gravitációs gyorsulás](#)).

A szilárd test deformációja, az  $\sim$  jellemező intenzív mennyisége, egy olyan  $\mathbf{s} = \mathbf{s}(\mathbf{r}, t)$   $\rightarrow$ [elmozdulás-vektorral](#) írható le, amelyre fennáll:

$$\frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} = \mathbf{v}(\mathbf{r}, t).$$

Ha a konvektív áramsűrűség elhanyagolható, akkor az  $\sim$  mérlegegyenlete jó közelítéssel:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \rho \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \right) = \mathbf{Div} \mathbf{T} + \rho \mathbf{k}, \text{ illetve másik szokásos alakja } \rho \frac{\partial^2 \mathbf{s}}{\partial t^2} = \mathbf{Div} \mathbf{T} + \rho \mathbf{k}$$

A konduktív impulzusáram-sűrűség tenzor kifejezhető a deformáció inhomogenitásaként:

$$\mathbf{T} = -L_1(\nabla \circ \mathbf{s}) - L_2 \text{divs} \cdot \mathbf{E},$$

ahol  $L_1$  a rugalmassági vezetési tényező,  
 $L_2$  a kompresszibilitási vezetési tényező,  
**E** az egységtenzor és

$\nabla \circ \mathbf{s}$  a derivált-tenzor transzponáltja, amely szimmetrikus, és ezért az  $\sim$  differenciális mérlegegyenlete – a  $\Delta$  LAPLACE-operátor segítségével – felírható a következő alakban:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \rho \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \right) + L_1 \Delta \mathbf{s} + (L_1 + L_2) \mathbf{grad} \text{divs} = \rho \mathbf{k},$$

Sok esetben jó közelítéssel igaz, hogy  $\text{divs} = 0$  és a sűrűség nem függ az időtől. Ilyenkor a sűrűséggel osztva és bevezetve a hangsebesség négyzetét:

$$a^2 = -\frac{L_1}{\rho},$$

az alábbi hiperbolikus fajtájú parciális differenciálegyenletet kapjuk:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{s}}{\partial t^2} - a^2 \Delta \mathbf{s} = \mathbf{k},$$

amely a folytonosan gerjesztett  $\rightarrow$ [rezgőmozgás](#) differenciálegyenlete, vagyis egy  $\rightarrow$ [hullám-egyenlet](#). Az egyik komponensre (pl.  $x$  irányban) alkalmazva a  $\xi = x + at$  és az  $\eta = x - at$  koordináta-transzformációt, a fenti hullámegyenlet normál alakját kapjuk:

$$\frac{\partial^2 s_x}{\partial \xi \partial \eta} = -\frac{2}{a^2} \mathbf{k}.$$

**indukált ellenállás** (műsz, rep) (jele:  $F_{ei}$  v.  $F_{xi}$ ) a repülőgép véges szárnyánál (és az axiális átömlésű áramlástechnikai gépek lapátjánál) kialakuló nyomáskiegyenlítő szekundér áramlás által indukált erőhatás, amely veszteségként jelentkezik. Az  $\sim$  a  $\rightarrow$  [dinamikus nyomás](#)sal, a szárnyfelülettel és a  $\rightarrow$  [felhajtóerő-tényező](#) négyzetével egyenesen, a  $\rightarrow$  [szárny karcsúságá](#)val pedig fordítottan arányos. Képletben:

$$F_{ei} = c_{ei} \rho_{din} A = \frac{c_f^2}{\pi \lambda} \frac{\rho}{2} v^2 A,$$

ahol  $c_f$  a felhajtóerő-tényező,

$A$  a szárny felülnézeti vetületének felülete,

$\lambda$  a szárny karcsúsága és

$\frac{\rho}{2} v^2$  a dinamikus nyomás, amelyet az áramlásba helyezett testtől távoli  $\rightarrow$  [áramlási sebesség](#)gel (szokták  $v_\infty$ -nel is jelölni) kell kiszámítani.

**indukált feszültség** (fiz) (jele:  $\varepsilon$ , mértékegysége: 1 V) 5. Egy zárt görbe mentén  $\sim$  a  $\rightarrow$  [gerjesztési törvény](#) értelmében, a zárt görbe által határolt felületen átmenő  $\rightarrow$  [mágneses fluxus](#) egységnyi idő alatti megváltozásával egyenlő.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Ahol a hurokfeszültség definíciója:  $\varepsilon = \oint_g \mathbf{E} d\mathbf{l}$  ,

a fluxusváltozás a fluxus definíciójából számolható:  $\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$

**indukcióvektor** lásd:  $\rightarrow$  [mágneses indukcióvektor](#)

**induktivitás** lásd:  $\rightarrow$  [önindukciós együttható](#)

**inercia** (fiz) (1). v. tehetetlenség  $\rightarrow$  [NEWTON I. törvénye](#) (2).  $\rightarrow$  [másodrendű nyomaték](#)

**inercia-rendszer** (fiz) v. tehetetlenségi rendszer olyan  $\rightarrow$  [vonatkoztatási rendszer](#), amelyben érvényes a tehetetlenség törvénye ( $\rightarrow$  [NEWTON I. törvénye](#)). Ha egy  $\sim$ -t konstruáltunk, akkor minden ehhez képest egyenes vonalú egyenletes mozgást végző rendszer is az.

**inerciasugár** (fiz, műsz) (jele:  $r_i$ , mértékegysége: 1 m)

(1) Ha a  $\rightarrow$  [tehetetlenségi nyomaték](#)ra vonatkoztatjuk, akkor az  $\sim$  négyzete a tehetetlenségi nyomaték és a  $\rightarrow$  [tömeg](#) hányadosa. Ilyenkor az  $\sim$  képlete:

$$r_i = \sqrt{\frac{\Theta}{m}}$$

(2) Ha a  $\rightarrow$  [másodrendű nyomaték](#)ra vonatkoztatjuk, akkor az  $\sim$  négyzete a másodrendű nyomaték és a keresztmetszeti felület hányadosa. Ilyenkor az  $\sim$  képlete:

$$r_i = \sqrt{\frac{I}{A_k}}$$

Ennek az  $\sim$ -nak fontos szerepe van a  $\rightarrow$  [kihajlás](#)ra méretezéshez szükséges  $\rightarrow$  [karcsúság](#) (1) kiszámításánál.

**inflációs fázis** (fiz, kozmológia) az  $\rightarrow$  [Ősrobbanás](#) utáni  $10^{-33}$  s és  $10^{-30}$  s közötti időszak, amelyben az Univerzum rendkívüli mértékben ( $10^{30}$  -  $10^{50}$ -szeresére) kitágult.

**infravörös fényképezés** (fiz) Az elektromágneses spektrum 780 nm és 1  $\mu\text{m}$  közötti  $\rightarrow$ [hullámhossz](#)-tartományba eső, a látható vörös fényvel szomszédos, *közeli infravörösnek* nevezett tartományban történő képrögzítést jelenti.

**ingamozgás** (fiz) a  $\rightarrow$ [lengés](#) speciális esete, amikor a kitérített ingatestre ható visszatérítő  $\rightarrow$ [erőt](#) a  $\rightarrow$ [gravitációs mező](#) hozza létre. Kis kitérés ( $\leq 60^\circ$ ) esetén ez az erő jó közelítéssel arányos a kitéréssel, ezért ekkor az  $\sim$  is  $\rightarrow$ [harmonikus rezgőmozgás](#)nak tekinthető. Ch. HUYGENS holland fizikus, matematikus, csillagász a XVII. században kidolgozta  $\rightarrow$ [matematikai](#) és a  $\rightarrow$ [fizikai inga](#) elméletét; az ingaóra feltalálása érdekében számos görbe evolvensét és evolútáját vizsgálta meg. 1673-ban fedezte fel a ciklois görbe tautochron<sup>2</sup> tulajdonságát, amelyet ingaórája pontosabbá tétele érdekében fel is használt.

**inhomogén elektromos tér** (fiz, vill) Inhomogén az elektromos tér egy adott pillanatban egy összefüggő térrészben, ha nem homogén, azaz nem minden pontjában azonos nagyságú, vagy azonos irányú az elektromos térerősség.

**instacionárius áramlás** (fiz, hidr) esetén a sebességtér az időtől is függ, azaz  $\mathbf{v}=\mathbf{v}(\mathbf{r},t)$ . Ennek az a következménye, hogy az áramlási tér egy pontjában a  $\rightarrow$ [sebesség](#)en kívül a  $\rightarrow$ [nyomás](#) és esetleg a  $\rightarrow$ [sűrűség](#) is változik az idő múlásával, vagyis a lokális deriváltak nem azonosan zérusértékűek:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} \neq 0, \quad \frac{\partial p}{\partial t} \neq 0 \quad \text{és esetleg} \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} \neq 0.$$

Megjegyzés: előfordul, hogy választható olyan  $\rightarrow$ [koordinátarendszer](#), amelyben – az eredeti koordináta-rendszerben  $\sim$  –  $\rightarrow$ [stacionárius áramlás](#)sá válik. Pl. egy a tóhoz képest állandó sebességgel mozgó hajó a partról nézve  $\sim t$  kelt a tó felszínén, de a hajóról nézve az áramlás stacionárius. Számos áramlástechnikai gépet úgy vizsgálnak a mérnökök, hogy a géppel együtt forgó koordinátarendszert választanak, hogy kihasználhassák a stacionárius áramlásból fakadó előnyöket. Ugyanakkor számolniuk kell a nem  $\rightarrow$ [inercia-rendszerekben](#) fellépő  $\rightarrow$ [tehetetlenségi erőkkel](#). Sajnos vannak olyan áramlástechnikai gépek is, amelyekben az egyenesen forgó, relatív koordinátarendszerben is  $\sim$  van. Ilyenek pl. a keresztáramú ventilátorok. Ugyancsak  $\sim$  jellemzi az áramlástechnikai gépek tranziens viselkedését, azaz a gépindítást, gépleállítást vagy az üzemi folyamat megváltoztatását.

(1). pl. egy MIG-29-es vadászpilóta repülőgép változó  $\rightarrow$ [állásszöggel](#) repül, és az aktuálisan nagy állásszög-nél a szárnyairól leváló örvények jól szemléltetik az  $\sim t$ .



Forrás: a képsorozat az LSI Informatikai Oktatóközpont videostúdiójában a GDF Fizika tantárgyához készített videótananyagból való. (A véges szárnynál keletkező  $\rightarrow$ [indukált ellenállás](#)t okozó örvényeket szemlélteti.)

(2). pl. aknás kiegészítő medence víztükrenek  $\rightarrow$ [lengése](#) a tolózár hirtelen zárása után. A zárás előtt a kiegészítő medence víztükre a vízturbina víznyeléséhez szükséges áramlási közepsebességnél létrejövő  $\rightarrow$ [súrlódási](#) és belépési veszteségnek megfelelően alacsonyabb a tó vízszintjénél. Hirtelen záráskor

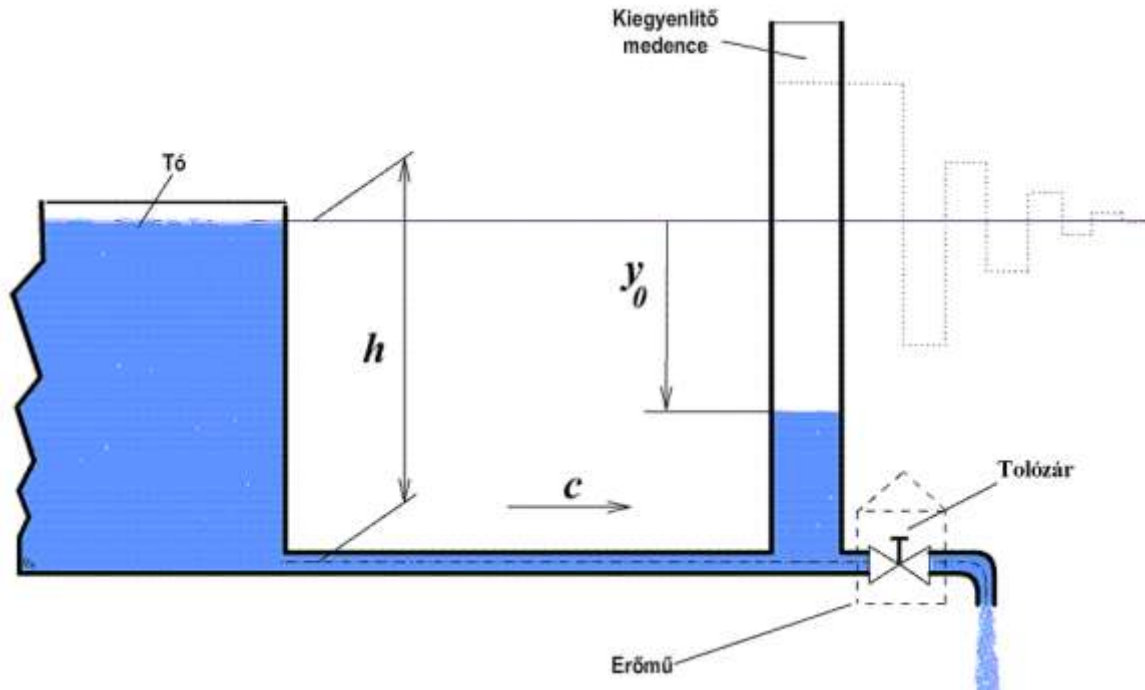
---

<sup>2</sup> Tautochróna <gör.> az a görbe, amelynek mentén a nehézségi erő hatására egy felfüggesztett test kiindulási pontjától függetlenül mindig ugyanazon idő alatt éri el a legmélyebb pontot.

a víz gyorsan emeli a kiegyenlítő medence vízszintjét, majd megfordul a sebesség iránya, és csillapodó lengést végez a csőben. Ez a lengés a víztükör szintjének folyamatos változásával jár együtt.

A víztükör süllyedésének differenciálegyenlete az instacionárius, veszteséges  $\rightarrow$  BERNOULLI-egyenlet alapján:

$$\frac{l}{g} \frac{A}{a} \ddot{y} + \frac{1+\zeta}{2g} \left(\frac{A}{a}\right)^2 \dot{y}|\dot{y}| + y = 0$$



Műszaki adatok:

Az üzemvíz-csatorna csővének hossza:  $l=400$  m, átmérője:  $d=4$  m, (keresztmetszete:  $a=12,57$  m<sup>2</sup>),  
 $\rightarrow$  csősúrlódási tényező:  $\lambda=0,014$ ; a súrlódási és belépési veszteségtényező összege:  $1+\zeta=2,4$ ;  
 $\rightarrow$  gravitációs gyorsulás Bp-en:  $g=9,8085$  m/s<sup>2</sup>, a kiegyenlítő medence keresztmetszeti felülete:  $A=50a=628,3$  m<sup>2</sup>, a szintkülönbség:  $h=100$  m és a kifolyási veszteségtényező:  $\zeta_{ki}=20,6$ .

A konkrét másodrendű differenciálegyenlet:  $2039 \ddot{y} + 306 \dot{y}|\dot{y}| + y = 0$

Állandósult állapotban:

$$h - y_0 = \frac{1 + \zeta_{ki}}{2g} c_0^2 \quad \text{és} \quad y_0 = \frac{1 + \zeta}{2g} c_0^2$$

$$\Rightarrow h - y_0 = \frac{(1 + \zeta_{ki})y_0}{1 + \zeta} \Rightarrow y(0) = y_0 = \frac{h(1 + \zeta)}{2 + \zeta + \zeta_{ki}} = \frac{240}{24} = 10[\text{m}]$$

A másik kezdeti feltétel hirtelen záráskor és az  $\rightarrow$  áramlási sebesség ( $\rightarrow$  folytonosság tétele):

$$\dot{y}(0) = -c_0 \frac{a}{A} = -\frac{a}{A} \sqrt{\frac{2g y_0}{1 + \zeta}} = -\frac{1}{50} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8085 \cdot 10}{2,4}} \approx -0,181 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$c_0 \approx 9,04 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

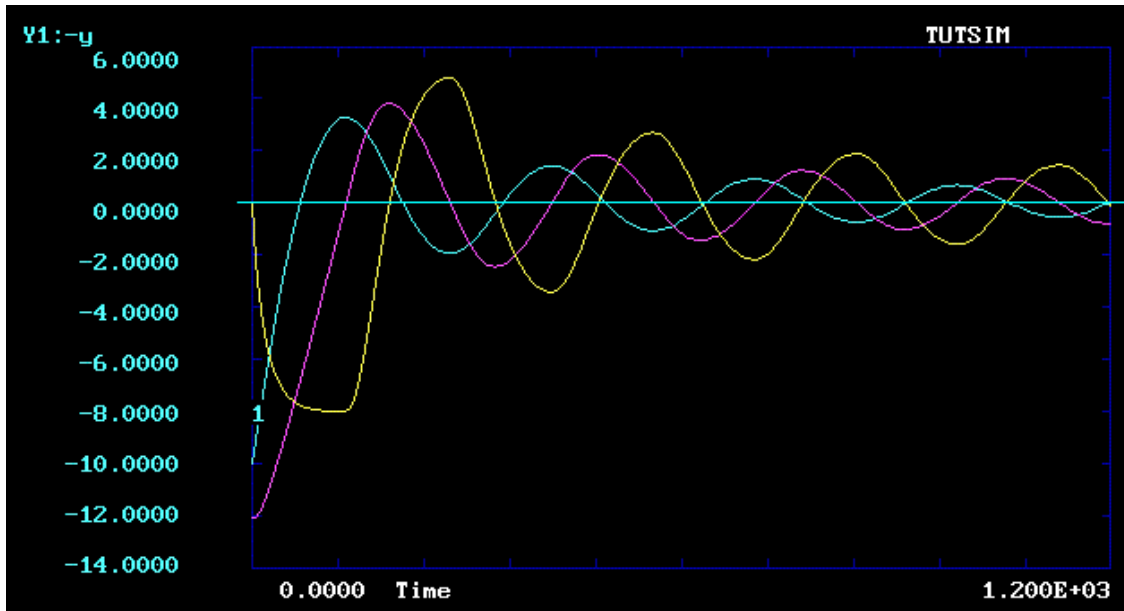
E  $\rightarrow$  sebességgel kiszámítható a vízturbinába vezetett  $\rightarrow$  teljesítmény a tolózár zárása előtt:

$$P_0 = \rho g (h - y_0) a c_0 \approx 9808,5 \cdot 90 \cdot 12,57 \cdot 9,04 = 100311058,7 [\text{W}] \approx 100,3 \text{ MW}$$

A programozandó  $\rightarrow$  gyorsulás, amelyet kétszer kell integrálni:

$$\ddot{y} = -\frac{y + 306\dot{y}|\dot{y}|}{2039}$$

A → számítógépes szimuláció eredménye (→ foronómiai görbék):



A lila vonal a víztükör sebességét, a sárga pedig a gyorsulásának az ellentettjét szemlélteti az idő függvényében. A lengés viszonylag kis csillapodása a négyzetes karakterisztikájú veszteség sajátja.

A számértékek táblázata ( $\Delta t = 60$  s):

t[s]	-y [m]	dy/dt [m/s]	-d <sup>2</sup> y/dt <sup>2</sup> [m/s <sup>2</sup> ]
0.0000	-10.0000	-0.1810000	-12.195E-06
60.0000	-0.7757380	-0.1128090	-0.0015293
120.0000	3.1671	-0.0179560	-0.0016016
180.0000	1.6501	0.0547992	-358.604E-06
240.0000	-1.3428	0.0328709	820.728E-06
300.0000	-1.6795	-0.0214882	754.425E-06
360.0000	0.3131450	-0.0333037	-320.029E-06
420.0000	1.3945	979.412E-06	-683.812E-06
480.0000	0.3373200	0.0272896	-53.670E-06
540.0000	-0.9758250	0.0107350	495.875E-06
600.0000	-0.7012940	-0.0178638	296.049E-06
660.0000	0.5204770	-0.0165385	-296.309E-06
720.0000	0.8230310	0.0075834	-395.014E-06
780.0000	-0.0943842	0.0177016	93.314E-06
840.0000	-0.7535790	0.0013697	369.864E-06
900.0000	-0.2483840	-0.0151353	87.438E-06
960.0000	0.5562970	-0.0077702	-281.889E-06
1.020E+03	0.4694840	0.0100142	-215.202E-06
1.080E+03	-0.2931460	0.0113495	163.101E-06
1.140E+03	-0.5537020	-0.0038174	269.369E-06
1.200E+03	0.0210073	-0.0120772	-32.192E-06

**intenzitás** <lat.> (fiz) valamilyen fizikai hatás erőssége (pl. → áramerősség)

**intenzív állapotjelző** (fiz) olyan állapotjelző (hőmérséklet, nyomás, kémiai potenciál, elektromos potenciál), amely termodinamikai folyamatokban kiegyenlítődni igyekszik. Az intenzív mennyiségek különbsége (gradiense) tekinthető a folyamatok hajtóerejének. Az ~k egymással egyensúlyban lévő rendszerek egyesítésekor változatlanok maradnak.

**intenzív mennyiség** (fiz) a → fizikai mennyiségek két típusa közül az, amelyik nem additív. Ez azt jelenti, hogy pl. két különböző → mérszámú ~ egybefoglalásakor az eredő ~ mérő-

száma nem a két összetevő mérőszámának az összege lesz, mert egy fizikai rendszerben az ~ek különbsége olyan áramlását váltja ki az →extenzív mennyiségeknek, amely igyekszik kiegyenlíteni ezt a különbséget. Az ~ az extenzívek nulladfokú homogén függvénye. Ez azt jelenti, hogy ha  $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  és az argumentum mindegyikét  $\lambda$ -szorosára növeljük, akkor az ~ nem változik, vagyis továbbra is fennáll, hogy  $y = f(\lambda x_1, \lambda x_2, \lambda x_3, \dots, \lambda x_n)$ , és EULER tétele szerint:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} x_i = 0$$

Ilyen tulajdonságú, azaz ~ pl. a →nyomás ellentettje, a →kémiai potenciál, a →villamos feszültség, a →deformáció, a →sebesség, a →szögsebesség és →hőmérséklet. A példákból az is látszik, hogy vannak skaláris ~ek (pl. villamos feszültség, hőmérséklet) és vannak vektor ~ek (pl. deformáció, sebesség) is. Az ~et megszorozva jellemző extenzív párjának megváltozásával, megkapjuk a kölcsönhatás elemi →munkáját. Ezeket valamennyi kölcsönhatásnál összegezve a rendszer energiaváltozását kapjuk eredményül. Pl. néhány ismert kölcsönhatásra (villamos, kémiai, fluid és termikus) felírva:  $\underline{\Delta E} = U \Delta Q + \mu \Delta m - p \Delta V + T \Delta S$  látható, hogy az egyenlet jobb oldalának utolsó két tagját megtartva éppen →a termodinamika I. főtételét kapnánk meg, amely egy általánosabb természeti törvény (→energia-megmaradás törvénye) speciális esete.

**interferencia** (fiz) Hullámtani jelenség, amely akkor következik be, ha két különböző forrású, →koherens hullám találkozik, azaz olyan hullámok, amelyek →fáziskülönbsége állandó. A találkozó →rezgések →fázisától függően a hullámok összegződésének, →szuperpozíciójának eredménye lehet erősítés v. gyengítés, esetleg teljes kioltás attól függően, hogy a hullámok azonos v. ellentétes fázisban találkoznak. Pl. ~ fényhullámoknál is felléphet, és ezek a bizonyos szabályossággal ismétlődő erősítések és gyengítések alkotják a fényinterferencia-képet.

**interferenciatag** (fiz) Legyen a két hullám hullámfüggvénye a következő:

$$A_1 e^{i(\varpi t + \phi_1)} \quad \text{és} \quad A_2 e^{i(\varpi t + \phi_2)}$$

Adjuk össze a két hullámot:

$$R = A_1 e^{i(\varpi t + \phi_1)} + A_2 e^{i(\varpi t + \phi_2)} = (A_1 e^{i\phi_1} + A_2 e^{i\phi_2}) e^{i\varpi t}$$

$$A_R = A_1 e^{i\phi_1} + A_2 e^{i\phi_2} = A e^{i\phi_R}$$

$$A_R^2 = (A_1 e^{i\phi_1} + A_2 e^{i\phi_2}) (A_1 e^{-i\phi_1} + A_2 e^{-i\phi_2}) = A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2 (e^{i(\phi_1 - \phi_2)} + e^{i(\phi_2 - \phi_1)})$$

$$e^{i\phi} + e^{-i\phi} = \cos \phi + i \sin \phi + \cos \phi - i \sin \phi = 2 \cos \phi$$

$$A_R^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\phi_2 - \phi_1)$$

Tehát a két forrás eredő intenzitása úgy számolható, hogy az egyik amplitúdó négyzete plusz a másik amplitúdó négyzete plusz még egy harmadik korrekciós tag, amelyet ~nak is szokás nevezni. Amennyiben az interferenciatag pozitív, akkor erősítésről, ellenkező esetben gyengítésről beszélünk.

**ionizációs energia** (fiz) egyatomos gázokból 1 mól pozitív töltésű gázhalmazállapotú ion képződéséhez szükséges energia. A különböző atomok ~i eltérhetnek egymástól, mivel az elektronok pályaenergiai atomról atomra különbözhetnek.



**ionos kötés** (fiz) az  $\sim$ t a pozitív és negatív töltésű ionok között a kristályrácsban fellépő elektromos kölcsönhatás hozza létre. Az  $\sim$  erősségét a rácsenergia jellemzi.

**iránytű** (fiz)  $\rightarrow$ [permanens mágnes](#)ből készített és vízszintes síkban szabadon elforduló mágnesrúd a Föld mágneses tere hatására mindig észak-dél irányba áll be. Az ilyen mágnesrudat  $\sim$ nek nevezzük. A két felét megkülönböztető jelzéssel látják el (többnyire eltérő módon festik) és azt a felét, amelyik a Föld északi mágneses sarka irányba áll be [északi pólusnak](#), amelyik a déli irányba áll be [déli pólusnak](#) nevezik. Fizikailag az iránytű északinak nevezett pólusa a déli, és vice versa.

**irreverzibilis folyamat** (fiz) (meg nem fordítható folyamat) A  $\rightarrow$ [termodinamika II. főtétele](#) szerint a folyamatokat reverzibilis és irreverzibilis folyamatokra oszthatjuk. Az  $\sim$ -ban pl., ha a testen végzett munka súrlódás során hővé alakul és a testet valamint környezetet melegíti, akkor ennek a folyamatnak a fordítottja az lenne, hogy a magára hagyott test és környezete lehűl, miközben a test mozogni kezd. Ez utóbbit sohasem tapasztaljuk. A természetben spontán végbemenő folyamatok irreverzibilisek.

**izentalpikus folyamat** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [termodinamikai folyamat](#), amely során a  $\rightarrow$ [rendszer](#)  $\rightarrow$ [entalpiája](#) állandó. Pl.: az ún.  $\rightarrow$ [fojtás](#)ok ilyen  $\rightarrow$ [állapotváltozást](#) valósítanak meg.

**izentropikus folyamat** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [termodinamikai folyamat](#), amely során a  $\rightarrow$ [rendszer](#)  $\rightarrow$ [entrópiája](#) állandó ( $\rightarrow$ [adiabatikus folyamat](#)).

**izobár folyamat** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [termodinamikai folyamat](#), amely során a  $\rightarrow$ [rendszer](#)  $\rightarrow$ [nyomása](#) állandó.  $\rightarrow$ [Ideális gáz](#) esetén  $p = \text{const.}$  mellett a  $\frac{V}{T} = \text{const.}$  összefüggés teljesül ( $\rightarrow$ [GAY-LUSSAC I. törvénye](#)), ahol  $p$  a nyomás,  $V$  a  $\rightarrow$ [térfogat](#),  $T$  a  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#).

**izochor folyamat** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [termodinamikai folyamat](#), amely során a  $\rightarrow$ [rendszer](#) térfogata állandó.  $\rightarrow$ [Ideális gáz](#) esetén  $V = \text{const.}$  mellett a  $\frac{p}{T} = \text{const.}$  összefüggés teljesül ( $\rightarrow$ [GAY-LUSSAC II. törvénye](#)), ahol  $p$  a  $\rightarrow$ [nyomás](#),  $V$  a  $\rightarrow$ [térfogat](#),  $T$  a  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#).

**izoterm folyamat** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [termodinamikai folyamat](#), amely során a  $\rightarrow$ [rendszer](#)  $\rightarrow$ [hőmérséklete](#) állandó.  $\rightarrow$ [Ideális gáz](#) esetén  $T = \text{const.}$  mellett a  $pV = \text{const.}$  összefüggés teljesül ( $\rightarrow$ [BOYLE-MARIOTTE-törvény](#)), ahol  $p$  a  $\rightarrow$ [nyomás](#),  $V$  a  $\rightarrow$ [térfogat](#),  $T$  a  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#).

**izotóp** (fiz,kém) két v. több azonos rendszámú ( $Z$ ), de különböző tömegszámú ( $A$ ) atom. Ezek atommagjában a  $\rightarrow$ [proton](#)ok száma ( $P$ ) megegyezik, de a  $\rightarrow$ [neutron](#)ok száma ( $N$ ) eltérő. A természetben található  $\sim$ ok egy része stabil, másik része radioaktív (radioizotóp), és sugárzás (alfa, béta, gamma) kibocsátásával, spontán módon más elemmé bomlik. A természetben előforduló elemek izotóp-összetétele (aránya) gyakorlatilag állandó, függetlenül attól, hogy honnan származik a minta. Így az elemek relatív atomtömege, amely a különböző tömegű izotóp atomok átlagértékével kapcsolatos, állandó szám.

**izotróp anyag** (fiz) olyan anyag, amelynek fizikai jellemzői iránytól függetlenek.

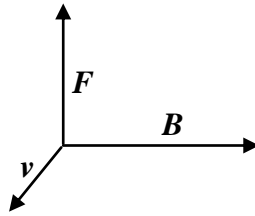
**izotróp közeg** (fiz) optikailag  $\sim$ -ben egy pontszerű fényforrásból minden irányban azonos  $\rightarrow$ [sebességgel](#) terjedő fényhullámok bizonyos idő alatt a különböző irányokban azonos távolságra jutnak el. E pontok összessége a hullámfelület, amely  $\sim$ -ben gömb.  $\rightarrow$ [Izotróp anyagnak](#) nevezzük az olyan anyagot, amelynek fizikai tulajdonságai minden irányban megegyezőek. Tehát az ilyen anyagban a fizikai jelenségek - lefolyási irányuktól függetlenül - azonos módon mennek végbe.

**jobbkez-szabály** (fiz) Kétféle  $\sim$ t különböztetünk meg:

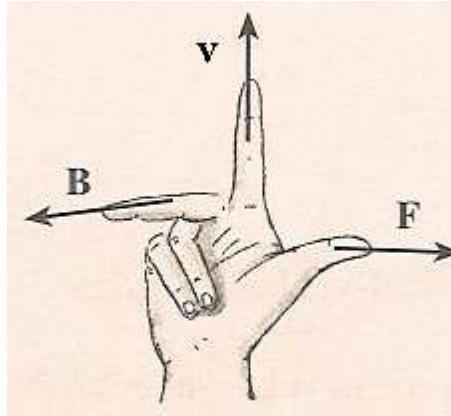
- 1) mozgó  $\rightarrow$  töltésre ható  $\rightarrow$  erő szabálya
- 2)  $\rightarrow$  árammal átjárt vezető mágneses terének szabálya

1) A  $\mathbf{B}$  mágneses térben  $\mathbf{v} \rightarrow$  sebességgel mozgó  $q$  töltésre ható  $\mathbf{F}$  erő definíciójából tudjuk, hogy:

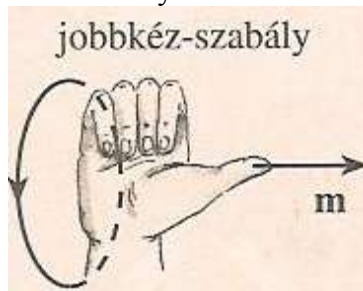
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$



Megjegyzés: a  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  vektoriális szorzat adja meg az  $\mathbf{F}$  erő irányát. A fenti koordináta-rendszer a jobbkezes ábrázoló alsó képhez képest a  $\mathbf{vF}$  és az  $\mathbf{FB}$  síkokban el van forgatva (a fizikai törvények a koordináta-rendszer rotációjára nézve invariánsak).



2) árammal átjárt körvezető terének szabálya:



Megjegyzés: az ábrán a körre rajzolt nyíl az áramirányt, az  $\mathbf{m}$  jelzés a  $\mathbf{B}$  mágneses térerősség vektor irányát mutatja.

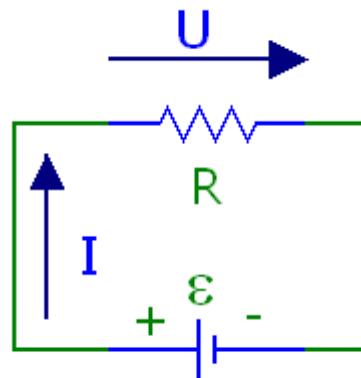
**JOULE-kísérlet** (fiz) a kísérlet lényege, hogy a  $\rightarrow$  kaloriméterben elhelyezett higany belső energiáját kétféle módon is lehet növelni: mechanikai munkavégzéssel (keveréssel) és melegítéssel (rendezetlen energiaközléssel), anélkül, hogy a meleg higanyból következtetni lehetne arra, hogy melyik eljárást alkalmaztuk valójában. A kísérlet végkövetkeztetése, hogy a  $\rightarrow$  belső energia megváltozása  $dU$  egyenlő a rendszeren végzett munka  $\delta W$  és a hőközlés  $\delta Q$  összegével:  $dU = \delta W + \delta Q$ . A  $\delta$  szimbólum arra utal, hogy a munkavégzés és a hőközlés nem teljes differenciál (útfüggő, ill. függ a hőközlés módjától). A belső energia állapotfüggvény, így a  $d$  szimbólum arra utal, hogy a belső energia teljes differenciál (független attól, hogy milyen módon jutott a rendszer az adott állapotba).

**JOULE-THOMSON-jelenség** (fiz) környezetével  $\rightarrow$  hőt nem cserélő (adiabatikusan szigetelt) rendszerbeli  $\rightarrow$  reális gáz térfogatváltozását kísérő  $\rightarrow$  hőmérséklet változás, amely a

$$dT = \frac{T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p - V}{c_p} dp$$

összefüggéssel fejezhető ki. Itt  $T$  a hőmérséklet,  $p$  a  $\rightarrow$  nyomás,  $V$  a  $\rightarrow$  térfogat és  $c_p$  az állandó nyomáson vett  $\rightarrow$  fajhő.

**JOULE törvény** (fiz) Egy  $\rightarrow$  ellenállás a keletkező  $\rightarrow$  hőt ~ével számíthatjuk ki.



$P$  a  $\rightarrow$  feszültségforrás  $\rightarrow$  teljesítménye, ha a fenti áramkörben a feszültségforrás belső ellenállása  $R_b=0$ .

$$P = \varepsilon I$$

A feszültségforrás kapcsai között  $\varepsilon=U$  a  $\rightarrow$  potenciálkülönbség, tehát ugyanakkora, mint az ellenállás végpontjain. Az  $\rightarrow$  energia-megmaradás törvényének megfelelően, amennyi energiát nyernek a  $\rightarrow$  töltések feszültségforráson áthaladva, ugyanannyi hő fejlődhet az ellenálláson. A feszültségforrás teljesítménye egyenlő a  $\rightarrow$  disszipált teljesítménnyel az ellenállást tartalmazó áramkörben.

$$P = UI$$

$$P = RI^2$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

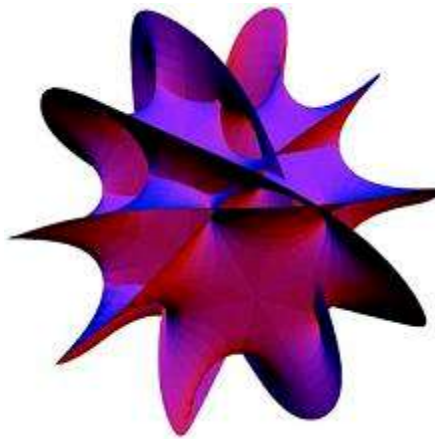
Az ellenálláson fejlődő hő egyenlő a feszültségforrás által végzett munkával.

$$Q = W_{1,2} = \int_{t_1}^{t_2} U(t)I(t)dt$$

**kalorimetria** (fiz) a  $\rightarrow$  hőmennyiség,  $\rightarrow$  fajhő, hőérték, olvadáshő, forráshő, égéshő stb. mérésével kapcsolatos módszerek összefoglaló elnevezése.

**kaloriméter** (fiz) a  $\sim$  a  $\rightarrow$  hőmennyiségnek, valamint az anyagok  $\rightarrow$  fajhőjének, hőértékének, olvadáshőjének, forráshőjének, égéshőjének mérésére alkalmas eszköz. Gyakran alkalmazzák elektromágneses hullámok teljesítményének mérésére is úgy, hogy a mikrohullámú energiát először hőenergiává alakítják át.

**KALUZA-KLEIN elmélet** (KK-elmélet) (fiz) az [egyesített elméletek](#) egy típusa, amely az  $\rightarrow$  [általános relativitáselmélet](#) *négy*nél több téridő dimenzióra való általánosítását követeli meg. Öt téridő dimenzióban az elmélet az általános relativitáselméletet és az elektromágneses kölcsönhatást képes leírni. Magasabb téridő dimenziókban a  $\sim$  az általános relativitáselmélet és általánosabb [mértékelméletek](#) együttes leírását adja. A  $\sim$  és a [szuperszimmetria](#) kombinációja a [szupergravitáció](#), amely *tizenegy* téridő dimenziót követel meg. Ezekben az elméletekben az az elképzelés, hogy a magasabb dimenziók mintegy „felcsavarodnak”, hogy kiterjedésük szubatomián kicsi legyen, így makroszkopikusan csak a három tér- és egy idődimenzió észlelhető. Az elméletben nincsen szó több idődimenzióról, mert ez óriási ellentmondásokhoz vezet. Az elméletet Theodor KALUZA-ról és Oscar KLEIN-ről nevezték el. KLEIN 1926-ban a kvantummechanikát felhasználva kimutatta, hogy a felcsavarodott dimenziók önmaguktól egészen parányi méretűre (PLANCK hosszúságúra, azaz  $10^{-35}$  m) húzódnak össze. A KK-elmélet később feledésbe merült, és csak 1970 után vették ismét elő. A négy alapvető erő egyesített leírásához igénybe vették a szuperszimmetriát, és 11 (10 tér + 1 idő) dimenziót. Ezt az elméletet a szuperszimmetria alkalmazására utalva szupergravitációs elméletnek nevezték el.



Szimuláció hatdimenziós térről

Megjegyzés: Theodor Franz Eduard KALUZA (1885. nov. 9, Opeln – 1954. jan. 19, Göttingen), német matematikus, fizikus, Oscar Benjamin KLEIN (1894. szept. 15, Danderyd – 1977. febr. 5, Stockholm), svéd elméleti fizikus.

**kapacitás** (fiz) (jele:  $C$ , mértékegysége: 1 F, farad; Michael FARADAY [1791.szept. 22, Newington Butts – 1867. aug. 25, Hampton Court] angol fizikus és vegyész tiszteletére). Elszigetelt fémek  $\rightarrow$  [vezetők](#)re  $\rightarrow$  [töltés](#)t helyezve a töltések sztatikus (egyensúlyi) állapotban úgy helyezkednek el, hogy a fém belsejében a térerősség zérus, töltés csak a felszínen van, és az  $\rightarrow$  [erővonal](#)ak merőlegesek a vezető felszínére. Ha nem így lenne, akkor a jelenlévő térerősség hatására a töltések elmozdulnának, tehát nem beszélhetnénk sztatikus (egyensúlyi) állapotról, a vezető felszínén áram folyna.

Mivel az erővonalak merőlegesek a felületre, így a fémek vezető felszíne ekvipotenciális és egyetlen  $U \rightarrow$  [potenciál](#)lal jellemezhető. Bizonyítható, hogy a felvitt töltés  $Q$  és a vezető potenciálja  $U$  között egyenes arányosság áll fenn. Az arányossági tényezőt a vezető  $\sim$ ának, vagy másként fogalmazva töltéstároló képességének nevezzük.

$$Q = C U$$

A kapacitás SI mértékegysége : farad = coulomb/volt ( $F=C/V$ ).

**kapillaritás** (fiz) a folyadék felszínén fellépő, a folyadékmolekulák közti erővel kapcsolatos jelenségek gyűjtőneve. A folyadékok felszíne igyekszik összehúzódní a folyadék belsejéhez

képest. Bizonyos esetekben ezt a jelenséget a  $\rightarrow$  felületi feszültség ( $\alpha$ ) helyett a kapilláris állandóval jellemzik:

$$k = \sqrt{\frac{2\alpha}{\rho g}},$$

ahol  $\rho$  a folyadék sűrűsége és  $g$  a  $\rightarrow$  gravitációs gyorsulás. Pl. víz esetében  $k_{\text{víz}}=0,384$  cm, higany esetében pedig  $k_{\text{Hg}}=0,272$  cm. A  $\sim$  a természetben és a technikában egyaránt fontos szerepet játszik, mint a  $\rightarrow$  hajszálcsovesség fizikai oka. A hajszálcsovesség azt jelenti, hogy a  $\sim$  hatására, a gravitáció ellenében a folyadék fölemelkedik, ha a folyadék nedvesíti a cső belső felületét (pl. a talajvíz fölemelkedése; a víz ún. „nedvesítő” folyadék). Ellenkező esetben a  $\sim$  folyadéksüllyedéshez vezet (pl. higanyszál üvegcsőben; a higany ún. „nem nedvesítő” folyadék).

**karcsúság** (műsz, rep) (jele:  $\lambda$ )

(1).  $\rightarrow$  prizmatikus rudak fontos szilárdsági jellemzője, az ún.  $\rightarrow$  EULER-hossz és az  $\rightarrow$  inerciasugár (2) hányadosa. Képlete:

$$\lambda = \frac{S_E}{r_i}.$$

(2).  $\rightarrow$  szárny  $\sim$ a, amelynek fontos szerepe van a repülőgép  $\rightarrow$  indukált ellenállásának kialakulásában.

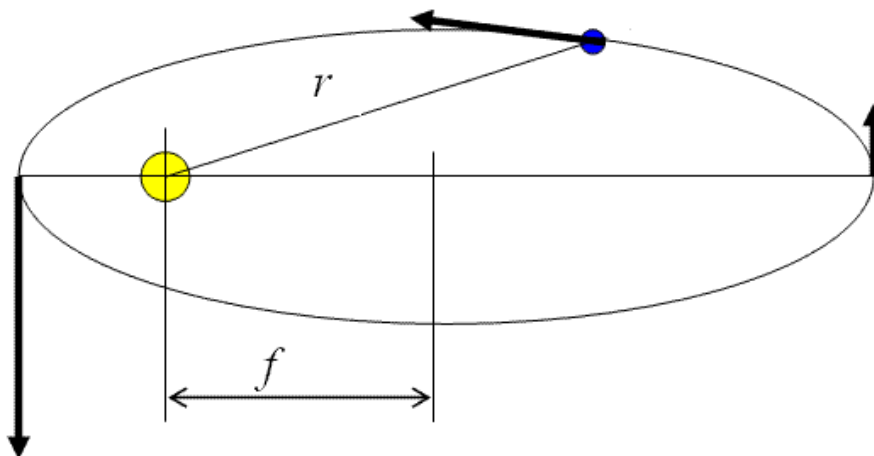
**KELVIN-skála** (fiz)  $\rightarrow$  abszolút hőmérsékleti skála.

**kemilumineszcencia** (fiz) Olyan lumineszcencia, amely kémiai folyamatok, általában oxidáció során jön létre.

**KEPLER-törvények** (csill) a bolygók Nap körüli mozgását leíró három törvényszerűség, amelyeket Johannes KEPLER (1571. dec. 27. – 1630. nov. 15) német csillagász állapított meg 1609 és 1619 között.

**I. törvény:** *A bolygók olyan ellipszis alakú pályán keringnek, amelynek egyik fókuszpontjában a Nap van.*

**II. törvény:** *A Napot a bolygóval összekötő szakasz (vezérsugár) azonos idő alatt azonos területet sűrol, vagyis a  $\rightarrow$  pályasebesség a Nap közelében nagyobb.*



E két törvény értelmében a vezérsugár által az időegység alatt sűrolt terület – egy adott bolygó Nap körüli keringése során – állandó:

$$\dot{A} = \frac{ab\pi}{T},$$

ahol  $T$  a  $\rightarrow$ [keringési idő](#),  
 $a$  az ellipszis fél nagytengelyének hossza és  
 $b$  az ellipszis fél kistengelyének hossza.

### III. törvény: A keringési idő négyzetének és az ellipszispálya nagytengelye köbének hányadosa minden bolygóra azonos a Naprendszerben.

E törvény egy általánosabb törvény speciális esete (az alábbi képletben az ellipszispálya fél nagytengelyének köbe szerepel a számlálóban):

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{\gamma(m_1 + m_2)}{4\pi^2},$$

ahol  $\gamma$  az  $\rightarrow$ [univerzális gravitációs állandó](#),  
 $m_1$  és  $m_2$  közös tömegközéppontjuk körül keringő égitestek tömege.

Ha  $m_1 = M$  a Nap tömege és a bolygó tömege  $m_2 = m \ll M$ , akkor a bolygó keringési ideje:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\gamma(M + m)}} \approx 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\gamma M}} = \text{const.}$$

Megjegyzések: 1. NEWTON a II. törvény alapján következtetett centrális  $\rightarrow$ [gravitációs erőre](#), a III. alapján pedig arra, hogy a gravitációs erő a vonzó tömegek közti távolság négyzetével fordítottan arányos. 2. A  $\sim$  levezethetők NEWTON mozgástörvényeiből is, felhasználva a  $\rightarrow$ [NEWTON-féle tömegvonzási törvényt](#) és a  $\rightarrow$ [mechanikai energia megmaradásának törvényét](#).

Lásd pl. Dr. Ratkó István: *A Kepler törvényekről*, INFORMATIKA, (20.) 7. évf. 1. szám, 2004. február, pp. 70-72.

**keresztmetszeti jellemzők** (fiz, műsz) a tartószerkezetek szilárdságát befolyásoló geometriai jellemzők, amelyeket a tartó igénybevett keresztmetszetére határoznak meg. A legfontosabb  $\sim$ : a keresztmetszet felülete,  $\rightarrow$ [súlypontjának helye](#), a  $\rightarrow$ [poláris másodrendű nyomaték](#), a  $\rightarrow$ [tengelyes másodrendű nyomatékok](#) és a  $\rightarrow$ [keresztmetszeti tényezők](#).

**keresztmetszeti tényező** (műsz) a nyomatéki igénybevételekkel szembeni szilárdságnál jelentős szerepet betöltő keresztmetszeti jellemző, amelynek két fajtája van. 1. A jelző nélküli  $\sim$  (jele:  $K$  v.  $W_z$ , mértékegysége:  $1 \text{ m}^3$ ) a rúd tengelyére merőleges, a keresztmetszet síkjában lévő, súlyponton átmenő, a hajlító nyomaték vektorral párhuzamos  $z$  tengelyre számított  $I_z \rightarrow$ [másodrendű nyomaték](#) és a rá merőleges irányban a szélső szál súlyponttól mért  $y_{\max}$  távolságának a hányadosa:

$$K = \frac{I_z}{y_{\max}}.$$

E  $\sim$ nek a  $\rightarrow$ [hajlítoszilárdság](#)nál van döntő szerepe. 2. A poláris  $\sim$  (jele:  $K_p$  v.  $W_p$ , mértékegysége:  $1 \text{ m}^3$ ) számlálójában  $\rightarrow$ [poláris másodrendű nyomaték](#) van, a nevezőjében pedig a súlyponttól mért legnagyobb távolság szerepel. Pl. kör keresztmetszetű rúdnál:

$$K_p = \frac{2I_p}{d},$$

ahol  $d$  a tartó keresztmetszetének átmérője.

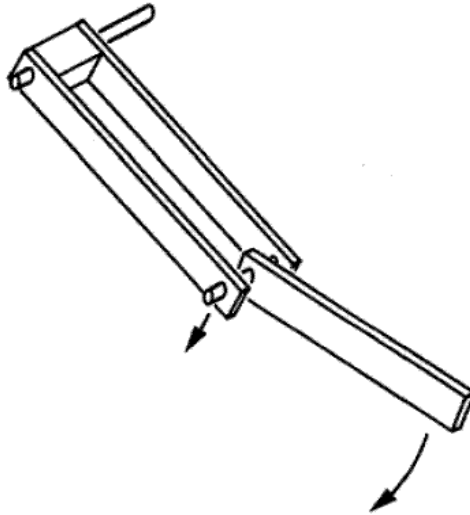
E  $\sim$ nek a  $\rightarrow$ [csavarószilárdság](#)nál van döntő szerepe.

**keresztváltozó** (műsz)  $\rightarrow$ [K-típusú változó](#)

**keringési idő** (fiz, csil) a  $\rightarrow$ [periódusidő](#) egyike; égitestek (pl. bolygók, holdak)  $\rightarrow$ [pályája](#) befutásának jellemzésére. A  $\sim$  pálya méretével való kapcsolatához lásd  $\rightarrow$ [KEPLER-törvények](#) III!

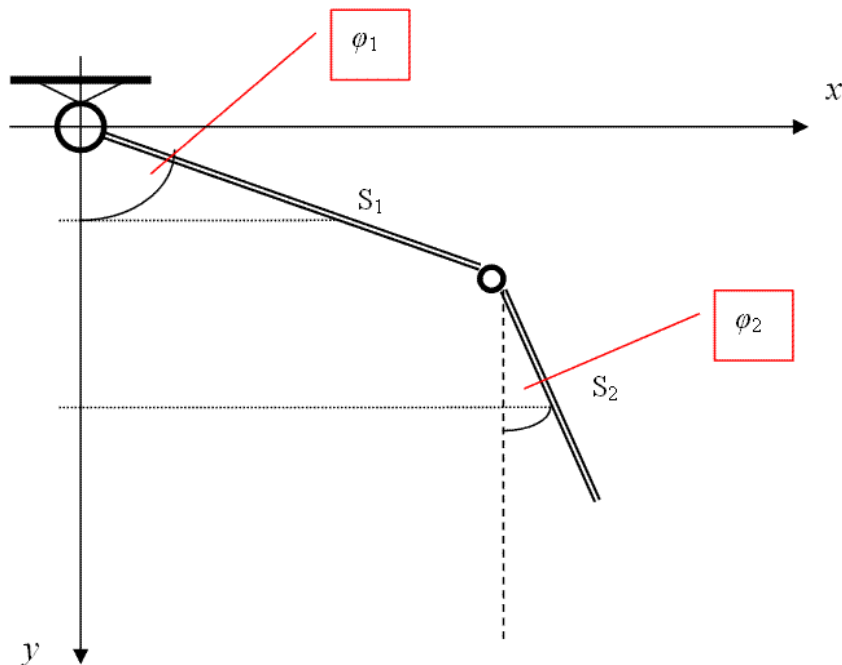
**kerületi sebesség** (fiz) (jele:  $v$  v.  $v_k$ , mértékegysége: 1 m/s) a  $\rightarrow$ [körmozgás](#)  $\rightarrow$ [pályasebessége](#). A  $\sim$  pillanatnyi értéke a sugár és a  $\rightarrow$ [szögsebesség](#) szorzata:  $v=r\omega$ . A körmozgást végző test bármely pontjának  $\rightarrow$ [sebességét](#), mint vektormennyiséget megkaphatjuk, ha a szögsebességvektor és a pont  $\rightarrow$ [helyzetvektor](#)ának vektori szorzatát vesszük:  $\mathbf{v}=\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{r}$ . A  $\sim$  e vektor abszolút értéke.

**kettős inga** (fiz) szerkezeti felépítésének vázlata:



Forrás: T. SHINBROT, C. GREBOGI, J. WISDOM, J. A. YORKE: *Chaos in a double pendulum*, American Journal of Physics **60**, (1992) 491.

A  $\sim$  dinamikai leírása: az alábbi vázlaton a két forgástengely távolsága:  $l$ , a  $\rightarrow$ [súlypontok](#) forgástengelytől mért távolsága:  $s_1$  és  $s_2$ , a  $\rightarrow$ [tömegek](#):  $m_1$  és  $m_2$   $\rightarrow$ [tehetetlenségi nyomatékok](#):  $\Theta_1$  és  $\Theta_2$ .



A rendszer  $\rightarrow$ [mozgási energiáját](#) az ingatestek súlypontjaira felírt translációs és a testek rotációs kinetikus energiájának összegeként kapjuk:

$$E_k = \frac{1}{2} (m_1 v_1^2 + \Theta_1 \dot{\phi}_1^2 + m_2 v_2^2 + \Theta_2 \dot{\phi}_2^2)$$

A rendszer  $\rightarrow$  helyzeti energiáját az ingatestek súlypontjai függőleges tengelyre számított vetületéből számítjuk:

$$E_p = g(m_1 y_1 + m_2 y_2)$$

A ~ kinematikai leírása:

$$v_i^2 = \dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2$$

$$x_1 = s_1 \sin \varphi_1 \quad x_2 = l \sin \varphi_1 + s_2 \sin \varphi_2$$

$$y_1 = -s_1 \cos \varphi_1 \quad y_2 = -(l \cos \varphi_1 + s_2 \cos \varphi_2)$$

$$\dot{x}_1 = s_1 \dot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 \quad \dot{x}_2 = l \dot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 + s_2 \dot{\varphi}_2 \cos \varphi_2$$

$$\dot{y}_1 = s_1 \dot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 \quad \dot{y}_2 = l \dot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 + s_2 \dot{\varphi}_2 \sin \varphi_2$$

A mozgásegyenlethez szükség van a két energia különbségére:  $L = E_k - E_p$ , amely kielégíti az ún.  $\rightarrow$  EULER-LAGRANGE-differenciálegyenletet:

$$\frac{\partial L}{\partial \chi_i} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\chi}_i} = 0,$$

ahol  $\chi_i$  az  $i$ -dik ún. általános koordináta, amelyből most kettő van:  $\varphi_1$  és  $\varphi_2$ .

A parciális deriváltak:

$$\frac{\partial L}{\partial \varphi_1} = -m_1 g(s_1 + l) \sin \varphi_1 + m_2 l s_2 \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \varphi_2} = m_2 s_2 [l \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - g \sin \varphi_2]$$

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_1} = (\Theta_1 + m_1 s_1^2 + m_2 l^2) \dot{\varphi}_1 + m_2 l s_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_2} = (\Theta_2 + m_2 s_2^2) \dot{\varphi}_2 + m_2 l s_2 \dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

A  $\rightarrow$  STEINER-tétel alapján bevezetve az alábbi jelöléseket

$$\Theta_1^* = \Theta_1 + m_1 s_1^2 + m_2 l^2 \quad \text{és} \quad \Theta_2^* = \Theta_2 + m_2 s_2^2,$$

valamint a  $D = m_2 l s_2$  jelölést is; a szögsebességek szerinti parciális deriváltak:

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_1} = \Theta_1^* \dot{\varphi}_1 + D \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_2} = D \dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \Theta_2^* \dot{\varphi}_2$$

Ez utóbbi két parciális differenciálegyenlet időszerinti deriváltja:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_1} = \Theta_1^* \ddot{\varphi}_1 + D [\dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) - \dot{\varphi}_2 (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_2} = D [\dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) - \dot{\varphi}_2 (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_2)] + \Theta_2^* \ddot{\varphi}_2$$

Behelyettesítve az EULER-LAGRANGE-differenciálegyenletbe:



$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \varphi_1} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_1} &= -m_1 g(s_1 + l) \sin \varphi_1 + D \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_1) - \\ &- \Theta_1^* \ddot{\varphi}_1 - D[\ddot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) - \dot{\varphi}_2(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_2)] = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \varphi_2} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}_2} &= m_2 s_2 [l \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - g \sin \varphi_2] - \\ &- D[\ddot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) - \dot{\varphi}_2(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_2)] - \Theta_2^* \ddot{\varphi}_2 = 0 \end{aligned}$$

A mozgásegyenlet:

$$\begin{cases} \Theta_1^* \ddot{\varphi}_1 + D[\ddot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \dot{\varphi}_2^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)] + m_1 g(s_1 + l) \sin \varphi_1 = 0 \\ \Theta_2^* \ddot{\varphi}_2 + D[\ddot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \dot{\varphi}_2^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)] + m_2 g s_2 \sin \varphi_2 = 0 \end{cases}$$

**Megjegyzés:** Ha a két közönséges másodrendű, nemlineáris, homogén differenciálegyenletet azonos alakúvá lehet alakítani a paraméterek megválasztásával (pl. a kisebb tömegű ingatest nagy súlypont-távolsága miatt, akkor előállhat a  $\varphi_1 - \varphi_2 = \text{const.}$  megoldás. Pl. a harang is ~ként  $\rightarrow$  modellezhető, és az ilyen paraméterű harang néma marad, ezért a harangot összetörik, majd újraöntik. Az ismert magyar közmondás szerint a szőfukar ember *hallgat, mint a néma harang*.

**kettőtörés** (fiz) Optikailag anizotróp kristályokban a különböző polarizációs síkú fény terjedési sebessége különböző, így a polarizálatlan fény egy beeső sugarából két sugár keletkezhet. Ennek megfelelően ilyen kristályokban két különböző törésmutató lép fel, az *ordinárius* és az *extraordinárius* törésmutató. Minden kettősen törő kristályban található olyan irányok, amelyekben a polarizálatlan fény felhasadás nélkül terjed. Ezek az irányok az optikai tengelyek, számuktól függően optikailag egytengelyű és kéttengelyű kristályokat különböztetünk meg. Tipikusan kettősen törő kristály az ún. *izlandi pát* (kettőző pát), amely víztiszta, teljesen átlátszó, üvegszerű mészpát; Izlandról származik.

**kémiai potenciál** (fiz) a rendszer részecskeszámához tartozó  $\rightarrow$  intenzív mennyiség – parciális moláris szabadentalpia v. GIBBS-energia –, amely megmutatja, hogy egységnyi kémiai anyagmennyiség-változás (mol változás) során mennyivel változik meg a rendszer szabadentalpiája:  $\mu = \left( \frac{\partial G}{\partial n} \right)_{T,p}$ .

**kényszer** (fiz) fennállása azt jelenti, hogy az  $\rightarrow$  erők nem fejthetik ki szabadon hatásukat. Ebből következik, hogy az erők nem szuperponálódnak zavartalanul. (Nem érvényes rájuk a  $\rightarrow$  NEWTON-féle IV. axióma.) A ~ek összefoglaló táblázata:

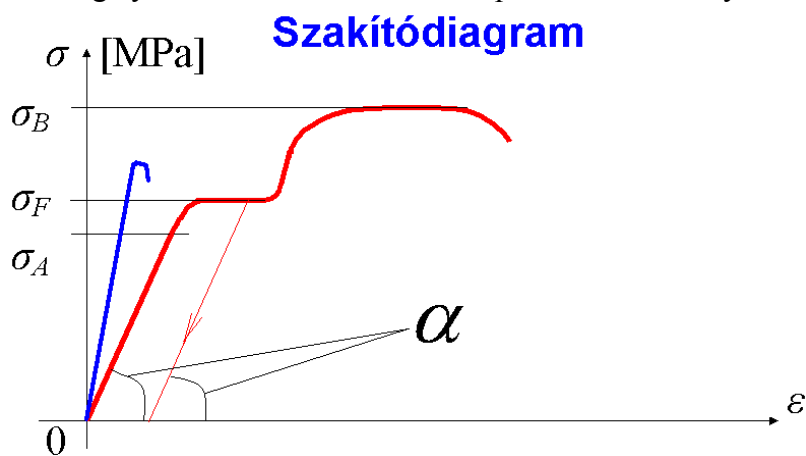
<b>Kényszerek</b>	<b>szkleronom</b>	<b>rheonom</b>
<b>holonom</b>	Explicite nem	integrálható
<b>nem-holonom</b>	időfüggő	nem integrálható
		Explicite időfüggő

**kényszererő** (fiz) (jele:  $\mathbf{K}$  v  $\mathbf{F}_k$ , mértékegysége: 1 N) a  $\rightarrow$  kényszererő-rendszer egyik komponense.

**kényszererő-rendszer** (fiz) A test és környezete közötti kapcsolatot, amely a test mozgáslehetőségeit korlátozza,  $\rightarrow$  kényszernek nevezik. E kapcsolatokban erőhatások is keletkeznek a kényszer típusától függően, amelyek ~t alkotnak (pl. kanyarodó vonat – sín)

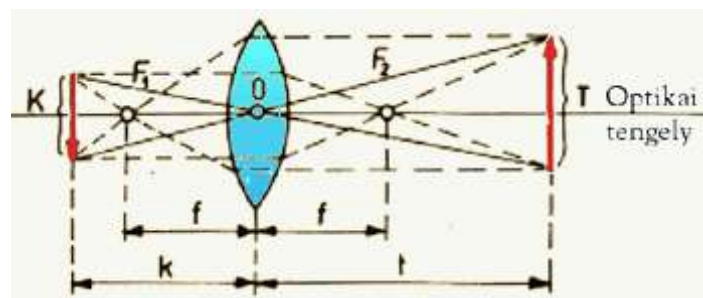
**kényszermozgás** (fiz) → kényszer feltételeknek alávetett mechanikai tárgy mozgása. Ha a kényszert a mozgás → pályáját előíró felület jelenti, akkor ez egy → kényszererővel vehető figyelembe, amely a felületi normálisra illeszkedik.

**képlékeny alakváltozás** (fiz, műsz) Ha a → rugalmas alakváltozás egy bizonyos mértéket meghalad, akkor a szerkezeti anyag belsejében a → csúsztatófeszültség olyan nagy szögváltozást okoz a kristályszerkezetében, hogy az elmozduló atomsík atomjai eredeti szomszédjaiktól annyira eltávolodnak, hogy már egy másik atom vonzóerejének hatása alá kerülnek, és az egész atomsík egy (v. több) rácstávolsággal eltolódik. Ugyanakkor az atomok megint → egyensúlyi állapotba kerülnek. Tehát a ~ során az egyik atomsík a másik mellett egy v. több rácstávolsággal elcsúszik. Ilyen csúszás csak az atomokkal legsűrűbben „megrakott” síkok, az ún. csúszó-síkok mentén történhet. A ~ fontos makroszkopikus tulajdonsága a maradó → alakváltozás, vagyis a terhelés megszűnése után a test nem nyeri vissza eredeti méretét, sőt még az alakja is megváltozhat. A → szakítódiaagramon ezt szemlélteti a vékony piros vonal és a nyíl. A vízszintes tengelyen a terhelés után is marad pozitív mérnöki nyúlás.



A ~ másik fontos tulajdonsága, hogy nincs → térfogat változás, vagyis  $\Delta V=0$ , ezért a → POISSON-tényező minden szerkezeti anyagra egyformán  $\nu=0,5$ . Ezt a körülményt a technológusok ki szokták használni, amikor a képlékeny alakítás szerszámát tervezik.

**képtávolság** (fiz) A kép optikai tengelyre eső vetületének és az optikai középpontnak a távolságát ~-nak ( $k$ ) nevezzük. Valódi kép esetén pozitív, látszólagos (virtuális) kép esetén negatív a képtávolság.



**kiáramlási sebesség** (műsz, fiz) a rakéta → LAVAL-fúvókájából kiáramló gázsugár → sebessége a rakétához viszonyítva:

$$c = \sqrt{\frac{2\kappa RT_b}{\kappa - 1} \left[ 1 - \left( \frac{p_k}{p_b} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]}$$

ahol  $\kappa$  az  $\rightarrow$ [adiabatikus kitevő](#),  
 $R$  a  $\rightarrow$ [specifikus gázállandó](#),  
 $T_b$  abszolút  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#) az égéstér belsejében,  
 $p_k$  a külső  $\rightarrow$ [légnomás](#) és  
 $p_b$  az égéstermék  $\rightarrow$ [nyomás](#)a az égéstérben.

**kifáradás** (műsz) A XIX. század második felében számos vasúti katasztrófát idézett elő egy-egy váratlan tengelytörés. A Német Birodalmi Vasút rohamos műszaki fejlődése a sebesség növekedésével oda vezetett, hogy a vasúti tengelyek ciklikus  $\rightarrow$ [igénybevétel](#)ének ciklusszáma is lényegesen megnőtt, és ez kifáradásos töréshez<sup>3</sup> (fáradt törés) vezetett. A. WÖHLER<sup>4</sup> (1860) kísérleti úton megállapította, hogy milyen kapcsolat van az igénybevételi ciklusszám és a megengedhető  $\rightarrow$ [feszültség](#) között, valamint azt is, hogy vannak olyan szerkezeti anyagok, amelyeknek van  $\rightarrow$ [kifáradási határ](#). A kifáradást befolyásolja pl.: a felületi érdesség, az oxidáció, kémiai hatások, kopás, hőmérséklet. Az acél v. a titán – elvileg – végtelen ciklusszámú ( $\geq 10^7$ ) igénybevételt is kibír kifáradási törés nélkül, de pl. az alumínium nem. Éppen ezért nem szabad a korrózióknak jól ellenálló és kis fajsúlyú alumíniumból emlékművet készíteni, mert a szél hatására a róla leváló örvények<sup>5</sup> kicsiny, de *sokszor ismétlődő* igénybevételnek tennék ki, amely viszonylag hamar kifárasztaná. A repülőgépek teherviselő elemeit, mint pl. a főtartó, acélból készítik, a burkolatot pedig ötvözött alumíniumból. Az élettartamot a kifáradási jelenség határozza meg, ha nem következik be katasztrófa (váratlan és tragikus kimenetelű meghibásodás). A forgást megkönnyítő gördülő csapágyakat már több mint száz éve élettartamra méretezik, illetve annak megfelelően választják ki a csapágygyárak katalógusaiból. Megjegyzendő, hogy a gyártók általában nem vállalnak élettartam-garanciát a gördülőcsapágyakra.

**kifáradási diagramok** (műsz) a kifáradásra méretezést elősegítő grafikonok. A legfontosabb  $\sim$  a  $\rightarrow$ [HAIGH-diagram](#), a  $\rightarrow$ [SMITH-diagram](#) és a  $\rightarrow$ [WÖHLER-görbe](#).

**kifáradási határ** (műsz) olyan ciklikus  $\rightarrow$ [igénybevétel](#), amelyet a szerkezet végtelen ciklusszám esetén is törés nélkül elvisel.

**kihajlás** (műsz)  $\rightarrow$ [prizmatikus rúd](#) szerkezeteknél és lemezeknél is előforduló jelenség, amelyre az jellemző, hogy egy meghatározható nagyságú nyomó  $\rightarrow$ [igénybevétel](#)t meghaladva a terhelés kismértékű növelése is nagy  $\rightarrow$ [elmozdulást](#) okoz. Ilyenkor a szerkezet elveszti stabilitását és a terhelés hatására bekövetkező  $\rightarrow$ [alakváltozás](#) annyira jelentős, hogy az  $\rightarrow$ [erő](#)  $\rightarrow$ [támadáspont](#)ja v. az igénybevétel számottevően megváltozik. Megjegyzés: a lemezek és önhordó héjszerkezetek  $\sim$ át horpadásnak is nevezik, jóllehet horpadást más módon is elő lehet idézni.

Prizmatikus rúd  $\sim$ ának alapesete:

$\sim$  esetén keletkező  $\rightarrow$ [hajlító nyomaték](#) és az alakváltozás:

$$M(x) = -Fy \quad \text{Navier szerint : } y'' \approx \frac{M}{IE}$$

$$y'' + \frac{F}{IE} y = y'' + \alpha^2 y = 0, \text{ amelynek általános megoldása : } y = A \sin \alpha x + B \cos \alpha x$$



<sup>3</sup> Mindenki ismeri azt a jelenséget, hogy egy darab drótot hajlítgatással el lehet törni (a hajlítgatás helyén fölmelegszik, berepedezik és eltörik). Arra azonban nem gondoltak 150 évvel ezelőtt, hogy egy edzett acéltengely is kifáradhat.

<sup>4</sup> AUGUST WÖHLER (1819–1914) német vasútépítő mérnök 1856-tól végzett kísérleti és elméleti vizsgálatokat az anyag-tudomány terén. A francia-porosz háború után Strassburgban császári vasútigazgató 1874-től 1889-ig.

<sup>5</sup> KÁRMÁN-féle örvénysor.

Tudjuk, hogy  $y(0)=y(l)=0$ , tehát ha  $A \neq 0$ , akkor

$$B = 0 \text{ és } A \sin \alpha l = 0$$

$$\Rightarrow \alpha l = k\pi, \text{ ahol } k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Ha kizárjuk a  $k = 0$  triviális megoldást, akkor a kihajlást okozó erőre az alábbi, EULER-féle képletet kapjuk:

$$F = IE\alpha^2 = \frac{IEk^2\pi^2}{l^2} = \frac{n\pi^2 IE}{l^2}, \text{ ahol } n = 1, 4, 9, \dots$$

$$n = 1 \text{ - nél és } S \text{ biztonsági tényező mellett megengedett erő: } F_{\text{meg}} = \frac{\pi^2 IE}{Sl^2} = \frac{\pi^2 IE}{Ss_E^2} \approx \frac{10IE}{Ss_E^2},$$

ahol  $s_E$  az Euler - féle szabad kihajlási hossz; most  $s_E = l$ .

**kihajlási szilárdság** (műsz)  $\rightarrow$  prizmatikus rúd  $\rightarrow$  kihajlás a során az  $A_k$  keresztmetszetben kialakuló feszültség:

$$\sigma_k = \frac{\pi^2 IE}{A_k l^2} = \frac{\pi^2 E r_i^2}{l^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, \quad \sigma_{\text{meg}} = \frac{\sigma_k}{S}$$

ahol  $\lambda = \frac{s_E}{r_i}$  a karcsúság.

A szükséges másodrendű nyomaték:

$$I_{\text{min}} = \frac{SF l^2}{\pi^2 E}$$

Az alapesettől eltérő esetekben a három EULER-képlet az alábbi.

I. A rúd egyik vége befogott, a másik szabad. A befogásnál  $y'=0$  (negyed szinusz fv.),  $n=1$  és  $s_E=2l$ , tehát:

$$F_{\text{meg}} = \frac{\pi^2 IE}{4Sl^2} \approx \frac{2,5IE}{Sl^2} \quad \sigma_k = \frac{\pi^2 IE}{4A_k l^2} \approx \frac{10E}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{\sigma_k}{S} \quad I_{\text{min}} = \frac{4SF l^2}{\pi^2 E} \approx \frac{0,4SF l^2}{E}$$

II. (Ez volt az alapeset.)

III. Egyik vége befogott, a másik csuklóban végződve csak a tengely irányában mozdulhat el. A befogásnál  $y'=0$ ,  $n=1$  és

$$s_E = \frac{l}{\sqrt{2}} \approx 0,707l$$

$$F_{\text{meg}} = \frac{2\pi^2 IE}{Sl^2} \approx \frac{20IE}{Sl^2} \quad \sigma_k = \frac{2\pi^2 IE}{A_k l^2} \approx \frac{10E}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{\sigma_k}{S} \quad I_{\text{min}} = \frac{SF l^2}{2\pi^2 E} \approx \frac{SF l^2}{20E}$$

IV. Mindkét vége befogott, és az egyik vége csak tengelyirányban mozdulhat el.  $y'(0)=y'(l)=0$  (teljes szinusz fv.),  $n=1$  és  $s_E=l/2$ :

$$F_{\text{meg}} = \frac{4\pi^2 IE}{Sl^2} \approx \frac{40IE}{Sl^2} \qquad \sigma_k = \frac{4\pi^2 IE}{A_k l^2} \approx \frac{10E}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{\sigma_k}{S} \qquad I_{\text{min}} = \frac{SFl^2}{4\pi^2 E} \approx \frac{SFl^2}{40E}$$

Az EULER-féle képletek alkalmazhatósága  $\lambda = s_E/r_i$  karcsúságú prizmatikus rudakra:

Anyag	E [MPa]	S	EULER-képlet érvényes	
			$\lambda \geq$	$s_E \geq$
Öntöttvas	$10^5$	8	80	20d
Acél A 37	$2,05 \cdot 10^5$	5	100	25d
Acél A 60	$2,1 \cdot 10^5$	5	93	23d
Fenyőfa	$10^4$	10	100	25d

TETMAJER Lajos (1850–1905) gépészmérnök, az anyagvizsgálat úttörő tudósa, 1879-től a zürichi műszaki egyetem professzora volt; ott európai hírű anyagvizsgáló laboratóriumot hozott létre. Kezdeményezésére alakult meg az Anyagvizsgálók Nemzetközi Egyesülete, amelynek első kongresszusa TETMAJERT elnökké választotta. Legjelentősebb tudományos eredményét a centrikusan nyomott rudak kihajlásának vizsgálatával érte el. Megállapította, hogy a zömök rudak kihajlása rugalmas és képlékeny → [alakváltozás](#) mellett következik be, erre az esetre meghatározta a kritikus terhelés számításának módját, kísérletekkel igazolta számítási módszerét.

TETMAJER-féle  $\sigma_k$  értékek:

Anyag	E [MPa]	Érvényes $\lambda$ tartomány	$\sigma_k$ [MPa]	Biztonsági tényező
Szürke vasöntvény	$10^5$	5...80	$761 - 11,8\lambda + 0,052\lambda^2$	8
Acél (A 37, A 40)	$2,05 \cdot 10^5$	10...105	$304 - 1,18\lambda$	5
Acél (A 50, A 60)	$2,16 \cdot 10^5$	10...90	$329 - 0,608\lambda$	5
Nikkelacél (5% Ni-ig)	$2,05 \cdot 10^5$	5...85	$461 - 2,256\lambda$	5
Fenyőfa	$10^4$	1,8...100	$28,74 - 0,19\lambda$	10

Legyen pl. egy nikkelaacél rúd átmérője:  $d=63$  mm, hossza pedig  $l=1$  m,  $E=2,05 \cdot 10^5$  MPa és  $S=5$ . Mekkora a megengedhető nyomóerő kihajlási alapesetben TETMAJER szerint?

### Kidolgozás:

1. Az érvényességi kör ellenőrzése karcsúság alapján:

$$r_i^2 = \frac{\frac{d^4 \pi}{4}}{d^2 \pi} = \frac{d^2}{16} \Rightarrow r_i = \frac{d}{4} = \frac{63}{4} = 15,75 [\text{mm}]$$

$$\lambda = \frac{l}{r_i} = \frac{1000}{15,75} \approx 63,5 < 85$$

$$5 < 63,5 < 85$$

2. A kialakuló nyomófeszültség az ún. TETMAJER-egyenes alapján:

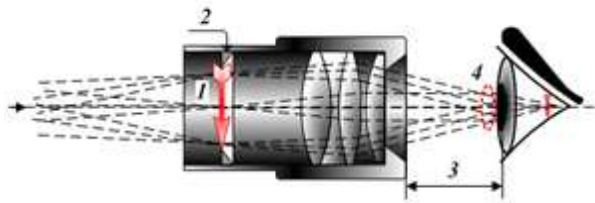
$$\sigma_k = 461 - 2,256\lambda = 461 - 2,256 \cdot 63,5 = 461 - 143,256 = 317,744 [\text{MPa}] \approx 317,7 [\text{N/mm}^2]$$

3. A megengedhető nyomóerő:

$$F_{\text{meg}} = \frac{d^2 \pi \sigma_k}{4S} = \frac{63^2 \pi \cdot 317,744}{4 \cdot 5} = 198097,2 \text{ [N]} \approx 198 \text{ kN}$$

**kilépő pupilla** (fiz)  $A \sim$  az okulárból a megfigyelő szemébe belépő fénysugár átmérője.  $A \sim$  könnyen megfigyelhető egy, a fény felé fordított, karnyújtásnyira lévő binokuláron: fényes körként jelenik meg az okulárok előtt.  $A \sim$  átmérőjének ( $K_p$ ) meghatározására használt képlet:  $a \rightarrow$  [távcső](#) objektívjének mm-ben mért átmérője ( $D$ ) osztva a nagyítással ( $N$ ):

$$K_p = \frac{D}{N}$$

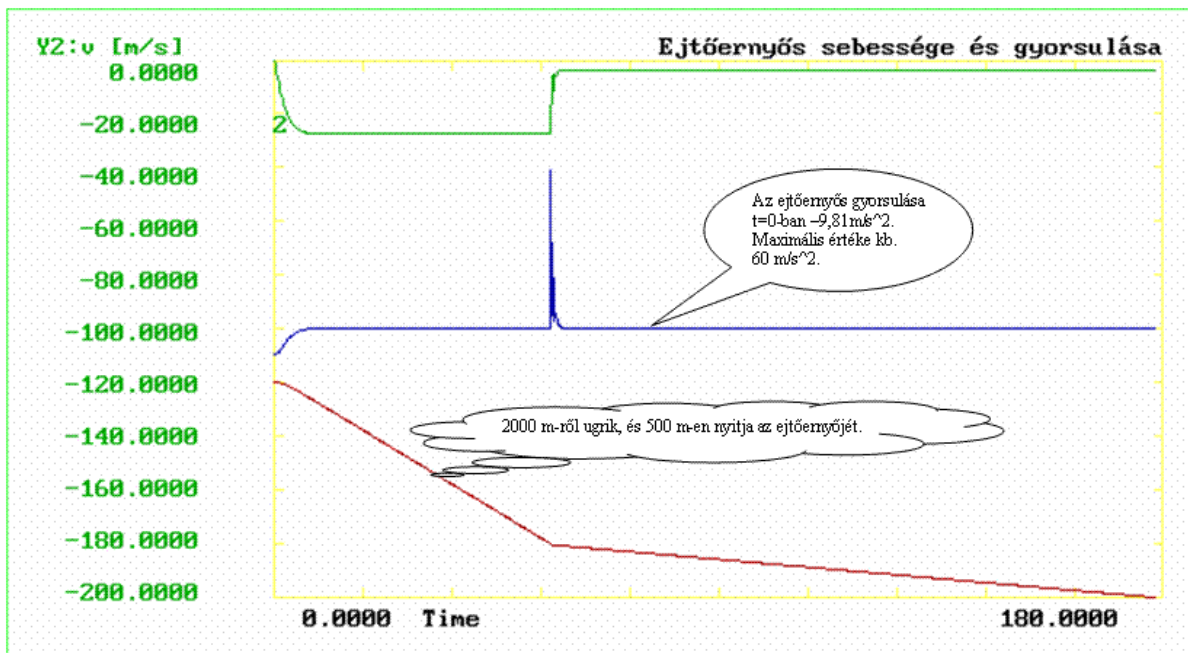


A kilépő pupilla keletkezése egy okulár esetében.  
 1 Az objektív által leképzett tárgy képe 2 - Mezőrekesz  
 3 - Szentávolság 4 - Kilépő pupilla

$A \sim$  mérete határozza meg, hogy mennyi fény jut a szembe. Ha nagyobb, mint a sötétséghez alkalmazkodott szem (kitágult) pupillája, akkor nem lehet kihasználni a távcső teljes fénygyűjtő képességét. Az ideális az, ha a megfigyelő pupillája és a  $A \sim$  átmérője megegyezik.

**kilogramm** (fiz) <gör.>: tömegmértékegység, az  $\rightarrow$  [SI mértékegységrendszer](#) egyik  $\rightarrow$  [alapmennyisége](#). Jele: kg. 1  $\sim$  egyenlő a franciaországi Sèvres-ben, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban (*Bureau international des poids et mesures, BIPM, Sèvres*) őrzött platina-irídium ötvözetből készült henger  $\rightarrow$  [tömegével](#). Ennek az etalonnak a 16. hiteles másolatát az Országos Mérésügyi Hivatal őrzi. 1  $\sim$  megegyezik 1 liter 4 °C-os desztillált víz 1013,6 hPa (760 Hgmm)  $\rightarrow$  [nyomás](#)on mért tömegével.

**kinematika** (fiz) foglalkozik a mozgások leírásával, de az azt létrehozó okokat nem vizsgálja. Pl. egy ejtőernyős mozgásának leírása  $\rightarrow$  [foronómiai görbékkel](#):



A barna görbe ábrázolja az ejtőernyős függőleges helyzetét, a zöld a  $\rightarrow$ sebességét, amely nyugvó levegőben mindig negatív előjelű, a kék pedig a  $\rightarrow$ gyorsulását, amelynek változó az előjele.

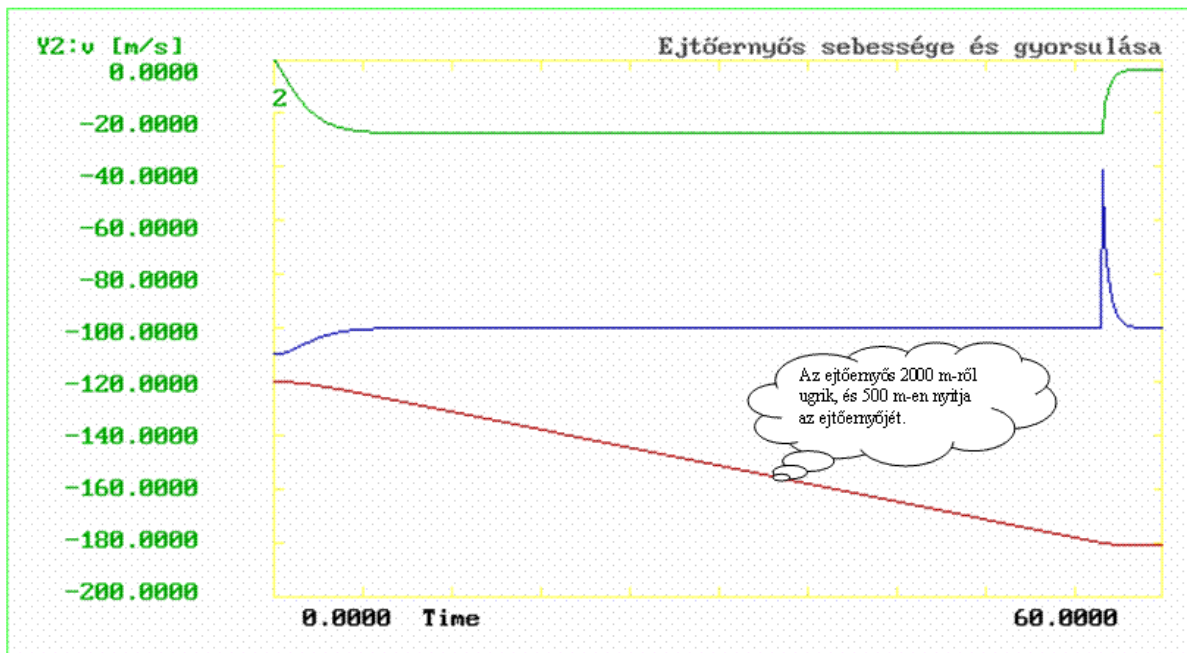
**kinematikai viszkozitási tényező** (fiz) (jele:  $\nu$  v.  $\nu$ , mértkegysége:  $1 \text{ m}^2/\text{s}$ ) a  $\rightarrow$ dinamikai viszkozitási tényező és a  $\rightarrow$ sűrűség hányadosa. A levegő  $\sim$ je normál állapotban ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -on és  $1013,6 \text{ hPa}$  ( $760 \text{ Hgmm}$ )  $\rightarrow$ nyomás)on):  $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , a vízé pedig  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ -on  $1,44 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ . A levegő  $\sim$ je a  $\rightarrow$ hőmérséklet függvényében növekszik, a vízé és a kenőolajoké a hőmérséklettel fordítottan arányos.

**kinetika** (fiz) úgy foglalkozik a testek mozgásával, hogy a ráható  $\rightarrow$ erőket is vizsgálja. Pl. egy ejtőernyős mozgását befolyásoló erők: a  $\rightarrow$ súlyerő és a  $\rightarrow$ közegellenállás, de ez utóbbi függ attól, hogy nyitott-e már az ejtőernyő. A mozgásegyenlet  $\rightarrow$ NEWTON II. törvénye szerint írható fel. Az erők eredőjét a tömeggel elosztva az ejtőernyős pillanatnyi  $\rightarrow$ gyorsulását kapjuk ( $y_{nyit}$  magasságban nyílik az ejtőernyő):

$$m\ddot{y} = \frac{\rho}{2} \dot{y}^2 A c_e - mg + \begin{cases} 0, & \text{ha } y > y_{nyit} \\ \eta d \dot{y} c_s, & \text{ha } y \leq y_{nyit} \end{cases}$$

$$\ddot{y} = c_1 \dot{y}^2 - g + \begin{cases} 0, & \text{ha } y > y_{nyit} \\ c_2 \dot{y}, & \text{ha } y \leq y_{nyit} \end{cases}$$

A mozgásegyenlet megoldása  $y(t)$ , az ejtőernyős pillanatnyi függőleges helyzete (az alábbi ábrán, amely a foronómiai görbéket csak az első perc végéig ábrázolja, barna szín jelöli).



A gyorsulást a kék grafikon szemlélteti. A belobbanó ernyő alaposan megrántja az ejtőernyőst, ezért a gyorsulás hirtelen felszökik, majd ahogy csökken a sebesség, ennek a közegellenállási erőnek és az ejtőernyős testére ható légellenállásnak az összege lecsökken a súlyerő abszolút értékére. A gyorsulás zérushoz tart, a sebesség pedig egy sokkal kisebb abszolút értékű szinten állandósul a szabad zuhanáséhoz képest. Az  $y(t)$  grafikon egy jóval laposabb egyenesbe megy át. (Az ejtőernyős zuhanva 1 perc alatt tett meg 1500 m-t, majd a hátralévő 500-at további 2 perc alatt.)

**kinetikai egyensúly** (fiz) a mozgó testek → D'ALEMBERT-elv szerint értelmezett sajátos → egyensúlyi állapota.

**kinetikus energia** (fiz) → mozgási energia

**kinetikus gázelmélet** (fiz) a ~ a gázok makroszkopikus tulajdonságainak (beleértve a → termodinamikai tulajdonságokat is) az atomok és molekulák rendezetlen mozgásán alapuló magyarázata, amelyben a nagyszámú részecskére vonatkozó statisztikus megfontolások képezik a leíró elmélet alapját.

**KIRCHHOFF törvény I.** lásd: → huroktörvény

**KIRCHHOFF törvény II.** lásd: → csomóponti törvény

**kiválasztási szabályok** (fiz) azon szabályok összessége, amelyek meghatározzák egy kvantummechanikai → rendszer (elemi részecske, atommag, atom, molekula v. kristály) különféle energiaszintjei között, milyen átmenetek lehetségesek. A lehetséges átmeneteket a rendszer szimmetriája határozza meg, melyeket megengedett átmeneteknek nevezünk. A nem megengedett átmeneteket tiltott átmeneteknek nevezük.

**kizárási elv** (fiz) kizárási elv v. → PAULI-elv szerint, egy atomban nem lehet két vagy több elektron ugyanazon energiaállapotban. Az atomban az egyes elektronok energiaállapotát négy → kvantumszám jellemzi, amelyek közül legalább egynek - minden egyes elektron esetén - különbözőnek kell lennie.

**koherencia** (fiz) hullámok közötti viszony. Két azonos frekvenciájú hullám akkor mondható koherensnek (összetartozónak), ha → fáziskülönbségük egy adott helyen időben állandó (v.



nagyon lassan változik). A szokásos fényforrások (pl.: izzólámpák) ugyanazon pontjaiból kibocsátott fény koherens, a különböző pontokból érkező sugarak azonban nem koherensek (inkoherensek).

A lézerek koherens (v. kvázi-koherens) fényt bocsátanak ki.

Megjegyzés: lézer = **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation (fényerősítés indukált emisszióval).

**A lézerfény tulajdonságai:**

- időben és térben *koherens*, a lézer által kibocsátott hullámok fázisa a sugár minden keresztmetszeténél azonos,
- keskeny és *nagyon kis széttartású* fénynyaláb. A lézerfény nagyrészt párhuzamos fénysugarakból áll, nagyon kis szóródási szöggel. Ezzel *nagy energiasűrűség* érhető el szűk sugárban, nagy távolságokban is,
- energiája kis térrészben koncentrálódik, a lézerfény *teljesítménysűrűsége* a megszokott fényforrásokénak nagyságrendekkel nagyobb lehet,
- a kibocsátott hullámok *mágneses mezejének iránya állandó*,
- a lézerfény egyszínű (monokromatikus). A lézersugár egy olyan elektromágneses hullám, amely közel egyetlen hullámhosszú összetevőből áll.

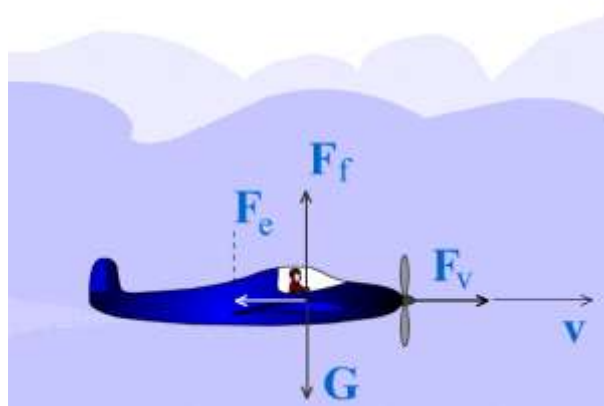
**koherenciahossz** (fiz) Spontán emittáló, közönséges fényforrások által kibocsátott sugárzás csak bizonyos  $\sim$ -on belül mutat  $\sim$ -t, mivel a sugárzás véges hosszúságú hullámvonulatokból (hullámcsomagokból) áll, egy-egy atomi emissziós folyamat idejétől függően. A lézer emissziós  $\sim$ -a nagyságrendekkel nagyobb, mint a közönséges fényforrásoké 1960 után a lézer széleskörű alkalmazása tette lehetővé a koherens fényt igénylő  $\rightarrow$  holográfia széleskörű alkalmazását.

**kollineáció** (fiz) projektív transzformáció, amely az alakzatok vetítéssel szembeni invariáns tulajdonságait vizsgálja.

**komplex impedancia** lásd:  $\rightarrow$  impedancia

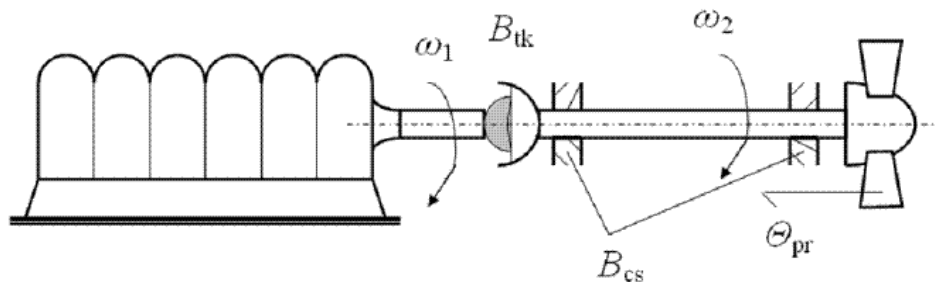
**koncentrált paraméterű fizikai rendszer** (fiz) olyan fizikai  $\rightarrow$  rendszer  $\rightarrow$  modellje, amelynek minden részét kiterjedés nélküli, absztrakt  $\rightarrow$  elemek paramétereivel helyettesíteni lehet anélkül, hogy a  $\sim$  működése lényegesen eltérne a modellezettétől, legalábbis a vizsgálati cél szempontjából fontos vonatkozásokban. A  $\sim$  algebrai és közönséges differenciálegyenletekkel írható le. 1. pl. egy repülőgép is modellezhető  $\rightarrow$  tömegpontként, ha a repülés  $\rightarrow$  dinamikáján belül csak a mozgása érdekel bennünket, de nem vagyunk kíváncsiak a szilárdságára. Az alábbi ábrán a  $v$   $\rightarrow$  sebességgel egyenletesen haladó „tömegpont”  $\rightarrow$  egyensúlyi  $\rightarrow$  erőrendszere látható.

Motoros repülőgép vízszintes repülése



A repülőgép dinamikai és teljesítményviszonyait a  $\rightarrow$  PÉNAUD-diagram szemlélteti.

2. pl. egy DIESEL-motorral hidrodinamikus tengelykapcsolóval ellátott tengelyen keresztül hajtott hajócsavar (propeller), azaz egy gépcsoport → dinamikai vizsgálatához készített ~ és az azt leíró közönséges differenciálegyenlet megoldása. Az ábrán látható a gépcsoport → koncentrált paraméterű műszaki rendszerének vázlatja és a ~ paramétereinek jelölése is.



A hidrodinamikus tengelykapcsoló és a → csapsúrlódás → modellje is → D-típusú elem, lineáris → fizikai egyenlettel. Az ábrán nincs jelölve a propeller forgatásához szükséges nyomaték, amelynek fizikai egyenlete nemlineáris:

$$M_{pr} = B_{pr}^* \omega_2 |\omega_2| \quad \Theta = \Theta_t + \Theta_{tk} + \Theta_{pr} = 209,8 \text{ kgm}^2$$

$$M_1 = B_{tk} (\omega_1 - \omega_2) = \Theta \dot{\omega}_2 + B_{cs} \omega_2 + B_{pr}^* \omega_2 |\omega_2| \quad B_{cs} = 0,2 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}}$$

A motor nyomatéka „áthalad” a tengelykapcsolón, elvégzi a tengely esetleg szükséges  $\dot{\omega}_2$  szöggyorsítását (a → mozgási energia tárolására szolgáló K-típusú elemeket egyetlen, redukált → tehetetlenségi nyomatékkal vettük figyelembe a neki megfelelő fizikai egyenletben) és leküzdő a veszteségyomatékokat. Ezt írja le a második sorban található elsőrendű, közönséges, nemlineáris, állandó együtthatós differenciálegyenlet, amelynek megoldása a hajócsavar → szögsebességének időfüggvénye.

Állandósult állapotban, az ún. munkapontban ismert a motor → teljesítménye, → fordulat-száma, a hidrodinamikus tengelykapcsoló ún. szlipje v. csúszása és a propeller → hatásfoka is:

$$P_m = 100 \text{ kW} \quad n_1 = 955 / \text{min} \Rightarrow \omega_{1m} = 100 / \text{s} \quad \left( \omega \approx \frac{n}{9,55} \right)$$

$$\text{Szlip: } \frac{\omega_1 - \omega_{2m}}{\omega_1} = 0,05 \Rightarrow \omega_{2m} = 95 / \text{s} \quad \eta_{pr} = 0,9 = 90\%$$

Maradt két nyitott kérdés, hogy mekkora a hidrodinamikus tengelykapcsoló és a propeller fizikai egyenletének együtthatója?

$$M_1 = \frac{P_m}{\omega_{1m}} = \frac{10^5}{100} = 10^3 [\text{Nm}]$$

$$M_1 = B_{tk} (\omega_{1m} - \omega_{2m}) \Rightarrow B_{tk} = \frac{M_1}{\omega_{1m} - \omega_{2m}} = \frac{1000}{5} = 200 \left[ \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}} \right]$$

Állandósult állapotban a → szöggyorsulás zérus, ezért a mozgásegyenlet algebrai lesz:

$$M_1 = B_{tk} (\omega_{1m} - \omega_{2m}) = B_{cs} \omega_{2m} + B_{pr}^* \omega_{2m} |\omega_{2m}|$$

$$B_{tk} \omega_{1m} = (B_{tk} + B_{cs} + B_{pr}^* |\omega_{2m}|) \omega_{2m}$$

Behelyettesítés és rendezés után a keresett együttható és a propeller teljesítményigénye a munkapontban:

$$95 B_{pr}^* = \frac{20000}{95} - 200,2 \Rightarrow B_{pr}^* = 0,1087 [\text{kgm}^2]$$

$$P_{pr} = \omega_2^3 B_{pr}^* = 95(20000 - 200,2 \cdot 95) = 93195[\text{W}] \approx 93,2\text{kW}$$

A hasznos teljesítmény:  $P_h = \eta_{pr} P_{pr} = 0,9 \cdot 93195 = 83875,5[\text{W}] \approx 83,88 \text{ kW}$ .

Mekkora a gépcsoport eredő hatásfoka, ha a Diesel-motoré: 42 %?

A tengely-hajócsavar gépcsoport hatásfoka: 83,88%-os, tehát az eredő hatásfok:

$$\eta_e = 0,42 \cdot 0,8388 \approx 0,352 = 35,2\%$$

Mekkora a hajó  $\rightarrow$  közegellenállása, ha a haladási  $\rightarrow$  sebessége:  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ?

$$F_e = \frac{P_h}{v} = 8387,55[\text{N}] \approx 8,4\text{kN}$$

Az irányításhoz ismerni kell a gépcsoport dinamikáját. Ehhez ki kell számítani a munkapontban linearizált alrendszer  $\rightarrow$  időállandóját.

Linearizálás a propeller fizikai egyenletének munkapontbeli érintőjével való helyettesítéssel:

$$M_{pr} = B_{pr}^* \omega_2^2 \quad M'_{pr} = 2B_{pr}^* \omega_2$$

$$M_{pr} \cong B_{pr}^* \omega_{2m}^2 + M'_{pr} \Delta \omega_2 = B_{pr}^* \omega_{2m}^2 + 2B_{pr}^* \omega_{2m} (\omega_2 - \omega_{2m})$$

$$\Theta \dot{\omega}_2 + (B_{cs} + B_{tk} + 2B_{pr}^* \omega_{2m}) \omega_2 \cong B_{tk} \omega_1 + B_{pr}^* \omega_{2m}^2$$

A kapott elsőrendű, közönséges, lineáris, állandó együtthatós differenciálegyenlet időállandója:

$$\tau = \frac{\Theta}{B_{cs} + B_{tk} + 2B_{pr}^* \omega_{2m}} = \frac{209,8}{200,2 + 2 \left( \frac{20000}{95} - 200,2 \right)} = \frac{209,8}{\frac{40000}{95} - 200,2} = \frac{95 \cdot 209,8}{40000 - 19019} \approx 0,95[\text{s}]$$

5 %-os tranziens hiba esetén a beállási idő kb.  $3\tau = 2,85 \text{ s}$ .

1 %-os tranziens hiba esetén a beállási idő kb.  $5\tau = 4,75 \text{ s}$ .

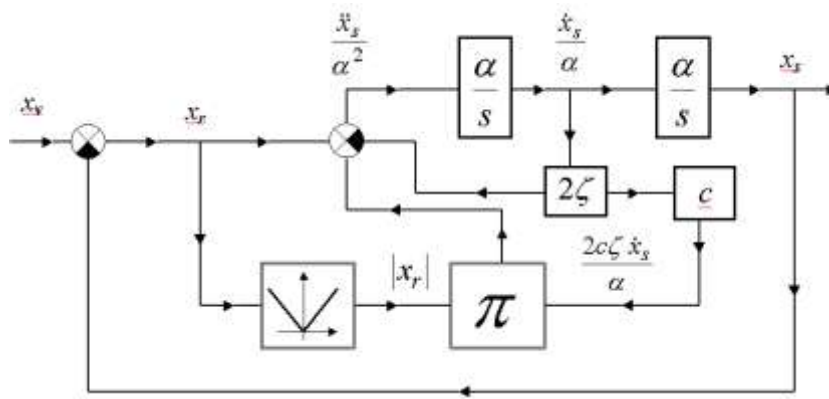
Megjegyzés: a ~ modellje finomítható, ha a tengely elcsavarodását is figyelembe vennénk egy  $\rightarrow$  helyzeti energiát raktározó  $\rightarrow$  A-típusú tárolóval. Ez úgy módosítaná a mozgásegyenletet, hogy az másodrendűvé válna, és a tengely  $\rightarrow$  torziós  $\rightarrow$  lengést is végezhetne az egyszerűbb modellel számított szöghelyzet körül, mert a két, eltérő típusú tároló közti energiacsere ebben nyilvánulna meg.

**koncentrált paraméterű műszaki rendszer** (műsz) koncentrált paraméterű  $\rightarrow$  elemekkel  $\rightarrow$  modellezhető összetett műszaki berendezés. A ~ közönséges differenciálegyenletekkel írható le, amelyeknek az idő a független változója. Pl. a villamos készülékek nagyon jól modellezhetők ~ként. Az alábbi másodrendű, közönséges, állandó paraméterű, nemlineáris inhomogén differenciálegyenlet egy LEWIS-féle nemlineáris követőszabályozásé:

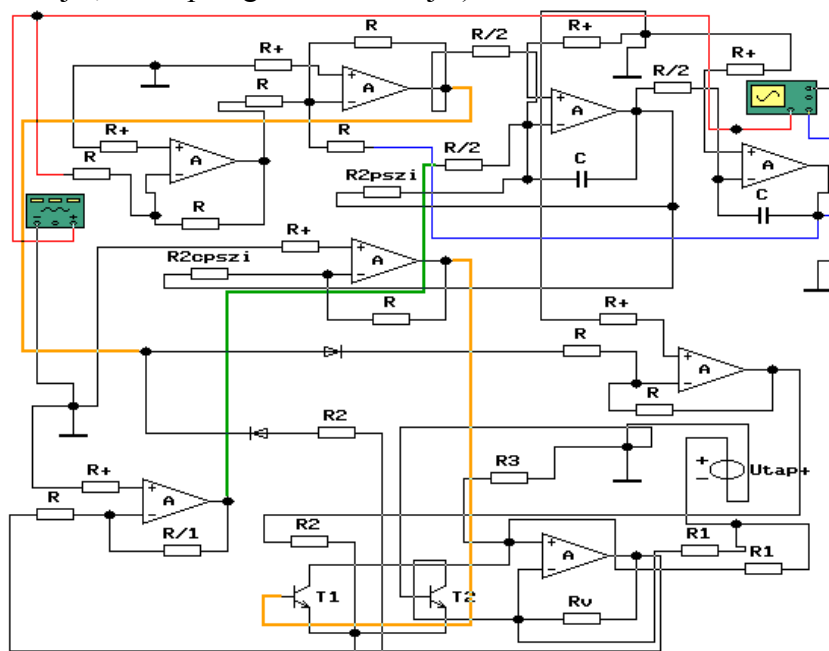
$$\ddot{x}_s + 2\alpha\zeta(1 - c|x_v - x_s|)\dot{x}_s + \alpha^2 x_s = \alpha^2 x_v,$$

amelyben  $x_s = x_s(t)$  a szabályozott jellemző,  
 $x_v = x_v(t)$  a vezetőjel,  
 $\alpha$ ,  $\zeta$  és  $c$  konstans paraméterek.

A differenciálegyenlet jól szemléltethető a szabályozási kör hatásvázlatával (az  $s$ -el osztás időszerinti integrálást, a  $\pi$  pedig függvényyszorzást jelent):

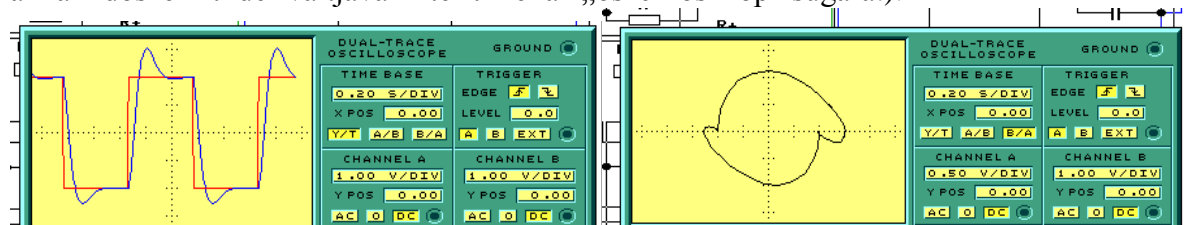


Ennek műveleti tömbjeit elektronikus eszközökkel meg lehet valósítani. Ezt szemlélteti az alábbi kapcsolási rajz, amelyen a műszer, a tápegység és a mérési pontok is jelezve vannak (a piros az  $x_v$  bemenőjel, a kék pedig az  $x_s$  kimenőjel):



Készült: az ewb analóg szimulációs programmal

A követőszabályozás időbeli viselkedését jel-idő grafikonnal és ún. fázisportréval is jellemezni lehet (ez utóbbinál a vizsgált jelekkel – bemenő- és kimenőjellel v. egy állapotjelzővel és annak időszerinti deriváltjával – térítik el az „oszilloszkóp” sugarát):



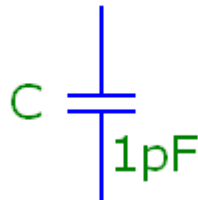
**koncentrált terhelés** (műsz) v. koncentrált  $\rightarrow$  erő absztrakció eredménye. Két test közvetlen érintkezésekor a közöttük ható erő véges felület mentén adódik át. Ha e felület elhanyagolhatóan kicsiny a testek felületéhez képest, akkor az érintkezési felületet pontnak tekinthetjük és az átadódó erőt koncentrált erőnek v.  $\sim$ nek nevezük. Jele:  $F$ , mértékegysége: 1 N.

**kondenzátor** (fiz) (áramköri jele:  $C$ , régies elnevezése: sűrítő) . Vezetők  $\rightarrow$  kapacitását  $\rightarrow$  töltések tárolására lehet használni, ha olyan szerkezeteket készítünk, amelyekben erős elektromos tér keletkezik. Az ilyen szerkezeteket  $\sim$ -nak nevezük.

Ugyanakkor a kondenzátorokat 3 csoportba soroljuk a fegyverzeteik (vezető felületeik) száma szerint:

- egyfegyverzetű kondenzátor (pl. → [gömbkondenzátor](#))
- kétfegyverzetű kondenzátor (pl. → [síkkondenzátor](#), → [hengerkondenzátor](#))
- többfegyverzetű (speciális) kondenzátorok.

A kondenzátor rajzjele elektromos kapcsolási rajzokon:



### kondenzátor energiája

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Síkkondenzátor esetén:

$$\left. \begin{array}{l} C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d} \\ U = E \cdot d \end{array} \right\} W = \frac{1}{2} \varepsilon_r \varepsilon_0 E^2 Ad = \frac{1}{2} \varepsilon_r \varepsilon_0 E^2 V$$

ahol  $V = Ad$  a dielektrikum → [térfogata](#).

**konform leképezés** (fiz) a testek, alakzatok olyan → [leképezése](#), amely szög- és aránytartó.

**kontinuitás** (fiz) → [folytonosság tétele](#) első megfogalmazója Benedetti CASTELLI (1578-1643) olasz fizikus volt 1628-ban.

**kontrakció** <lat.> (fiz) összehúzódás

(1). kisebb → [térfogatra](#), méretre való összehúzódás külső erőhatás, hőmérséklet-változás stb. következtében.

(2). [LORENTZ-kontrakció](#).

**kontrakciós tényező** (fiz) → [POISSON-tényező](#)

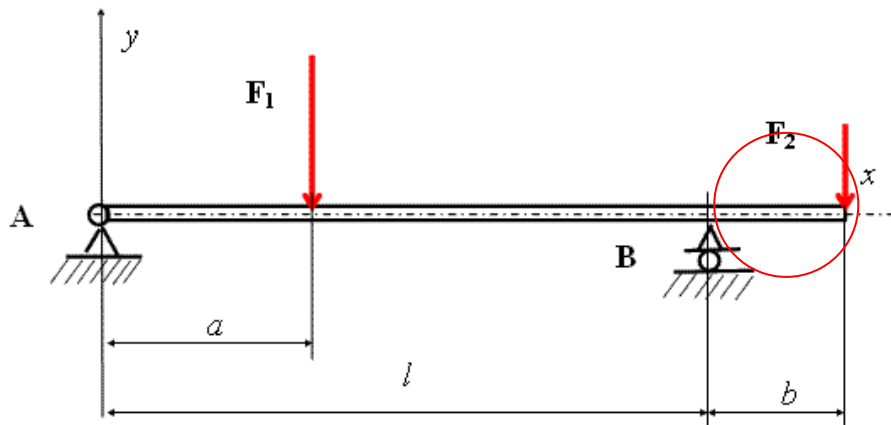
**konvekció** (fiz) áramlás, amely rendszerint a hőmérséklet-különbség következtében alakul ki az → [ARKHIMÉDÉSZ törvényén](#) alapuló → [felhajtóerő](#) hatására. A ~nak jelentős szerepe van különböző fázisok keveredésében, az → [áramlásos hőközlés](#)ben, a légköri jelenségekben, így pl. a vitorlázó repülők számára fontos feláramlások, a → [termik](#)ek kialakulásában is.

**konzervatív erő** (fiz) Egy → [erőt](#) konzervatívnak nevezünk, ha (1) a két pont közötti mozgás során az általa végzett munka csakis a két pont helyzetétől függ (tehát független a pálya alakjától). A ~ egy másik lehetséges definíciója a következő: (2) Egy erő ~, ha tetszőleges zárt görbén az általa végzett munka zérus. E két definíció (1) és (2) egymással ekvivalens. Egy tipikus példa a ~re a → [gravitációs erő](#).

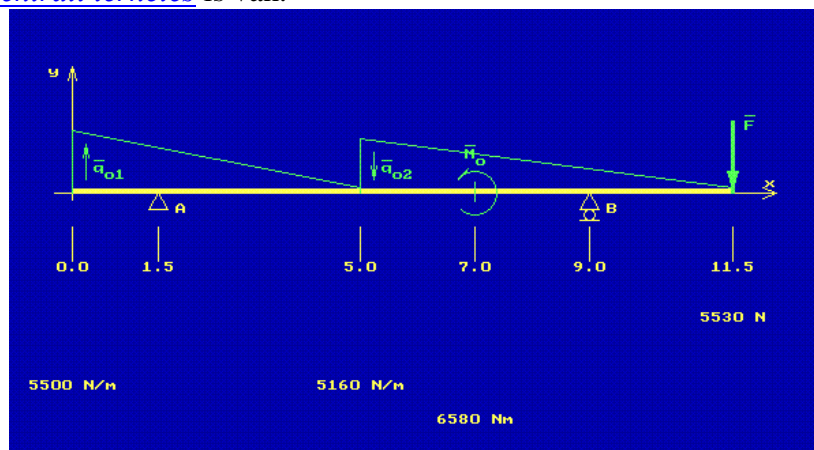
**konzervatív erőtér** (fiz) → [konzervatív rendszer](#)

**konzervatív rendszer** (fiz) Ha egy zárt rendszerben csak  $\rightarrow$  konzervatív erők hatnak, akkor azt a rendszert  $\sim$ nek nevezzük.

**konzol** (műsz) valamely  $\rightarrow$  tartószerkezet alátámasztáson túlnyúló  $b$  része (az ábrán piros körrel jelölve):



**konzolos tartó** (műsz) olyan  $\rightarrow$  tartószerkezet, amely terhelt  $\rightarrow$  konzolt is tartalmaz. Pl. az alábbi ábrán vázolt  $\sim$ -nak két konzolja is van. A bal oldalin csak  $\rightarrow$  megoszló terhelés, a jobb oldalin  $\rightarrow$  koncentrált terhelés is van.



Készült: dr. Müller Zoltán c. egyetemi docens STATIKA gyakorlat programrendszerével

**koordinátarendszer** (fiz, mat) olyan síkbeli v. térbeli alakzat, amely alkalmas arra, hogy hozzá képest a sík v. tér bármely pontjának helyzetét egyértelműen meg lehessen határozni megfelelően rendezett számcsoportok, a koordináták segítségével. A leggyakrabban alkalmazott DESCARTES-féle derékszögű  $\sim$ , de más  $\sim$ ek is célszerűek az alkalmazástól függően, mint pl. a polár $\sim$ , a henger $\sim$  v. a gömb $\sim$ .

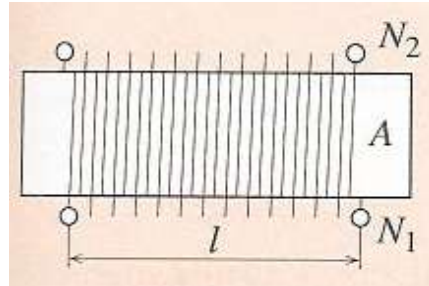
Megjegyzés: Sajátos, négydimenziós  $\sim$ e van a MINKOWSKI-térnek, amelynek a  $\rightarrow$  relativitáselméletben van szerepe. A MINKOWSKI négyes téridő koordinátarendszer ívelemei:  $dx, dy, dz, ict$  és az ívelem négyzet  $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ . Az ívelem négyzetek közötti előjelváltás (szignatúra) nem lehet tetszőleges, mert nem mindegyik ír le valós téridő rendszert. Hermann MINKOWSKI (1864. jún. 22. – 1909. jan. 12.) német fizikus, matematikus (A. EINSTEIN egyik professzora) mutatta be fentieket Raum und Zeit c. jelentős művében, amely 1909-ben jelent meg.

**kovalens kötés** (fiz,kém) a  $\sim$  olyan elsőrendű kémiai kötés, amelyben az atomok közös vegyértékkel rendelkeznek. Három csoportját különböztetjük meg: Szigma-kötés, Pi-kötés és Datív kötés. A közös elektronpárok száma szerint a  $\sim$  lehet: egyszeres  $\sim$  (1 közös elektronpár) - mindig szigma kötés, kétszeres  $\sim$  (2 közös elektronpár) - 1 szigma és 1 pi kötés és háromszoros  $\sim$  (3 közös elektronpár) - 1 szigma és 2 pi kötés.

**kozmosz háttérsugárzás** (csill) lásd → [háttérsugárzás](#).

**kóma** (fiz) az *optikai leképezés* során, a ferdén beeső fénysugarak nem egy pontban (kép) találkoznak, hanem egy üstökös csóvjára emlékeztető foltban. A ~ a geometriai aberrációk egy fajtája.

**kölcsönös indukció** (fiz) (jele:  $M$ , mértékegysége: 1 H)  $N_1$  és  $N_2$  menetszámú szorosan tekercselt vékony egyenes tekercs esetén a  $\mathbf{B}$  mágneses indukció és  $\Phi_B \rightarrow$  [mágneses fluxus](#) is közös.



Az egyik tekercsben folyó → [áram](#) változása nem csak az árammal átjárt tekercsben indukál → [feszültséget](#), hanem a másik tekercsben is.

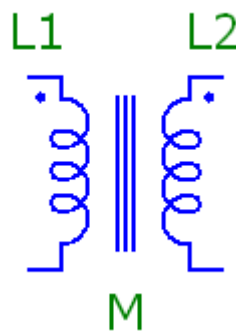
$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt} = -N_2 \frac{\mu_r \mu_0 N_1 A}{l} \frac{dI_1}{dt} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

A jelenség más geometriai elrendezésű tekercsekre is általánosítható és ~-nak nevezzük, a csatolás arányossági tényezőjét pedig ~s együtthatónak hívjuk. A másik tekercsben → [indukált feszültséget](#) indexcserével kapjuk:

$$\varepsilon_1 = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

Bizonyítható, hogy két tekercs esetén csak egy ~s együttható létezik:  $M \equiv L_{12} = L_{21}$

A kölcsönös induktivitás áramkörü jele:



A kölcsönös induktivitás SI mértékegysége 1H= 1 henry.

$$[M] = [L_i] = \text{H} = \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = \frac{\text{Tm}^2}{\text{A}} = \left( \frac{\text{tesla méternégyzet}}{\text{amper}} \right)$$

**körfeszültség** (fiz) 1. elektrodinamikai ~: Az → [energia-megmaradás](#) törvénye szerint, ha nincs jelen mágneses tér, akkor ha az elektromos térben egy pontból kiinduló zárt  $g$  görbe mentén egy  $q$  töltést mozgatunk úgy, hogy visszavisszük a kiindulási pontba, akkor nem történik munkavégzés. Az elektromos tér konzervatív:

$$\oint_g \mathbf{F} d\mathbf{r} = 0$$

$$\oint_g q \mathbf{E} d\mathbf{r} = q \oint_g \mathbf{E} d\mathbf{r} = 0$$

$$\overset{o}{U} = \oint_g \mathbf{E} d\mathbf{r} = 0$$

A STOKES-tételt felhasználva a ~ differenciális alakban:

$$\overset{o}{U} = \oint_g \mathbf{E} d\mathbf{r} = \oint_A \mathbf{rot} \mathbf{E} d\mathbf{A} = 0$$

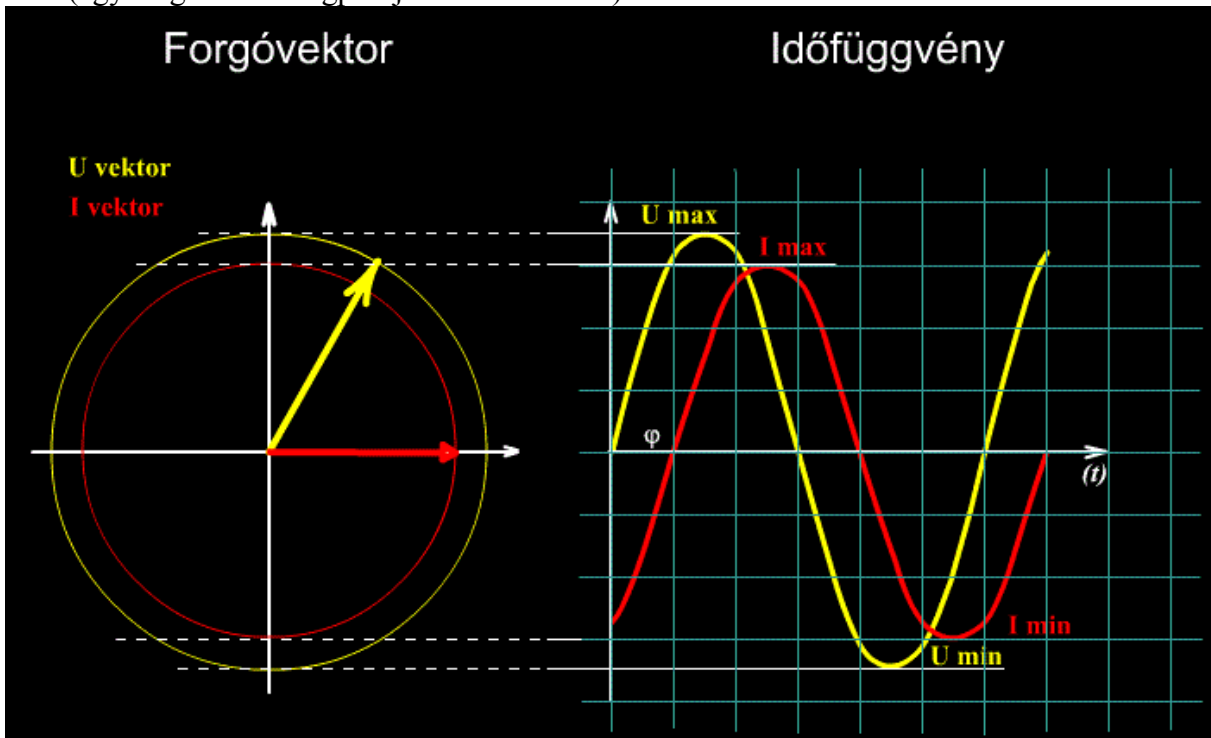
Tekintettel arra, hogy a zárt  $g$  görbével határolt  $A$  felületre nem volt semmilyen kikötés, az integrálandó függvény szükségképpen zérus:  $\mathbf{rot} \mathbf{E} = 0$ , vagy a nabla vektoroperátorral felírva (vektorszorzás):

$$\nabla \times \mathbf{E} = 0$$

**körfolyamat** (műsz, fiz) v. termodinamikai ciklus olyan  $\rightarrow$  állapotváltozások sorozata, amelynek során a munkaközeg egy kezdeti állapotból kiindulva az állapotváltozások után ismét kezdeti állapotába tér vissza. A  $\rightarrow$  hőerőgépek ~ fenntartásával képesek folyamatosan  $\rightarrow$  mechanikai munkát előállítani a bevezetett  $\rightarrow$  hő egy részéből.

**körfrekvencia** (fiz) (jele:  $\omega$ , mértékegysége: 1 radián/s) A  $\rightarrow$  rezgések v. hullámok leírására szolgáló szögfüggvény egyik paramétere. Pl. függőleges egyenes mentén  $\rightarrow$  harmonikus rezgőmozgást végző  $\rightarrow$  tömegpont  $\rightarrow$  elmozdulás az idő függvényében:  $y = A \sin(\omega t + \varphi)$ , ahol  $A$  a rezgés  $\rightarrow$  amplitúdója,  $t$  az idő,  $\omega = 2\pi f$  a  $\sim$ ja,  $f$  a  $\rightarrow$  frekvenciája és  $\varphi$  a kezdőfázis szöge ív-mértékben. Ha a rezgést  $\rightarrow$  körmozgás kerületi pontjának valamely síkvetületének feleltetjük meg, akkor a  $\sim$  éppen a forgó tárgy  $\rightarrow$  szögsebességével egyezik meg.

Villamos rezgéseknél is hasonlóan szemléltethető a  $\rightarrow$  feszültség és az  $\rightarrow$  áram időbeli változása (egy forgóvektor végpontjának vetületével):



Forrás: a GDF Villamosságtan előadásához, az LSI Informatikai Oktatóközpontban készített animáció



**körmozgás** (fiz) Tetszőleges körpályán mozgó test  $\sim t$  végez. Alapvető mennyisége a  $\rightarrow$ [centripetális gyorsulás](#), mely a sebességvektor folyamatos irányváltásából származtatható sugár irányú gyorsuláskomponens, minden  $\sim$  esetén (legyen az egyenletes vagy gyorsuló) fellép. Amennyiben a  $\sim$  nem egyenletes, akkor fellép egy másik gyorsuláskomponens is, a  $\rightarrow$ [tangenciális gyorsulás](#). Ez a mozgás irányába mutat, tehát a körpályára nézve érintőirányú. E két komponensből számítható az eredő gyorsulás ( $a_e$ ).

Egyenletes  $\sim$  esetén csak centripetális gyorsulás lép fel, így  $\boxed{a_e = a_{cp}}$

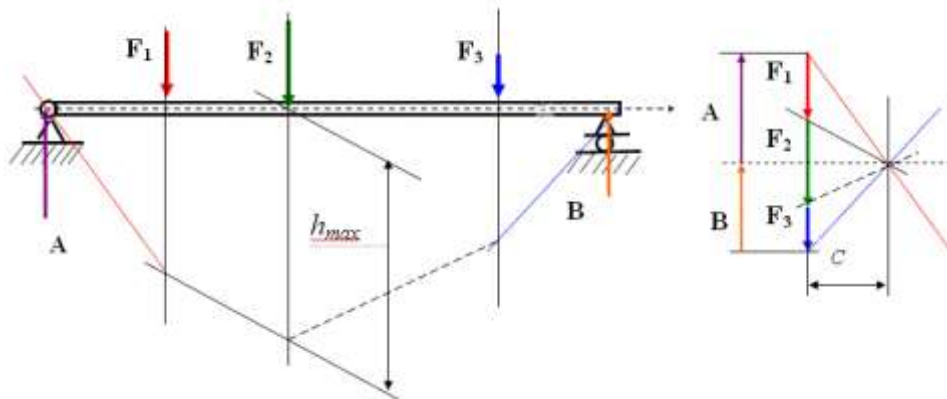
Nem egyenletes  $\sim$  esetén mind centripetális, mind tangenciális gyorsulás fellép. E komponensek vektoriális összegzéséből számítható az eredő gyorsulás nagysága:

$$\boxed{a_e = \sqrt{a_{cp}^2 + a_t^2}}$$

A  $\sim$  további fontos mennyiségei:  $\rightarrow$ [fordulatszám](#),  $\rightarrow$ [periódusidő](#),  $\rightarrow$ [szögsebesség](#).

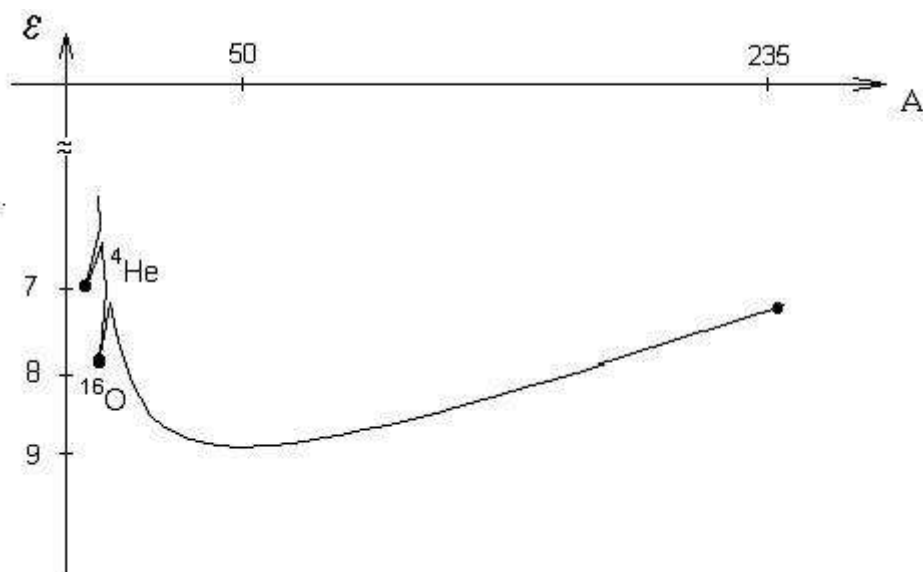
**kötélpoligon** (műsz)  $\rightarrow$  [kötélsokszög](#)

**kötélsokszög** (műsz)  $\rightarrow$  [a statika alaptételei](#) közül a 3. lehetővé teszi az aktív  $\rightarrow$ [erők](#)höz (az alábbi ábrán  $F_1$ ,  $F_2$  és  $F_3$ ) egyensúlyi erőrendszerek hozzáadását. Ezeknek az ún. segéderőknek a sokszöge alkotja a  $\sim$ -et. Az  $\rightarrow$ [erősokszög](#) és a  $\sim$  záróvonala (az ábrán most vízszintes, szaggatott vonal) segítségével a  $\rightarrow$ [reakcióerők](#) (az ábrán **A** és **B**) megszerkeszthetők. A  $\sim h(x)$  függőleges metszékei lehetővé teszik a tartó  $x$  helyen lévő keresztmetszetére ható  $\rightarrow$ [hajlító nyomaték](#) kiszámítását a statika alaptételei közül a 8. segítségével:  $M(x) = Ch(x)$ . Az ábrán a tartóban a maximális hajlító nyomaték az  $F_2$  erő  $\rightarrow$ [támadáspont](#)jánál lép fel.



### kötési energia

(1). (fiz) [kvantummechanikai](#) rendszerekben a  $\rightarrow$ [rendszer](#) több részrendszerre bontásához szükséges  $\rightarrow$ [munka](#), amelyet a rendszert összetartó erőivel szemben kell végeznünk ahhoz, hogy a rendszer részeit energetikailag függetlennek tekintsük a rendszer egészétől. A kötött rendszer alacsonyabb  $\rightarrow$ [helyzeti energiával](#) rendelkezik, mint a részei; ez tartja össze a rendszert. Egy molekula  $\sim$ -ja az atomokra bontáshoz, egy atomé az atommagra és  $\rightarrow$ [elektron](#)jaira bontáshoz, az atommagé pedig annak szabad protonokra és neutronokra bontásához szükséges energia. Ha egy rendszer az alapelemeiből felépül, akkor a  $\sim$ -nak megfelelő energia szabadul fel. Az atommag kötési energiája a nikkél-vas környékén ( $A=62$ , illetve  $A=56$ ) esetében maximális; a kisebb és nagyobb tömegszámú magok esetében kisebb. Ezért, ha nehezebb magokat hasítunk (fisszió) vagy könnyebb magokat egyesítünk (fúzió) – egyaránt energia szabadul fel. A  $\rightarrow$ [tömeg-energia kapcsolat](#) v. ekvivalencia következtében az összetett rendszer tömege kisebb alkotóelemei tömegének összegénél.



Az atommagok egy nukleonra eső kötési energiája a tömegszám függvényében

Az  $A \rightarrow$  tömegszámú,  $Z \rightarrow$  rendsámú mag egy  $\rightarrow$  nukleonra eső kötési energiájának WEIZSÄCKER-féle empirikus formulája:

$$\varepsilon = \frac{E_k}{A} = -\alpha + \beta \cdot A^{-\frac{1}{3}} + \gamma \cdot Z^2 \cdot A^{-\frac{4}{3}} + \delta \cdot \left(Z - \frac{A}{2}\right)^2 A^{-2} + \eta \cdot A^{-\frac{5}{2}}$$

ahol a legjobb illesztéshez tartozó paraméterek:

$$\alpha = 15,75 \text{ MeV}$$

$$\beta = 17,8 \text{ MeV}$$

$$\gamma = 0,7 \text{ MeV}$$

$$\delta = 94,8 \text{ MeV}$$

$$\eta = 34 \text{ MeV}$$

Az egy nukleonra eső  $\rightarrow$  kötési energia maximuma  $A=56$  körül van (vas). Az ennél kisebb, ill. nagyobb tömegszámú  $\rightarrow$  nuklidok  $\rightarrow$  kötési energiája kisebb, ezért szabadul fel energia a fúziónál és a fissionál.

Megjegyzés: Carl Friedrich von WEIZSÄCKER (1912. jún. 28, Kiel - 2007. ápr. 28, Söcking am Starnberger See), német fizikus, természettudós, filozófus.

(2). (kém) a kémiai kötés erősségét jellemző adat, amely megadja, hogy mekkora munka szükséges valamely kovalens kötés elektronpár-szétválással járó szétbontásához.

**közegellenállás** (műsz)  $\rightarrow$  ellenállás (b), amely értelmezhető cseppfolyós folyadéokra is. Levezetéséhez lásd még a  $\rightarrow$  dimenzióanalízist!

**közéhatás-távolhatás ellentmondás** (fiz) a klasszikus fizikán belül vetődött fel a XVII. században, és a XIX. században csúcsondott ki, amikor az elektromágneses tér, mint önálló fizikai realitás sajátosságai ellentmondásba kerültek a mechanika addig uralkodó szemléletével. A gravitációs kölcsönhatás – NEWTON szemlélete szerint – távolhatásként értelmezendő: nincs közvetítő közeg, nem kell idő a hatásterjedéshez, ill. a hatásterjedés sebessége végtelen. Ezzel szemben a FARADAY–MAXWELL-féle elektromágnesség-tant közéhatásként fogták fel, hiszen a hatás hullámként terjed, amelynek bizonyára van hordozóközege (éter) és véges terjedési sebessége: a fénysebesség. Ennek mérőszáma roppant nagy, de nem végtelen. Ezt a klasszikus fizikán belül felmerült ellentmondást az  $\rightarrow$  EINSTEIN-féle speciális relativitáselmélet oldja meg, az elektromágnesség-tan, a közéhatás javára.

**közzelható erők** (fiz) azon érintkezéskor fellépő →erők, amelyek létrejöttéhez két vagy több test fizikai közelsége, érintkezése szükséges. Pl.: ilyen erőt fejt ki egy megfeszített kótel a hozzá kötött testre.

**középsebesség** (hidr) a →térfogatáram és az átfolyási szelvény (nedvesített →áramcső keresztmetszeti felülete) hányadosa. Az a képzelt →sebesség, amellyel egyenletes sebességeloszlás esetén ugyanakkora folyadékmennyiség haladna át a vizsgált szelvényen, mint amennyi a tényleges sebességeloszlással. A ~ képlete:

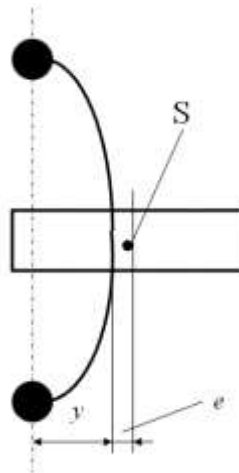
$$v_k = \frac{1}{A} \iint_A v dA.$$

**kritikus állapot** (fiz) a reális gázok cseppfolyósítása a kritikus →hőmérsékletnél ( $T_k$ ) nagyobb hőmérsékleten a →nyomás tetszés szerinti növelésével sem idézhető elő. A  $p$ - $v$  diagram  $T_k = \text{const.}$  izotermájának vízszintes inflexiós pontjához tartozó másik két →intenzív

menyiség is kritikus:  $v_k$  és  $p_k$ . A ~ intenzív mennyiségei között kapcsolat van:  $\frac{T_k}{p_k v_k} = \frac{8}{3R}$ ,

ahol  $R$  a →specifikus gázállandó.

**kritikus fordulatszám** (fiz, műsz) (jele:  $n_{kr}$ , mértékegysége: 1/min) az a →fordulatszám, amellyel forgatva egy forgógép tengelyét az arra excentricitás nélkül felékelt tárcsa →kihajlása tetszőleges lehet (közömbös →egyensúlyi állapot). Ha ezt a ~ot a gép indításakor feltétlenül át kell lépni, akkor azt gyorsan és csillapítással (TAYLOR-inga, LANCHESTER csillapító, rugalmas tengelykapcsoló) kell megtenni. A ~ felett a rendszer forgása ismét nyugodt járású. Ügyelni kell azonban arra, hogy a ~ egészszámú többszörösénél is előfordulhat e jelenség. A ~okat kerülni kell, mert ha a fordulatszám huzamosabb ideig a közelükben tartózkodik, akkor az tengelytöréshez vezet. A vázlaton egy csapágyazott tengely látható, amelynek közepére excentrikusan ékelték a tárcsát, tehát annak →súlypontja nem illeszkedik a tengely középvonalára.



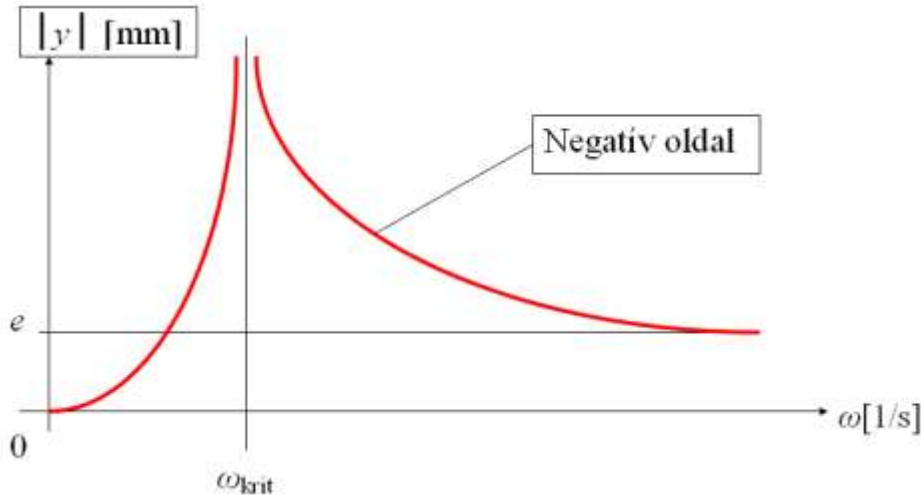
A forgás hatására keletkező →centrifugális erőt a rugalmasság ereje kiegyenlíti:

$$m(y + e)\omega^2 = \frac{y}{c} \Rightarrow y = \frac{e\omega^2}{\frac{1}{mc} - \omega^2},$$

ahol  $c$  a (klasszikus értelmezés szerinti) →rugóállandó,  
 $m$  a tárcsa →tömege,  
 $e$  a tárcsa súlypontjának a tengely középvonalától mért szerelési távolsága,

$y$  a tengely középvonalának kitérése a nyugalmi helyzethez képest és  
 $\omega$  a forgás pillanatnyi  $\rightarrow$  szögsebessége.

A kitérés nevezője nullává válhat az ún.  $\rightarrow$  kritikus szögsebességnél. A feltételes módot az indokolja, hogy a mindig jelenlévő csillapítások miatt a valóságban a kitérésfüggvénynek nincs pólushelye. A kitérés (kihajlás) változása a szögsebesség függvényében (elméletileg):



Ha  $e=0$ , akkor a dinamikus egyensúlyi egyenlet:

$$m\omega^2 y = \frac{y}{c},$$

amely a kritikus szögsebességnél azonossággá válik, tehát tetszőleges  $y$  kielégíti.

Az elméleti kritikus szögsebesség és a  $\sim$ :

$$\omega_{\text{krit}} = \frac{1}{\sqrt{mc}} \left[ \frac{\text{radian}}{\text{s}} \right] \quad \text{és} \quad n_{\text{kr}} = \frac{30}{\pi\sqrt{mc}} \left[ \text{min}^{-1} \right]$$

**kritikus frekvencia** (fiz, műsz) (jele:  $f_{\text{kr}}$ , mértékegysége: 1 Hz) a kényszerrezgést végző rendszer gerjesztésének az a  $\rightarrow$  frekvenciája, amelynél előáll a  $\rightarrow$  rezonancia jelensége.

**kritikus hőmérséklet** (fiz) az a  $\rightarrow$  hőmérséklet, amely felett a gáz már nem cseppfolyósítható. reális gázok esetén a  $\rightarrow$  van der WAALS állapotegyenletből meghatározható; (a  $\sim$ -et jelentő) izotermának itt inflexiós pontja van. A vonatkozó állapotegyenletet  $\left( p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$  fel-

használva a  $\sim T_k = \frac{8a}{27Rb}$  Itt  $p$  a  $\rightarrow$  nyomás,  $v$  a  $\rightarrow$  fajtérfogat,  $T$  a hőmérséklet,  $R$  a  $\rightarrow$  specifikus gázállandó, valamint az  $a/v^2$  a molekulák egymás közötti kölcsönhatásával, a  $b$  a molekulák  $\rightarrow$  térfogatával kapcsolatos korrekciós tag.

**kritikus nyomás** (fiz)  $\rightarrow$  kritikus hőmérsékletnek megfelelő  $\rightarrow$  nyomás, az állapotegyenlet szerint. A vonatkozó  $\rightarrow$  van der WAALS állapotegyenletet  $\left( p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$  felhasználva a  $\sim p_k = \frac{a}{27b^2}$ . Itt  $p$  a nyomás,  $v$  a  $\rightarrow$  fajtérfogat,  $T$  a  $\rightarrow$  hőmérséklet,  $R$  a  $\rightarrow$  specifikus gázállandó, valamint az  $a/v^2$  a molekulák egymás közötti kölcsönhatásával, a  $b$  a molekulák térfogatával kapcsolatos korrekciós tag.

**kritikus rezgésszám** (fiz, műsz)  $\rightarrow$  kritikus frekvencia

**kritikus szögsebesség** (fiz, műsz) (jele:  $\omega_{\text{krit}}$ , mértékegysége: 1 radian/s) a  $\rightarrow$ [kritikus frekvencia](#)  $2\pi$ -szerese.

**kritikus tömeg** (fiz) a  $\rightarrow$ [hasadóanyag](#)nak az a legkisebb  $\rightarrow$ [tömege](#), amelynél a benne lévő lassú neutronok szabad úthossza elegendő a  $\rightarrow$ [láncreakció](#) nagy valószínűségű beindításához.

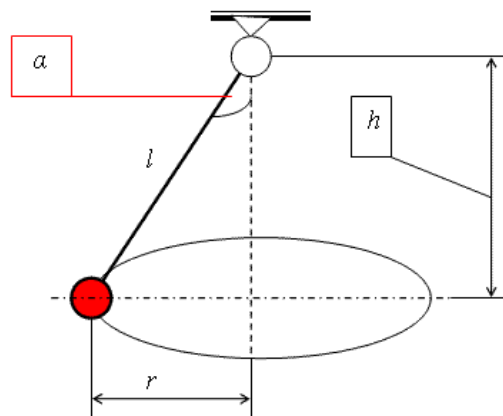
**kromatikus aberráció** (fiz) (színi eltérés) a  $\rightarrow$ [törésmutató](#)  $\rightarrow$ [hullámhossz](#) függése ( $\rightarrow$ [diszperzió](#)) miatt a különböző hullámhosszúságú komponensek esetében máshol van a  $\rightarrow$ [fókuszpont](#).

**K-típusú forrás** (fiz, műsz) a  $\rightarrow$ [rendszer](#) olyan forráseleme, amely energiát juttat a rendszerbe v. elvon a rendszertől úgy, hogy annak valamely  $\rightarrow$ [keresztváltozó](#) (K) előírt időfüggvény szerint fenntartja. Az idealizált  $\sim$  belső ellenállása zérus, névleges forrásértékét minden ( $\rightarrow$ [erő](#),  $\rightarrow$ [áram](#),  $\rightarrow$ [térfogatáram](#) stb.) terhelésnél megtartja,  $\rightarrow$ [teljesítménye](#) pedig végtelen. A valós  $\sim$ ok, így a pl. a  $\rightarrow$ [feszültség](#)-, a  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#)-, a  $\rightarrow$ [sebesség](#)-, a  $\rightarrow$ [szögsebesség](#)- és  $\rightarrow$ [nyomásforrások](#) esetében ez csak korlátozottan teljesül. A  $\sim$ -nak van vezérelt változata, amellyel pl. jól  $\rightarrow$ [modell](#)ezhetők a jelerősítők. Strukturálisan ezek a vezérelt  $\sim$ ok hatpólusok, amelyeknek van bemenő, kimenő és moduláló kapuja is.

**K-típusú tároló** (műsz) olyan  $\rightarrow$ [tároló](#), amely az energiát  $\rightarrow$ [keresztváltozó](#) révén tárolja. Pl. ilyen a  $\rightarrow$ [tömeg](#), amely a  $\rightarrow$ [sebesség](#), a  $\rightarrow$ [villamos kapacitás](#), amely a  $\rightarrow$ [villamos feszültség](#) révén tárol a  $\rightarrow$ [K-típusú változó](#) négyzetével arányos energiát.

**K-típusú változó** (műsz) valamely  $\rightarrow$ [intenzív mennyiség](#) v. annak egyik komponense. A  $\rightarrow$ [rendszerelem](#) két végpontján eltérő is lehet. A  $\sim$ -k közti különbség hatására  $\rightarrow$ [átmenőváltozó](#) halad át a rendszerelemen. A két változó közti kapcsolatot a rendszerelem fizikai egyenletével adjuk meg.  $\sim$  pl. a  $\rightarrow$ [nyomás](#), a  $\rightarrow$ [villamos feszültség](#), a  $\rightarrow$ [szögsebesség](#) és a  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#).

**kúpinga** (fiz) a  $\rightarrow$ [fonálinga](#) kitérítése után, annak lengési síkjára merőleges,  $r\omega$  abszolút értékű, vízszintes  $\rightarrow$ [sebesség](#)gel indított változatát  $\sim$ -nak nevezik.



A  $\sim$  (oldalról nézve) lengésideje, amely felülről nézve  $\rightarrow$ [keringési idő](#), és a kitérés szögének (fél-kúpszög) tangense:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}} \approx 2\sqrt{h} \text{ [s]}, \text{ ahol } h = \sqrt{l^2 - r^2} \text{ [m]}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{r}{h} = \frac{r\omega^2}{g}$$

**kvantumállapot** (fiz) Egy [kvantummechanikai](#)  $\rightarrow$ rendszer, mikrorészecske állapotát (pl. térbeli elhelyezkedését, mozgását) egy hozzá rendelt  $\rightarrow$ állapotfüggvény (2) egyértelműen meghatározza. Az állapotfüggvény a helytől és az időtől függ, és alakját a  $\rightarrow$ potenciális energia és a határfeltételek szabják meg. Általában úgy is fogalmazhatunk, hogy a  $\sim$  bármely állapot, amelyben egy kvantummechanikai rendszer lehet. Egy teljesen meghatározott  $\sim$  állapotvektorral,  $\rightarrow$ hullámfüggvénnyel vagy  $\rightarrow$ kvantumszámok teljes készletével adható meg. Egy részlegesen ismert  $\sim$ , néhány rögzített kvantumszámmal (lásd. pl.  $\rightarrow$ hidrogénatom kvantumállapotai), egy sűrűségfüggvény segítségével ábrázolható.

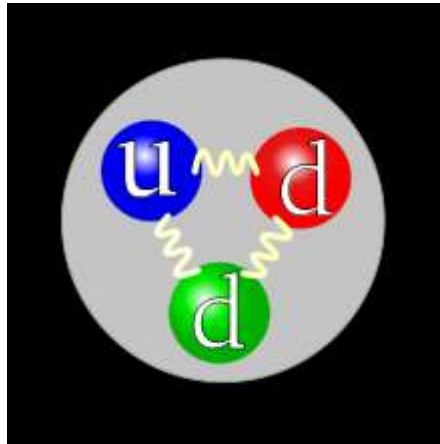
**kvantumszám** (fiz)  $\sim$ -nak nevezzük egy megmaradó fizikai mennyiség operátorának [kvantummechanikai](#) állapotát jellemző sajátértékét. Hidrogénatom esetén a  $\rightarrow$ főkvantumszám az energia, a  $\rightarrow$ mellékvantumszám az impulzusmomentum jellemzője.

**kvarkbezárás** (fiz) az ún. kvantum-szindinamika ( $\rightarrow$ QCD) egyik tulajdonsága: a  $\rightarrow$ kvarkok közötti színekölcsönhatás a távolság növelésével nem csökken, ezért végtelen sok  $\rightarrow$ energia lenne szükséges két kvarkot eltávolítani egymástól, „a kvarkok a  $\rightarrow$ hadronok börtönébe vannak zárva”. Az elmélet eme a tulajdonságát analitikusan még nem sikerült bebizonyítani. A  $\sim$  megmagyarázza azt is, hogy miért nem találhatunk szabad kvarkot a természetben, azaz miért „színtelenek” a hadronok. A  $\sim$ -ra jelenleg csak jelenségszintű modellek vannak, mert a QCD egyenleteit alacsony energiákon nem lehet megoldani.

**kvark-időszak** (fiz, kozmológia) az  $\rightarrow$ Ősrobbanás utáni  $10^{-30}$  s és  $10^{-7}$  s közötti időszak, amelyben kvarkok, leptonok és fotonok léteztek. A hőmozgás túl intenzív volt ahhoz, hogy összetettebb struktúrák alakuljanak ki.

**kvarkok** (fiz, kozmológia) a  $\sim$  olyan elemi részecskék, amelyek spinje  $\frac{1}{2}$ , tehát fermionok, elektromos töltésük  $+2/3$ , ill.  $-1/3$  elektrontöltés. Részt vesznek az erős, az elektromágneses és a gyenge kölcsönhatásban. Nem léteznek szabadon, kötött állapotait  $\rightarrow$ hadronoknak nevezzük (barionok, mezonok). Szabad kvarkokat eddig nem sikerült kísérletileg megfigyelni. Ezt a jelenséget  $\rightarrow$ kvarkbezárásnak nevezzük. Az  $\rightarrow$ erős kölcsönhatás csatolási állandója energiafüggő (növekvő energiával csökken); igen nagy energián (pl. az  $\rightarrow$ Ősrobbanást követően) a kvarkok szabaddá válhatnak. Az összepréselt hadronokból kvarkanyag v. [kvark-gluon plazma](#) lesz. Ezt nevezzük a  $\sim$  aszimptotikus szabadságának.

Magyar név	Angol név	Jelölés	Nyugalmi tömeg (GeV/c <sup>2</sup> )	Elektromos töltés (e)
Fel	Up	<i>u</i>	0,0015-0,005	2/3
Le	Down	<i>d</i>	0,017-0,025	-1/3
Bájos	Charm	<i>c</i>	1,1-1,4	2/3
Furcsa	Strange	<i>s</i>	0,06-0,17	-1/3
Felső	Top	<i>t</i>	165-180	2/3
Alsó	Bottom	<i>b</i>	4,1-4,4	-1/3



A neutron egyszerűsített kvarkszerkezete (udd), a kvark-antikvark párok alkotta „tenger” nélkül. A gluonok által közvetített kölcsönhatást a hullámos vonalak jelképezik

**kvázisztatikus folyamat** (fiz) a  $\rightarrow$  termodinamikai rendszer olyan idealizált  $\rightarrow$  állapotváltozása, amely feltételezi, hogy a folyamat egyensúlyi helyzeteken keresztül megy végbe. A kvázisztatikus folyamat nem feltétlenül reverzibilis (megfordítható), szemben azzal, hogy minden  $\rightarrow$  reverzibilis folyamat biztosan  $\sim$ .

**LAGRANGE-egyenlet** (műsz, fiz) általános alakja: 
$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i} = f_i$$
,

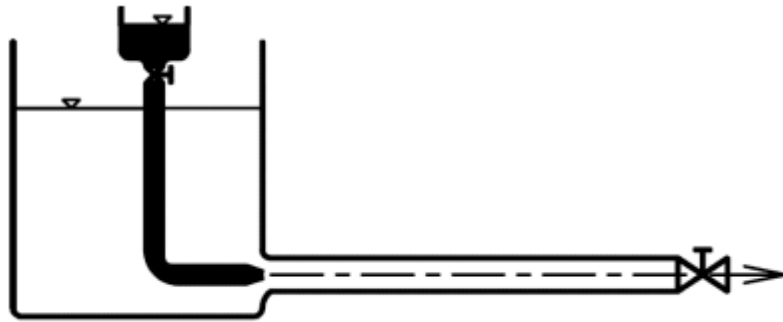
ahol  $L(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t)$  a LAGRANGE-függvény, amely a  $\rightarrow$  mozgási- és a  $\rightarrow$  helyzeti energia különbsége,  
 $\mathbf{q}$  az általános koordináták vektora és  $q_i$  ennek  $i$ -edik komponense,  
 $\dot{\mathbf{q}}$  az általános sebességvektor és  $\dot{q}_i$  ennek  $i$ -edik komponense,  
 $R = R(\dot{\mathbf{q}})$  a  $\rightarrow$  RAYLEIGH-féle csillapítási függvény, amely lineáris esetben a  $\rightarrow$  disszipált teljesítmény fele,  
 $f_i$  a külső „erők” vektorának  $i$ -edik komponense.

**LAGRANGE leírási mód** (fiz, rep) A szilárd testek mozgását úgy írjuk le, hogy a test egy vagy több pontjának helyét adjuk meg az idő függvényében. A folyadékoknál hasonló módon járhatunk el. Az egyes folyadékreszeket a  $t=0$  pillanathoz tartozó helyzetükkel „ragadjuk meg” (matematikailag az  $\mathbf{s}_0$  helyvektor határozza meg) és megadjuk a folyadékreszek helyvektorának időfüggvényét:  $\mathbf{r}=\mathbf{r}(\mathbf{s}_0, t)$ . A folyadékresz  $\rightarrow$  sebességét és  $\rightarrow$  gyorsulását az  $\mathbf{r}$  idő szerinti első és második deriváltja adja meg rögzített  $\mathbf{s}_0$  mellett:

$$\mathbf{v} = \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial t}, \quad \mathbf{a} = \frac{\partial^2 \mathbf{r}}{\partial t^2}.$$

E módszer nehézkesnek mutatkozott, ezért általában az  $\rightarrow$  EULER leírási módot használják.

**lamináris áramlás** (fiz, rep)  $\sim$ -ban v. réteges áramlásban az egymás mellett áramló folyadék-rétegek anyaga csak a molekuláris diffúzióval keveredik egymással. Az áramlások jellegének tanulmányozására Osborne REYNOLDS (1842-1912), a Manchesteri Egyetem professzoraként (1868-1905) végzett kísérleteket. Kísérleti berendezése üvegből készült, így látható volt az áramlásba csurgatott tinta. A szintmagasságtól függően változott a hordozófolyadék  $\rightarrow$  áramlási sebessége a vízszintes csőben. Kis sebességnél a tinta a cső középvonalában húzódott végig.



Forrás: LAJOS Tamás: *Az áramlástan alapjai*, előadási jegyzet. Bp. 1992. p. 100. (10.1. ábra)

Amíg ez az áramkép fennállt, azt ~-nak lehetett tekinteni. Növelve az áramlási sebességet, eleinte csak kisebb hullámzás fordult elő, de a tintafonal ismét kiegyenesedett, de tovább növelve a sebességet a folyadék gomolyogni kezdett, és ezért a tinta elkeveredett a csőben. Ebből arra lehetett következtetni, hogy a csőben függőleges komponense is volt a sebességnek, ráadásul ez ingadozott is.

**lamináris határréteg** (fiz, rep) a → határréteg szilárd test felülethez közeli része, amelyben az áramlás még réteges. Ha kialakul a → turbulens határréteg, akkor sem éri el a szilárd felületet, mert ahhoz mindig hozzá tapad egy vékony ~. A ~-ben kialakuló áramlás sajátosságait a NAVIER–STOKES-egyenlet és a → folytonosság tétele együttesen írja le. A határréteg-egyenlet megoldása az → áramlási sebesség komponenseit adja meg:

$$\begin{cases} v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = w \frac{dw}{dx} + \nu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \end{cases}$$

ahol  $w$  a határrétegen kívüli áramlás sebessége,  
 $\nu$  a → kinematikai viszkozitási tényező.

**latens hő** (fiz) a ~ az elsőfajú fázisátalakulások során a → hőmérséklet változatlansága mellett leadott v. felvett → hő; lényegében a fázisok közötti energiakülönbséget fedezi. Legismertebb az olvadást, forrást, kristályosodást kísérő ~.

**LAVAL-fúvóka** (músz, fiz) elején szűkülő, majd bővülő keresztmetszetű fúvóka, amelyben nem alakul ki → lökéshullám. Gustaf Patrik de LAVAL (1845. máj. 9. - 1913. febr. 2.) svéd mérnök, a gőzturbina jelentős fejlesztője találta fel a ~t. Arra használják, hogy összenyomható gáz → áramlási sebességét felgyorsítsák. Bizonyos típusait széles körben alkalmazzák gőzturbinákban és fontos része a modern rakétahajtóműveknek is.

**láncreakció** (fiz) a → magreakció előidézéséhez szükséges részecskék nagyobb számban szabadulnak fel a magreakció során, és ezek újabb magreakciókat idéznek elő. Így rövid idő alatt rengeteg → energia szabadul fel. (A ~ kémiai kölcsönhatásra is értelmezhető, mert pl. az égésnél felszabaduló → hő újabb molekulákra terjeszti ki az égést.)

**látható fénytartomány** (fiz) az elektromágneses sugárzás (l. → színkép) azon tartománya, amely az emberi szemmel érzékelhető. Ez a → hullámhossz-tartomány 380-780 nm.

**látószögnagyítás** (fiz) → nagyítás.

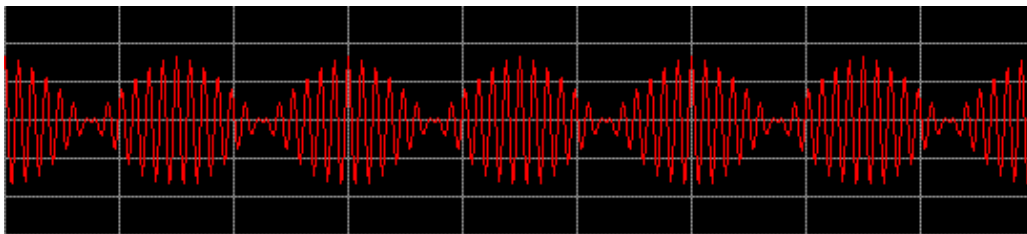


**látszólagos kép** (fiz) (virtuális kép) látható, de ernyővel fel nem fogható kép, amely olyan optikai leképezésben keletkezik, amelyben a megtört, visszavert fénysugarak csak a visszafelé való meghosszabbításban metszik egymást.

**lebegés** (fiz)

(1.) valamilyen folyadékkal egyenlő átlagsűrűségű test → egyensúlyi állapota a folyadékban (→ ARKHIMÉDÉSZ törvénye). Más kölcsönhatásokra is kiterjesztve, általánosan: valamilyen (elektromos, felhajtó v. mágneses) → erő hatására az alátámasztás v. felfüggesztés nélküli egyensúlyi állapot.

(2.) a ~ két közeli → frekvenciájú (rezgésszámú) és azonos → amplitúdójú hullám (→ rezgés) találkozásakor létrejövő jelenség. Az eredő hullám frekvenciája a két összetevő hullám frekvenciájának a számtani közepével egyenlő, amplitúdója pedig periodikusan változik nulla és az eredeti hullámok amplitúdójának kétszerese között.



Ez olyan, mintha a burkológörbéje lenne a gyors ingadozásnak. E burkológörbe rezgésszáma a frekvenciák különbségével egyenlő. A  $\varphi$  kezdő fáziseltérésű hullámok találkozásának eredményét képlettel is kifejezhetjük:

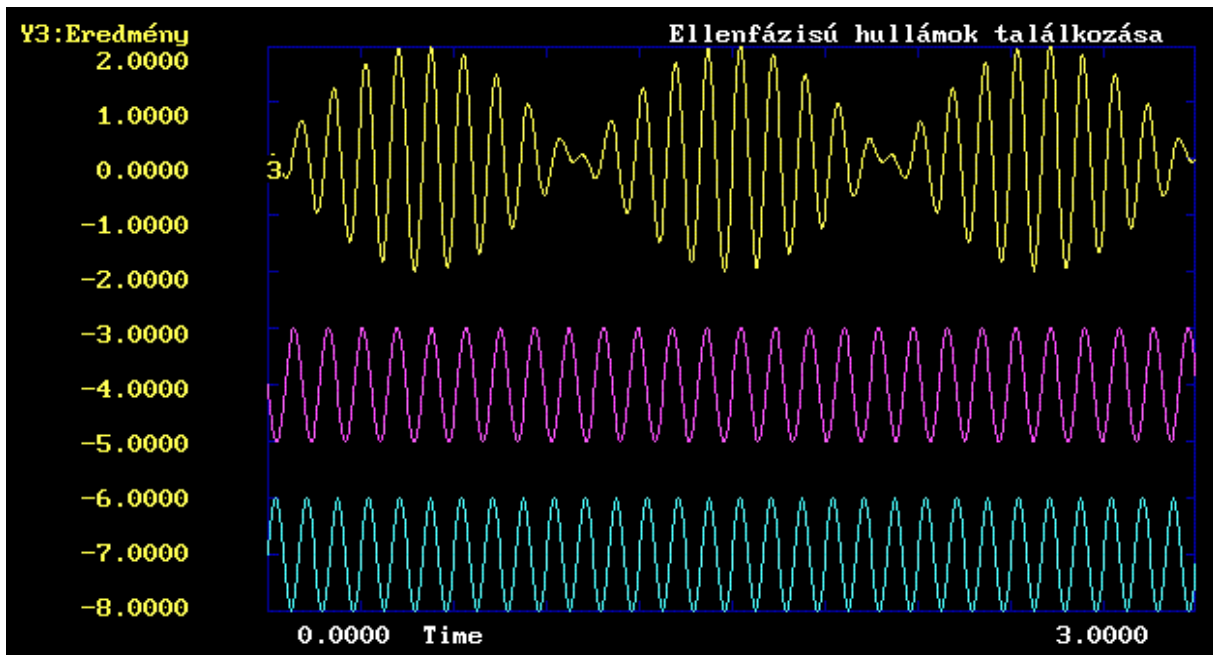
$$A \sin \omega_1 t + A \sin(\omega_2 t + \varphi) = 2A \underbrace{\cos \frac{(\omega_1 - \omega_2)t - \varphi}{2}}_{\text{Burkoló}} \underbrace{\sin \frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi}{2}}_{\text{A burkolt rezgés}}$$

Különböző fázishelyzetű hullámok találkozását állítja elő az alábbi számítógépes program. A példabeli rezgések kezdetben ellenfázisúak, mert aktuális kezdeti → fáziskülönbségük:  $\varphi \approx \pi$ .

```

Horz:      0 ,      0.0000      ,      3.0000      ; Time
Y1:       9 ,     -1.0000      ,      9.0000      ; sinom1t
Y2:      10 ,     -4.0000      ,      6.0000      ; sin(om2t+fi)
Y3:      11 ,     -8.0000      ,      2.0000      ; Eredmény
Y4:       ,              ,              ;

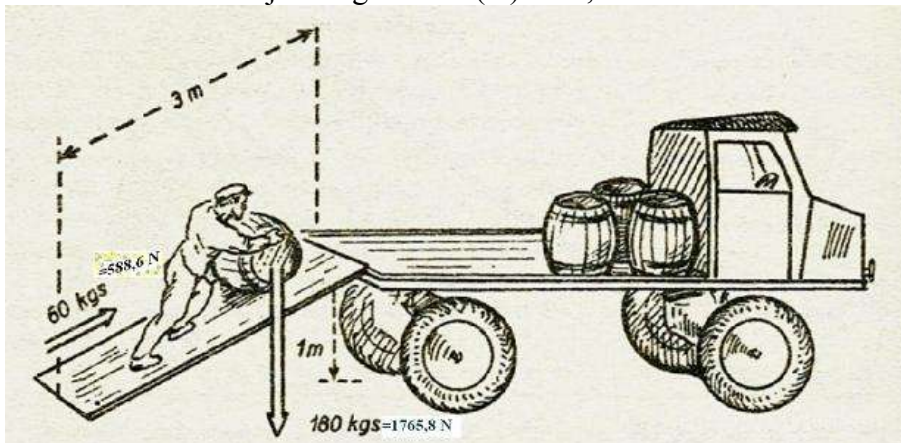
MODEL:
10.0000    1 CON                ;f1
 9.0000    2 CON                ;f2
          3 TIM                ;t
 6.2831    4 CON                ;2PI
          5 MUL      3      4    ;2PIt
          6 MUL      1      5    ;om1t
          7 MUL      2      5    ;om2t
 3.1415    8 CON                ;fi
          9 SIN      6          ;sinom1t
         10 SIN      7      8    ;sin(om2t+fi)
         11 SUM      9      10    ; Eredmény
    
```



A türkiz hullám frekvenciája 10 Hz, a liláé 9 Hz, a fázisszöge 180°, a sárga görbe az eredőé.

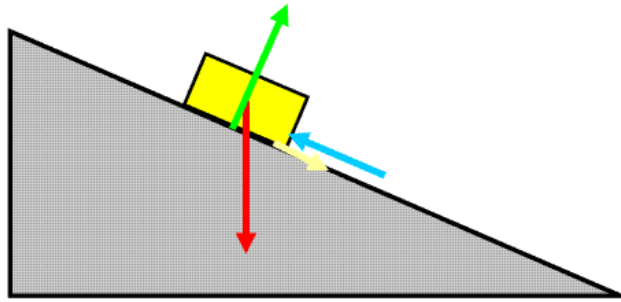
legrövidebb fényút elve (fiz) → [FERMAT-elv.](#)

lejtő (fiz, műsz) egy vízszintes és egy vele metsződő ferde sík, amelyek egyik kiterjedése végtelen és az általuk bezárt szög állandó hegyesszög. → [Kényszererő](#) csak a ~ ferde felületén jöhet létre. A ~ az → [egyszerű gépek](#) egyik csoportjának névadója is, mert számos egyszerű gép származtatható belőle, mint pl. a → [csavar](#) és az → [ék](#). A ~ gyakorlati alkalmazására láthatunk példát az alábbi ábrán. A lejtő szöge  $\arcsin(1/3) = 19,5^\circ$ .



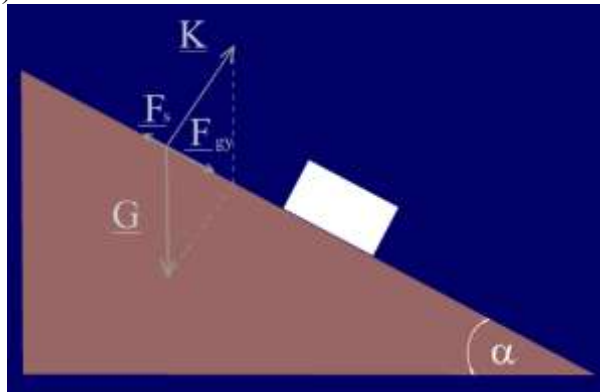
Forrás: <http://www.freeweb.hu/hmika/Fizika/Html/EgyszGep.htm>

Az alábbi vázlaton egy véges ~-re helyezett téglatestet látni, amelyre négy → [erő](#) hat: a piros a → [súlyerő](#), a zöld a [kényszererő](#), a türkiz a külső mozgatóerő (pl., amelyet pl. egy rakodómunkás fejt ki) és a sárga a → [súrlódási erő](#).



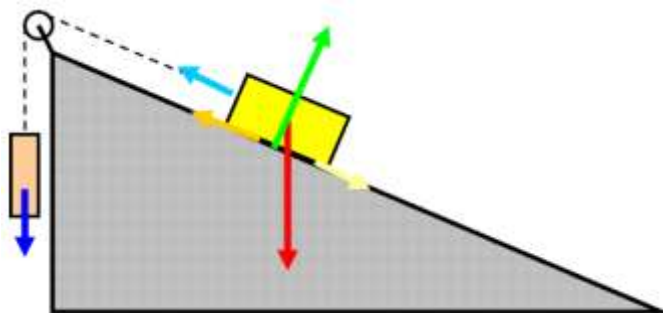
Amíg e négy erő egyensúlyban van, addig a ~re helyezett téglatest nyugalomban van, vagy egyenletesen mozog fölfelé. Ez utóbbi esetben a súrlódási erő abszolút értéke a kényszererő és a súrlódási tényező szorzata, de ha nyugalomban van a téglatest, akkor az erőegyensúlyhoz szükséges értéket veszi fel. Ha a külső mozgatóerő annyira lecsökken, hogy a téglatest lefelé csúszik, v. erre törekszik, akkor a súrlódási erő iránya megváltozik. A →lejtőmozgásnál ennek komoly jelentősége van.

### lejtőmozgás (fiz, műsz)



A lejtő →kinetikáját és →kinematikáját egy példával szemléltetjük: az  $l=10$  m hosszú lejtő hajlásszöge  $\alpha=30^\circ$ -os. A lejtőn kötéllal felhúzható,  $m_2=100$  kg →tömegű láda tapadási súrlódási tényezője:  $\mu_t=0,15$  és a mozgásbeli:  $\mu_m=0,1$ . A →gravitációs gyorsulás:  $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>.

- Mekkora annak az  $m_1$  tömegnek a tartománya, amelyet egy ideális →csigán átvetett kötéltre kell függeszteni, hogy erőegyensúly alakuljon ki?
- Mekkora erővel lehetne állandó (pl.  $v_0=1$  m/s) →sebességgel felhúzni a ládát?
- Mennyi idő múlva érne le a láda a lejtő aljára, ha a lejtő közepénél elszakadna a kötél?



A ~nál a →NEWTON-féle tömegvonzási törvényen kívül még milyen fizikai törvények érvényesülnek?

- Az erők komponenseikre bonthatók, ill. eredőjükkel helyettesíthetők, ez a →NEWTON-féle IV. axióma (A kényszereknél óvatosnak kell lenni!).
- Hatással szemben ellenhatás lép fel, ez →NEWTON III. törvénye.

- $\rightarrow$ egyensúly kell a nyugalomhoz és az egyenes vonalú, egyenletes mozgáshoz is ( $\rightarrow$ NEWTON I. törvénye).
- Változó mozgásnál – az  $\rightarrow$ eredőerő és a  $\rightarrow$ gyorsulás között kapcsolat van –, tehát érvényes  $\rightarrow$ NEWTON II. törvénye.
- A  $\rightarrow$ súrlódási erő abszolút értéke arányos a felületre merőleges  $\rightarrow$ kényszererővel és a  $\rightarrow$ súrlódási együtthatóval, iránya pedig ellentétes értelmű az  $\rightarrow$ elmozdulás, vagy a virtuális elmozdulás irányáéval. (Ez a  $\rightarrow$ COULOMB-súrlódás lényege.) Nyugalomban a súrlódási erő éppen akkora, hogy létrejöjjön az erőegyensúly.

Kidolgozás: a. Most az elmozdulás határhelyzeteit vizsgáljuk, ezért

$$F_{s\max} = \mu_t K = \mu_t m_2 g \cos \alpha = \mu_t \frac{m_2 g \sqrt{3}}{2}$$

$$F_{kötél} + F_{s\max} = m_2 g \sin \alpha = \frac{m_2 g}{2}$$

$$F_{kötél} = m_{1\min} g = \frac{m_2 g}{2} (1 - \mu_t \sqrt{3}) \quad \text{Megj.: } \mu_t^* = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,57735$$

$$\Rightarrow m_{1\min} = 50(1 - 0,15\sqrt{3}) \approx 37 [\text{kg}]$$

$$\Rightarrow m_{1\max} = 50(1 + 0,15\sqrt{3}) \approx 63 [\text{kg}]$$

b.

$$F_{kötél} = \frac{m_2 g}{2} (1 + \mu_m \sqrt{3}) \approx 575,5 [\text{N}]$$

c. Először a fölfelé lassuló mozgással foglalkozunk:

$$t = t_1 + t_2$$

$$m_2 a_1 = \frac{m_2 g}{2} (1 + \mu_m \sqrt{3}) \Rightarrow a_1 = \frac{g}{2} (1 + \mu_m \sqrt{3}) \approx 5,755 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$t_1 = \frac{v_0}{a_1} \approx 0,174 [\text{s}] \Rightarrow s_1 = t_1 v_{\text{átl}} = t_1 \cdot \frac{v_0}{2} = \frac{v_0^2}{2a_1} \approx 0,087 [\text{m}]$$

Most pedig a nyugalomból induló test lecsúszását vizsgáljuk:

$$F_{gy} = \frac{m_2 g}{2} (1 - \mu_m \sqrt{3}) = m_2 a_2$$

$$a_2 = \frac{g}{2} (1 - \mu_m \sqrt{3}) \approx 4,055 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$s_2 = s_1 + \frac{l}{2} = \frac{a_2}{2} t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2s_1 + l}{a_2}} \approx 2,584 [\text{s}]$$

$$t \approx 0,174 + 2,584 = 2,768 \approx 2,8 [\text{s}]$$

Tehát a kötélt elvágása után kb. 2,8 s telik el, míg a láda leér a lejtő aljára.

**leképezési törvény** (fiz) a  $\rightarrow$ [lencsék](#), gömbtükrök  $f \rightarrow$ [gyűjtőtávolságát](#) (fókusz-távolságát) a  $t \rightarrow$ [tárgy-](#) és  $k \rightarrow$ [képtávolsággal](#) összekapcsoló egyenlet, amely vékony lencsékre valamint tükrökre kis nyílásszögek esetén

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}.$$

Az  $f \rightarrow$ [fókusz-távolság](#) [gyűjtőlencsére](#) és [homorú tükörré](#) pozitív, míg [szórólencsére](#) és  $\rightarrow$ [domború tükörré](#) negatív értékű.

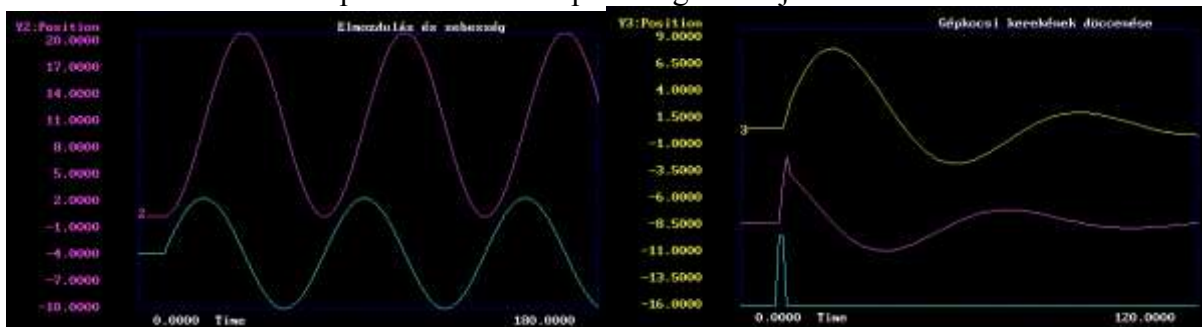
**lencsetörvény** (fiz) vékony gyűjtő- és szórólencsékre egyaránt érvényes összefüggés, amely kapcsolatot teremt az  $f \rightarrow$ [fókusz-távolság](#), a  $t \rightarrow$ [tárgytávolság](#) és a  $k \rightarrow$ [képtávolság](#) között:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$ . Ha a tárgytávolságot és a képtávolságot a fókusztól mért  $x_t$  és  $x_k$  távolságok segítségével a  $t = f + x_t$  és  $k = f + x_k$  összefüggésekkel ki tudjuk fejezni, akkor fennáll az  $f^2 = x_t x_k$  kapcsolat, amelyet NEWTON-féle lencsetörvénynek neveznek.

Megjegyzés: Sir Isaac NEWTON (1643. jan. 4, Woolsthorpe - 1727. márc. 31, London) angol fizikus, matematikus, csillagász, filozófus

**lendület** (fiz) v.  $\rightarrow$ [impulzus](#)

**lendület vektor** (fiz)  $\rightarrow$ [impulzus](#)

**lengés** (fiz, műsz) valamely tárgy váltakozó irányú kitérése  $\rightarrow$ [egyensúlyi](#) állapotának helyzetén ismétlődően áthaladva. A  $\sim$  lehet csillapítatlan, és ilyenkor mozgását periodikus függvény írja le, de lehet csillapított is, amikor a kitérések helyi szélsőértékének abszolút értéke az idő múlásával csökken. Csillapítatlan  $\sim$  és csillapított  $\sim$  grafikonja:



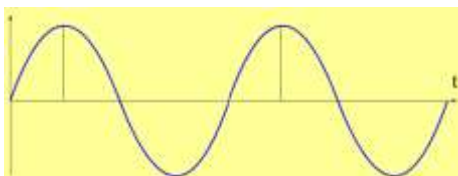
**lengésszám** (fiz, ir, műsz):

- (1). (jele:  $n$ , mérőegysége: 1/s v. 1/min) az időegység alatt végzett  $\rightarrow$ [lengések](#) száma.
- (2). (jele:  $\nu$ ) a [szabályozási kör](#) egyik minőségi jellemzője, amely az átmeneti függvényben a [szabályozási idő](#) eltelte alatt végbement lengések számával egyenlő.
- (3). A csillapodó  $\rightarrow$ [rezgést](#) végző  $\rightarrow$ [mechanikai rendszer](#) kvázi nyugalmi állapotáig tartó idő alatt végzett lengések száma.

**lengő rendszer** (fiz, műsz) olyan  $\rightarrow$ [rendszer](#), amelyben legalább két, eltérő típusú (Á és K) energiatároló található, amelyek között folyamatos energiacsere jöhet létre és a teljesítményvesztés ( $\rightarrow$ [disszipált teljesítmény](#)) viszonylag csekély. Ha a disszipált teljesítmény számottevő, akkor a rendszer túlcillapított, és  $\rightarrow$ [egyensúlyi](#) állapotából kitérítve oda nem  $\rightarrow$ [lengéssel](#), hanem kúszással tér vissza. Az alábbi tárhelyen egy olyan síkbeli  $\sim$   $\rightarrow$ [számítógépes szimulációs](#)  $\rightarrow$ [modellje](#) található, amelyben nincs  $\rightarrow$ [D-típusú elem](#), de több  $\rightarrow$ [szabadsági foka](#) és [nem lineáris](#) energiatárolói miatt kaotikus mozgásra is képes. Pl. e jelenleg animációjára: [http://sulifizika.elte.hu/html/sub\\_rugo.html](http://sulifizika.elte.hu/html/sub_rugo.html)

**lengőszilárdság** (fiz, műsz) olyan periodikus terhelés, amelyet a szerkezet (elvileg) végtelenszer képes elviselni.

$\sigma_{KLe}$

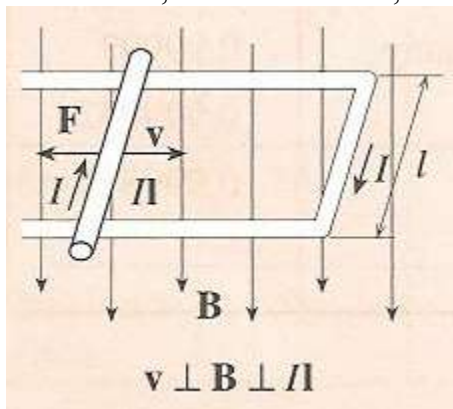


A ~ → HAIGH- v. a → SMITH-diagram függőleges tengelyéről pontosan leolvasható, de ezek hiányában alkalmazhatók az alábbi ökölszabályok:

$$\sigma_{KLe} \approx \frac{\sigma_B}{3} \quad \tau_{KLe} \approx \frac{\tau_B}{3}$$

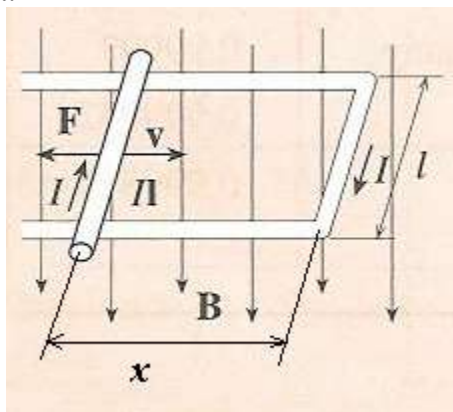
(A terhelés  $-\sigma_{KLe}$  és  $\sigma_{KLe}$ , ill.  $-\tau_{KLe}$  és  $\tau_{KLe}$  között változhat, elvileg végtelenszer ismétlődve; gyakorlatilag acélnál  $10^7$ -szer, de akad olyan fém, amelynél akár  $5 \cdot 10^7$ -szer is.)

**LENZ-törvény, (szabály) (fiz)** Ha U alakú vezető sínen mágneses térben mozgatunk  $l$  hosszúságú vezető rudat az ábrán látható módon, akkor a sínen is, a rúdban is → áram folyhat.



A ~ egyik megfogalmazása:

Az → indukált feszültség keltette áram iránya olyan, hogy mágneses hatásával akadályozza az őt létrehozó hatást, a mozgást.



Ha az ábrát megvizsgáljuk, akkor az U alakú sín, és a csúszó rúd zárt hurkot alkot, amely egy felületet jelöl ki. Erre a felületre felírhatjuk a → mágneses fluxus képletét.

$$\Phi_B = \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = Blx$$

Ekkor felírhatjuk:

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = Bl \frac{dx}{dt} = Blv$$

A ~ másik megfogalmazása:

Zárt hurokban olyan irányú áram indukálódik, hogy mágneses erőtere az áramot létrehozó fluxusváltozást csökkentse. Általánosságban igaz, hogy az indukált feszültség iránya mindig olyan, hogy a zárt vezetőben általa létrehozott áram körül létrejövő mágneses terével *akadályozni* igyekezik az őt létrehozó indukáló folyamatot (például relatív elmozdulást). A törvény lényegében az →[energiamegmaradás általános törvényéből](#) következik.

A törvényt 1834-ben ismerte fel Heinrich Friderich Emil LENZ v. Emilij Krisztyianovics LENC (1804. febr. 24, Derpt – 1865. febr. 22, Róma) balti német származású orosz fizikus a róla elnevezett törvényen kívül is számos eredményt ért el. Pl. észlelte a fémek →[ellenállás](#)ának hőmérsékletfüggését (1835), és JOULE-tól függetlenül - de hat évvel később - felfedezte az áram hőhatásának törvényét (1847), tanulmányozta a PELTIER-hatást.

**lepton** (fiz) a leptonok olyan elemi részecskék, amelyek nem vesznek részt az erős kölcsönhatásban, és nem is közvetítik egyik kölcsönhatást sem. Lepton az elektron, a müon, a tau( $\tau$ ) részecske, valamint a nekik megfelelő →[neutrínók](#), és ezek antirészecskéi.

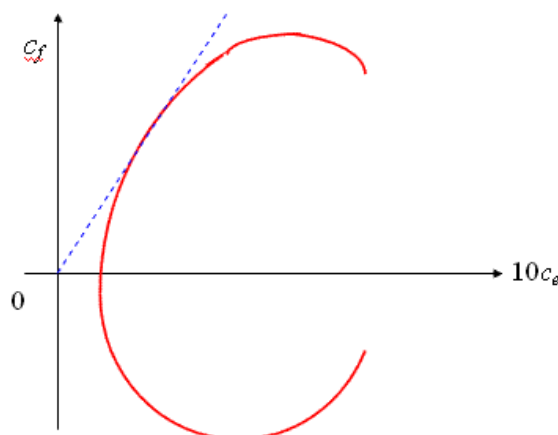
**lepton-időszak** (fiz, kozmológia) az →[Ősrobbanás](#) utáni  $10^{-7}$  s és 10 s közötti időszak, amelyben a müonok elbomlanak, megjelennek a →[leptonok](#) (pl. →[elektron](#)). A →[pozitronok](#) és elektronok *annihilálódnak* (energia felszabadulás mellett, tömegüket tekintve „megsemmisülnek”). Atomok ekkor még nem tudnak kialakulni.

**légnymás** (műsz, fiz)

(1). v. légköri →[nyomás](#), amely függ a tengerszint feletti magasságtól és az időjárástól. A  $\sim$ t szokták atmoszférikus nyomásnak is nevezni, amelynek tengerszinten mérhető átlagos értéke:  $1,013 \cdot 10^5$  Pa. A  $\sim$  különféle működési elvű →[barométer](#)ekkel mérhető.

(2). A  $\sim$ t a kompresszorokban lévő sűrített levegő túlnyomásának megnevezésére is használják.

**LILIENTHAL-féle poláris** (műsz, rep) az →[ellenállás-tényező](#) és a →[felhajtóerő-tényező](#) összetartozó értékeinek mértani helye. A  $\sim$  olyan grafikon, amelynek vízszintes tengelyén az ellenállás-tényező értékeit v. egészszámú többszörösét tüntetik fel, a függőleges tengelyéről pedig a felhajtóerő-tényező értékeit lehet leolvasni. Az optimális →[siklószám](#)hoz tartozó értékpár az origóból szerkesztett érintő érintési pontjánál van. (Lamináris szárnynál két érintési pont is lehet.) A  $\sim$  Otto LILIENTHAL (1848. máj. 23.-1896. aug. 10.) tragikus sorsú német mérnökről, a repülés egyik úttörőjéről kapta a nevét, akinek emlékére a Fédération Aéronautique Internationale (FAI) 1938-ban érmet alapított, amellyel évente kitüntetik a világ legjobb vitorlázórepülőjét.



**LORENTZ-erő** (fiz) Általában a töltött részecskékre az elektromos és a  $\rightarrow$ mágneses erő egyszerre hat. Mivel az  $\rightarrow$ erők vektorként adódnak össze, a töltésre ható  $\rightarrow$ eredő erő az alábbi módon írható fel:

LORENTZ-féle erőtvény:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

**LORENTZ-transzformáció** (fiz) az  $\rightarrow$ EINSTEIN-féle speciális relativitáselmélet két axiómáját egyidejűleg kielégítő transzformációs szabály. (Ez az EINSTEINI  $\rightarrow$ relativitáselmélet transzformációs szabálya – LORENTZről elnevezve.)

Tegyük fel, hogy a  $\mathbf{v} = [v \ 0 \ 0]$   $\rightarrow$ sebességgel mozgó  $\rightarrow$ koordinátarendszerben nyugvó pont

a nyugvó koordinátarendszerben  $\begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 \\ t_1 & & \end{bmatrix}$  sebességgel halad. A mozgó koordinátarendszerbeli koordinátáit adja meg a  $\sim$ .

$$x_2 = \frac{x_1 - vt_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad t_2 = \frac{t_1 - \frac{v}{c^2} x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\left. \begin{matrix} y_2 = y_1 \\ z_2 = z_1 \end{matrix} \right\} \leftarrow \text{Mivel speciális helyzetben vettük fel a koordinátarendszer tengelyeit.}$$

A  $\sim$ ből adódó közvetlen következtetések:

1. Az idő is transzformálódik. Nem abszolút, mint a klasszikus fizikában.

2. A térkoordináta transzformációs szabályában szerepel az idő, és az időkoordináta transzformációs szabályában szerepel a térkoordináta.

Általánosabban fogalmazva: térmérés és időmérés nem végezhető el egymástól függetlenül.

A  $\sim$  matematikai folyománya, hogy a  $\rightarrow$ fénysebesség határsebesség. Ez állásfoglalás a távolhatás-közelhatás klasszikus fizikán belüli ellentmondás kérdésében. Éspedig a közelhatás javára, mert bármilyen nagy is a fénysebesség, de véges. Akkor pedig nem lehetséges távolhatás, mert a távolhatás – végtelen sebességgel terjedő hatás.

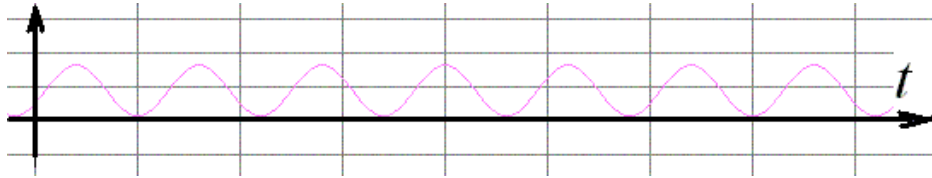
**lökéshullám** (műsz, fiz)  $\rightarrow$ hangsebesség fölötti áramlásnál fellépő jelenség, amelynél a  $\rightarrow$ nyomás ugrásszerűen változik. A  $\sim$  táplálásához nagy  $\rightarrow$ teljesítmény szükséges. Termodinamikailag a  $\sim$   $\rightarrow$ irreverzibilis jelenség, ezért nagyon lerontja annak a gépnek a  $\rightarrow$ hatásfokát, amelyben létrejön.

**L-S-csatolás** (fiz) a spektrumvonalak  $\rightarrow$ finomszerkezete két mágneses dipólmomentum kölcsönhatása következtében jön létre, az egyik a pályamenti mozgásból (L) a másik az elektronspinből (S) származik. A két momentum kölcsönhatása az  $\sim v$ .  $\rightarrow$ spin-pálya csatolás (spin-pálya kölcsönhatás).

**lupe** (fiz) egyetlen  $\rightarrow$ gyűjtőlencseből álló, egyszerű nagyító. A tárgyat  $\rightarrow$ gyűjtőtávolságon belül helyezve a keletkező kép nagyított, egyenes állású, ún.  $\rightarrow$ látzólagos kép lesz.

**lűktető igénybevétel** (fiz, műsz) azonos előjelű, periodikus  $\rightarrow$ igénybevétel hatására periodikus terhelés alakul ki. Az ún. tiszta  $\sim$ -nél a terhelés határesetben zérus értéket is felvesz:





**lücktetőszilárdság** (fiz, műsz) a tiszta  $\rightarrow$ [lücktető igénybevétel](#)nél kialakuló terhelésnek az a megengedhető értéke, amelynél azt a szerkezet (elvileg) végtelenszer is leviseli. A  $\sim$   $\rightarrow$ [HAIGH](#)- v. a  $\rightarrow$ [SMITH-diagram](#)ról pontosan leolvasható a lücktető terhelés amplitúdójával megegyező  $\rightarrow$ [statikus közép feszültség](#)nél, de ezek hiányában alkalmazhatók az alábbi ökölszabályok:

$$\sigma_{K Lü} \approx \frac{2\sigma_B}{3} \quad \tau_{K Lü} \approx \frac{2\tau_B}{3}$$

(A terhelés 0 és  $\sigma_{K Lü}$  ill.  $\tau_{K Lü}$  között változhat elvileg végtelenszer ismétlődve; gyakorlatilag acélnál  $10^7$ -szer, de akad olyan fém, amelynél akár  $5 \cdot 10^7$ -szer is.)

**lyukkamera** (fiz) (*camera obscura* = sötétkamra) több mint 1000 éves eszköz. Minden oldalról fénytől védett doboz, amelybe egyetlen, apró lyukon hatol be a fény. Ekkor a doboz lyukkal szemközti, belső falán a külvilág nagy mélységélességű, fordított állású, színes képe jelenik meg. Az eszköz lényegében valamennyi mai fényképezőgép elődje.

**MACH-elv** (fiz) Ernst MACH (1838. febr. 18. – 1916. febr. 19.) osztrák filozófus, fizikus, matematikus által 1863-ban javasolt fizikai elv, amely szerint a  $\rightarrow$ [tehetetlenségi erő](#)hatásokban a Világegyetem összes objektuma által keltett  $\rightarrow$ [erőtér](#) eredője nyilvánul meg. A  $\sim$  kimondja, hogy egy test  $\rightarrow$ [gyorsulása](#) nem az abszolút térhez, hanem a Univerzumban található anyaghoz viszonyítva mérendő. A test  $\rightarrow$ [tehetetlenségét](#) az őt körülvevő anyag határozza meg; e fogalom az üres térben elveszti értelmét. Elvetette a NEWTON-féle  $\rightarrow$ [abszolút tér](#) és idő, továbbá a  $\rightarrow$ [tömeg](#) fogalmát. A  $\sim$  alapját képezte A. EINSTEIN speciális- és általános relativitás elméletének. A  $\sim$  vitáját az  $\rightarrow$ [általános relativitáselmélet](#) és a modern *kozmológia* ma is napirenden tartja.

**MACH-szám** (műsz) (jele: Ma, nem szabványos jele: M) olyan dimenziótlan  $\rightarrow$ [hasonlósági invariáns](#), amely a helyi  $\rightarrow$ [áramlási sebesség](#) és a helyi  $\rightarrow$ [hangsebesség](#) hányadosa. Gépjármű esetén azt mutatja meg, hogy annak haladási  $\rightarrow$ [sebessége](#) a gépjárműt körülvevő  $\rightarrow$ [összenyomható közeg](#)ben terjedő hang sebességének hányszorosa.

**magdeburgi féltékék** (fiz) a  $\rightarrow$ [légn nyomás](#) létezését bizonyító kísérlet, és a légn nyomás nagyságának meghatározására végzett első kísérleti eszköz. Két egymáshoz szorosan illeszkedő félgömb  $\rightarrow$ [térfogat](#)ából a levegőt kiszivattyúzták, s ezt követően próbálták a két félgömbrészt húzással szétválasztani, ami még lovakkal sem sikerült.

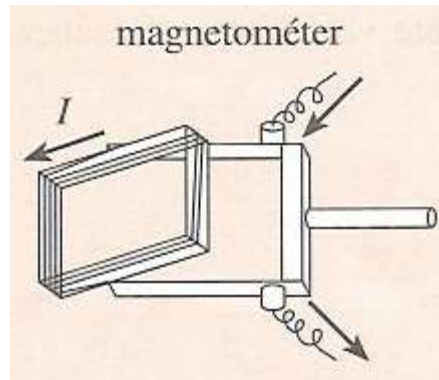
**magenergia** (fiz) az atommagban egymáshoz kapcsolódó protonok és neutronok (közös nevükön  $\rightarrow$ [nukleonok](#))  $\rightarrow$ [kötési energiája](#).

**magfúzió** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [magreakció](#), amelynek során könnyű atommagok egyesülnek, idegen szóval fuzionálnak. Ez a folyamat lehet exoterm ( $\rightarrow$ [energia](#)felszabadulással járó, pl. csillagok,  $\rightarrow$ [hidrogénbomba](#)) v. endoterm (energia befektetéssel járó, pl. vasnál nehezebb elemek ( $A > 56$ ) fúziója – szupernóva robbanás), a kiinduló magok  $\rightarrow$ [atommé](#)gétől függően.  $\sim$  adja a Nap energiatermelésének zömét, nevezetesen hidrogénből keletkezik hélium, amelynek  $\rightarrow$ [töme](#)ge kisebb, mint az eredeti atomoké együttvéve. A tömegkülönbséggel arányos energia szabadul fel a Napban. A  $\rightarrow$ [hidrogénbomba](#) ennek a hidrogén-hélium átmenetnek a mesterséges előállítása.  $\sim$ t irányítottan, tehát energia ipari termelésére még nem sikerült előállítani,

illetve olyan hatékonysággal fenntartani, hogy a keletkezett fúziós energia meghaladja a ~ beindításához és fenntartásához szükséges energiát. A ~ részleteiről bővebben olvashat az Interneten: <http://www.magfuzio.hu>.

**maghasadás** (fiz) olyan  $\rightarrow$  [magreakció](#), amelynek során nehéz atommag széthasad, és a hasadási termékek  $\rightarrow$  [tömege](#) kisebb, mint az eredeti atom és a hasító részecske tömege. A tömegkülönbséggel arányos  $\rightarrow$  [energia](#) szabadul fel. Az  $\rightarrow$  [atomreaktor](#)ok ~sal „termelnek” energiát. Az  $\rightarrow$  [atombomba](#) is ~on alapul.

**magnetométer** (fiz) A ~ mágneses indukció mérésére szolgáló  $\rightarrow$  [mágneses dipólus](#).



Ha  $A$  felületű síkidomot  $N$  menetszámú tekercssel veszünk körül, és abba  $I \rightarrow$  [áram](#)ot vezetünk, akkor a  $\rightarrow$  [jobbkez-szabálynak](#) megfelelően a dipólusmomentum:

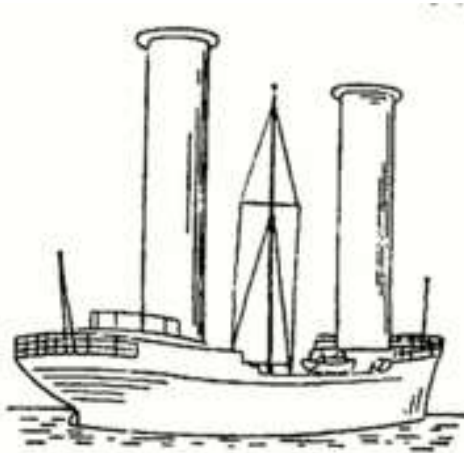
$$\mathbf{m} = NIA$$

A ~  $\mathbf{m}$  dipólusmomentuma és  $\mathbf{A} = A\mathbf{n}$  felületvektora ( $\mathbf{n}$  a normális vektor) egyirányú. A ~t  $\mathbf{B}$  indukciójú  $\rightarrow$  [homogén mágneses tér](#)be helyezve  $\rightarrow$  [forgatónyomaték](#) hat rá.

$$\mathbf{M} = \mathbf{m} \times \mathbf{B}$$

A forgatónyomaték akkor zérus, ha  $\mathbf{m}$  egyirányú  $\mathbf{B}$ -vel. Ezzel meg lehet határozni  $\mathbf{B}$  irányát. Majd a ~ normálisát  $90^\circ$ -al elfordítva  $\mathbf{M}$  maximális.  $M_{max}$  mérésével  $\mathbf{m}$  ismeretében meghatározható  $\mathbf{B}$  nagysága.

**MAGNUS-hatás** (fiz) forgómozgást végző testre oldalirányban erő hat, amikor az a környező folyadékhoz képest elmozdul. A ~t H. G. MAGNUS (1802–1870) német fizikus fedezte fel 1853-ban. A ~ oka az, hogy a forgó test az egyik oldalán gyorsítja, a másikon pedig lassítja a folyadék  $\rightarrow$  [határréteg](#)ének sebességét. Ennek következtében a  $\rightarrow$  [BERNOULLI-egyenlet](#)tel meghatározható nyomáskülönbség keletkezik, amely a gyorsabb közegáramlásnak megfelelő oldal felé toló erőt eredményez. A ~ szerepet játszik a pörgetett labdák (asztalitenisz, baseball, labdarúgás pl. [http://www.nepszava.hu/articles/article.php?id=344777&referer\\_id=top24](http://www.nepszava.hu/articles/article.php?id=344777&referer_id=top24), tenisz stb.) és a lövedékek röppályájában. Építettek olyan hajót is, amely vitorla helyett függőleges tengelyű forgó tornyon a ~ nyomán keletkező erőt használja a  $\rightarrow$  [közegellenállás](#) legyőzésére, ill. gyorsításra (FLETTNER).



Flettner-féle rotorhajó.

Forrás: <http://hu.metapedia.org/wiki/Flettnerrotor>

Az alábbi tárhelyen egy vízszintes tengelyű henger elkészítése és megpörgetése látható, amint a ~ dinamikus → [felhajtóerőt](http://www.youtube.com/watch?v=B8edpSPhMx0&feature=related) kelt rajta: <http://www.youtube.com/watch?v=B8edpSPhMx0&feature=related>

**magreakció** (fiz) atommagok közti kölcsönhatás, amelynek két fajtáját különböztetjük meg.

- → [magfúzió](#) v. fúziós ~
- → [maghasadás](#)

~ létrehozásához nélkülözhetetlen a → [tömeg-energia kapcsolat](#) törvény alkalmazása.

**makroszkopikus** ~ objektum, ~ → [rendszer](#), ~ folyamat. Az emberi érzékszervekkel észlelhető, nyomon követhető és értelmezhető objektum, rendszer és folyamat.

**manométer** (fiz) → [nyomásmérő](#).

**matematikai inga** (fiz) a → [fonálinga](#) absztrakciója, amelynél a kitérés olyan kicsi ( $\theta \leq 6^\circ$ ), hogy az → [ingamozgás](#) leíró differenciálegyenlete lineáris:  $l\ddot{\theta} + g\theta = 0$ ,

ahol  $l$  az inga hossza,  
 $g$  a → [gravitációs gyorsulás](#) és  
 $\theta$  a kitérés szöge ívmértékben.

A mozgásegyenlet megoldása:  $\theta = \theta_0 \cos \alpha t$ ,

ahol  $\theta_0$  az inga legnagyobb kitérés szöge és

$\alpha = \sqrt{\frac{l}{g}}$  az ingamozgás → [körfrekvenciája](#).

Ha a ~t függőleges nyugalmi helyzetéből lendítjük ki  $v_0$  kezdeti → [kerületi sebességgel](#), akkor a mozgásegyenlet megoldása:

$$\theta = \frac{v_0}{\sqrt{gl}} \sin \alpha t = \theta_0 \sin \alpha t. \quad \text{Megj.: fonálingánál } \theta_0 = \arccos\left(1 - \frac{v_0^2}{2gl}\right)$$

A ~ lengésideje:

$$T = \frac{2\pi}{\alpha} = 2\pi \sqrt{\frac{g}{l}} [\text{s}]$$

Az  $m$  → [tömegű](#) ingatestet rögzítő kötélben ébredő → [erő](#) abszolút értéke adott  $\theta_0$  esetén:

$$\begin{aligned} F_k &= mg \cos \theta + ml \dot{\theta}^2 = mg \cos \theta + ml \theta_0^2 \alpha^2 \sin^2 \alpha t = \\ &= mg \cos \theta + ml \theta_0^2 \alpha^2 (1 - \cos^2 \alpha t) = mg (\cos \theta + \theta_0^2 - \theta^2) \approx mg \left(1 + \theta_0^2 - \frac{3\theta^2}{2}\right), \end{aligned}$$

mert kis kitérések esetén a koszinusz-függvényt jól közelíti TAYLOR-sorának első két tagja, azaz

$$\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}.$$

**MAXWELL-démon** (fiz) elképzelt lény, amely képes a molekuláris mozgások követésére, adatainak mérésére és ezek alapján a molekulák rendezésére. Feltételezésével egy gondolat kísérletet hajthatunk végre. Ha két térrészt elválasztó, molekuláris méretű ajtóban állva a ~ képes az egyikbe az átlagosnál kisebb, a másikban az átlagosnál nagyobb sebességű molekulákat beterelni, akkor az első térrész lehűlne, a másik pedig felmelegedne. Ez ellentmondana a *termodinamika második főtételének* (lásd → [termodinamika főtételei](#)). A paradoxon feloldása abban van, hogy a valóságos testek esetén ilyen sebességmérés és osztályozás nem létezhet, mivel az erre szolgáló eszköz is atomokból, molekulákból áll, amelyekre ugyancsak érvényes a második főtétel.

Kitekintés: A ~ probléma tudományos interpretációja fontos szerepet játszott az információelmélet megalapozásában, és még a XXI. században is vernek hullámot az 1920-as években megkezdett viták.

SZILÁRD Leó mutatott rá először arra, hogy MAXWELL démonja, csak úgy tudja ellátni feladatát, ha előbb informálódik arról, melyik a gyors és melyik a lassú molekula. Ehhez mérést kell végeznie [1]. Viszont a mérés végrehajtása csökkenti a → [rendszer](#) → [entrópiáját](#). Léon BRILLOUIN [2, 3] volt az, aki a fenti jelenléteget általánosítva kimondta: minden mérés, kísérlet eredményeként nyert információ csökkenti a rendszer entrópiáját; ő nevezte el negentrópiának ezt az entrópiacsökkenést. Később BENNET [4] bebizonyította, hogy a ~ nem az információ átírására igényel → [energiát](#), hanem a felejtésre, illetve ha a ma divatos számítástechnika nyelvén fejezzük ki: a tároló törlésére, ugyanis ez az irreverzibilis folyamat.

Megjegyzés: James Clerk MAXWELL (1831. jún. 13, Edinburgh – 1879. november 5, Cambridge, UK), skót fizikus, matematikus.

Irodalom:

1. SZILÁRD Leó (1929) *Über die Entropievermind erungin einem thermodynamisch en System bei Eingriffen intelligenter Wesenn*, Z. für Physik, 53, 840-856; magyarul: Fiz. Szemle, 1979, 29, 58-64.
2. BRILLOUIN, L. (1954) *Scientific Uncertainty and Observation*, Academic Press, New York.
3. BRILLOUIN, L. (1956) *Science and Information Theory*, Acad. Press, New York.
4. BENNET, Ch. H. (1987) *Demons, Engines and the Second Law*, Sci. Am., 257, 5. 108-116. magyarul: Tudomány, 1987, 3, 1.

**MAXWELL egyenletek** (fiz) A ~et négy egyenlet alkotja, amelyeket James Clerk MAXWELL állított fel, hogy leírja mind az elektromos, mind a mágneses tér viselkedését. A négy egyenletet ki kell egészíteni 3 ún. anyagi egyenlettel, amely leírja kölcsönhatásukat az anyaggal, továbbá az elektromágneses tér energia-sűrűségével.

MAXWELL 1864-ben először írta fel a négy törvényt együtt, és észrevette, hogy az → [AMPÈRE-törvény](#) módosításra szorul; a változó elektromos mező az elektromos eltolás időbeli változása révén ( $\delta \mathbf{D}/\delta t$ ) ugyanúgy létrehoz mágneses teret, mint az áram.

Sorszám	Megnevezés	Differenciális alak	Integrális alak
I.	<a href="#">GAUSS-törvény</a>	$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$	$\oint_A \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = \sum Q = \sum_{i=1}^n Q_i + \int_L \lambda dx + \int_F \sigma \cdot d\mathbf{A} + \int_V \rho dV$
II.	<a href="#">FARADAY-LENZ-törvény</a>	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	$\varepsilon = \oint_g \mathbf{E} d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

III.	<a href="#">GAUSS mágneses törvénye</a>	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	$\oint_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$
IV.	<a href="#">AMPÈRE-törvény</a>	$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	$\oint_g \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \int_A \left( \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{A}$
V.	<a href="#">Elektromos indukció</a>	$\mathbf{D} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \mathbf{E}$	$\mathbf{D} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \mathbf{E}$
VI.	<a href="#">Mágneses indukció</a>	$\mathbf{B} = \mu_r \mu_0 \cdot \mathbf{H}$	$\mathbf{B} = \mu_r \mu_0 \cdot \mathbf{H}$
VII.	<a href="#">OHM-törvény</a>	$\mathbf{E} + \mathbf{E}^* = \rho \cdot \mathbf{J}$	$U + \varepsilon = R \cdot I$
VIII.	Energiasűrűség törvény	$w = \frac{1}{2}[\mathbf{E}\mathbf{D} + \mathbf{H}\mathbf{B}] = \frac{1}{2}[\epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E}^2 + \mu_r \mu_0 \mathbf{H}^2]$	

Megjegyzés: A VIII. MAXWELL-egyenlet az elektromágneses tér  $\rightarrow$  [energiasűrűségét](#) adja meg J/m<sup>3</sup>-ben.

### MAXWELL I. törvénye (fiz)

A GAUSS törvény integrális alakja:

$$\oint_A \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = \sum Q = \sum_{i=1}^n Q_i + \int_L \lambda dx + \int_F \sigma dA + \int_V \rho dV$$

Amennyiben feltételezzük, hogy az A zárt felület által határolt egybefüggő V  $\rightarrow$  [térfogat](#) homogén, (ha V-t elegendően kicsire választjuk, akkor ez teljesül), így nincsenek benne sem ponttöltések, sem vonal menti töltések, sem felületi töltések. Ekkor

$$\oint_A \mathbf{D} d\mathbf{A} = \int_V \rho dV$$

A GAUSS-OSZTROGRADSKIJ tételt alkalmazva eljutunk MAXWELL I. törvényének differenciális alakjához:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

vagy

$$\text{div } \mathbf{D} = \rho,$$

Ahol  $\nabla$  a nabla operator, a divergencia képzést jelöli (skaláris szorzás balról a nabla operátorral). Az egyenlet fizikai értelmezése: a villamos erővonalak töltéseken erednek és töltéseken végződnek.

$$\nabla \cdot \mathbf{D} \equiv \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{bmatrix} \cdot [D_x, D_y, D_z] = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}.$$

**MAXWELL II. törvénye** (fiz) Az  $\rightarrow$ [elektromágneses indukcióra](#) vonatkozó  $\rightarrow$ [FARADAY-törvény](#)ből tudjuk:

$$\varepsilon = \oint_g \mathbf{E} d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

A  $g$  görbe az  $A$  felület határoló görbéje, és körüljárási irányát  $\rightarrow$ [jobbkez-szabály](#) szerint kell megállapítani. A STOKES-tételt alkalmazva kapjuk a differenciális alakot, amelyből látszik, hogy az időben változó mágneses tér örvényes villamos teret kelt:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

**MAXWELL III. törvénye** (fiz) A mágneses tér forrásmentes, a  $\mathbf{B}$  mágneses erőteret szemléltető  $\rightarrow$ [erővonal](#)ak vagy zárt görbék, vagy a végtelenből indulnak, és a végtelenben végződnek.

$$\oint_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

Differenciális alakja:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

vagy másként felírva:

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$$

**MAXWELL IV. törvénye** (fiz) Az  $\rightarrow$ [AMPÉRE-törvény](#) integrális alakja:

$$\oint_g \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I + \int_A \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A}$$

James Clerk MAXWELL felismerte, hogy AMPÉRE törvénye nem teljes, ugyanis nem stacionárius áramok esetén a felületen áthaladó áram nem független a felülettől. Megoldásként bevezette az *eltolódási áram* fogalmát.

AMPÉRE törvényének MAXWELL által kiegészített alakja:

$$\oint_g \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \int_A \left( \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{A}$$

Az AMPÉRE–MAXWELL-törvény differenciális alakja:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

vagyis

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{J} + \delta \mathbf{D} / \delta t,$$

szavakkal: a mágneses térerősség *örvényei* az áramsűrűség és a villamos eltolás időbeli deriváltja.

**MAXWELL V. (anyagi) törvénye** (fiz) Az  $\rightarrow$ [elektromos indukció-vektor](#) (eltolási v. eltolódási vektor) definíciója:

$$\mathbf{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E}$$

ahol  $\epsilon_r$  skalár vagy tenzor.

**MAXWELL VI. (anyagi) törvénye** (fiz). A mágneses térerősség definíciójából kapjuk:

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$$

ahol

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

**MAXWELL VII. (anyagi) törvénye** (fiz) A  $\rightarrow$ [differenciális OHM törvény](#)  $\rightarrow$ [idegen tér-erősséggel](#) bővített alakja.

$$\mathbf{E} + \mathbf{E}^* = \rho \mathbf{J}$$

vagy

$$\mathbf{J} = \gamma(\mathbf{E}^* + \mathbf{E})$$

ahol  $\rho \rightarrow$ [fajlagos ellenállás](#),  $\gamma \rightarrow$ [fajlagos vezetőképesség](#).

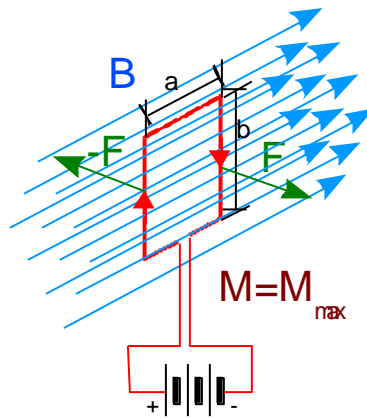
**mágnes** (fiz) A mágnességre vonatkozó első feljegyzett megfigyelés az ókori görögöktől származik, kb. 2500 évvel ez előttről. A *mágnesség* szó a görög „magnetis lithos” (μαγνήθις λίθος) kifejezésből ered, amely a Görögország északi részén található Magnesia környékén található vasoxidot (magnetit,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) tartalmazó ásvány neve. Ez a „természetes mágnes” hasonló ércdarabokra és vastárgyakra erőt gyakorol; továbbá, mágneses tulajdonsággal ruházta fel a hozzá érintett vasdarabot is. A természetes ~eket szokták állandó ~nek v. permanens ~nek is nevezni. Ugyanakkor a természetes ~eken túl lehet ún. ferromágneses anyagokból mágnesezéssel állandó ~eket készíteni (pl.  $\rightarrow$ [iránytű](#)). Ma úgy tudjuk, hogy a „mágneses töltések” nem válnak szét és nem is választhatók szét; a *mágneses tér forrásmentes*. Ennek legyszerűbb fizikai kísérlete az, ha egy  $\rightarrow$ [mágnes](#)rudat kettétörünk. Az így kettétört mágnesrúdból soha nem lesz külön csak „északi” és külön csak „déli” mágnességű rúd, a rúd-darab minden kettétörésnél továbbra is kétpólusú lesz. Mai ismereteink szerint tehát mágneses monopólusok nincsenek; a mágneses erővonalak mindig zártak. Az ellentett mágneses pólusok (É-D) vonzzák, az egyneműek (É-É, D-D) taszítják egymást.

Megjegyzés: lehetséges, hogy a Természetben mégis léteznek mágneses monopólusok, csak azok túl nagy tömege miatt ( $>10\text{TeV}/c^2$ ) eddigi gyorsítóinkkal még nem találtak rájuk. Talán a genfi LHC-vel ezeket is megtalálják. A hétköznapi életben nem találkoztunk mágneses egypólusokkal, de a „*mágneses töltés*” lehetőség már régóta megfogalmazódott az elméleti fizikusokban, és nem is csak az elektromos töltés analógiájára. Az elektrodinamika jelenségeit összefoglaló MAXWELL-egyenletek (amelyek aszimmetrikusak) *tökéletes szimmetriája* ugyanis helyreállna, ha mágneses egypólusok is léteznének.

A ~ek másik csoportja az  $\rightarrow$ [elektromágnesek](#), amelyek csak addig mutatnak mágneses tulajdonságot, amíg  $\rightarrow$ [áram](#) folyik bennük.

**mágneses dipólmomentum** (fiz) az elektronoknak a pályamozgásból és a saját impulzusmomentumából, mint elemi mágneseiből adódó momentumok összességét ~nak nevezzük.

**mágneses dipólus** (fiz) A homogén  $\rightarrow$ [mágneses erőter](#)be helyezett  $\rightarrow$ [áramvezető](#) hurokra ható  $\rightarrow$ [eredő erő](#) zérus, a  $\rightarrow$ [forgatónyomaték](#) zérustól különbözik. A jelenség hasonlít a homogén  $\rightarrow$ [elektromos erőter](#)be helyezett elektromos dipólus esetére. Tulajdonképpen az analógia közöttük olyan közeli, hogy az áramvezető hurkot ~nak tekintjük.



Ha  $I \rightarrow$  árammal átjárt áramvezető hurok  $a$  és  $b$  oldalú téglalapot alkot, akkor az  $\mathbf{m} \sim$  momentum definíciója:

$$\mathbf{m} = I \mathbf{a} \times \mathbf{b}$$

Ha  $\mathbf{A}$  felületű síkidomot  $N$  menetszámú tekercsel veszünk körül, és abba  $I$  áramot vezetünk, akkor a  $\rightarrow$  jobbkez-szabálynak megfelelően a  $\sim$  momentum:

$$\mathbf{m} = N \cdot I \cdot \mathbf{A}$$

Az árammal átjárt hurok úgy viselkedik, mint az  $\rightarrow$  iránytű, ezért megkülönböztethetők a pólusai.

**mágneses erőtér** (fiz) Lásd.:  $\rightarrow$  erőtér (3).

**mágneses fluxus** (fiz) (jele:  $\Phi_B$ , mértékegysége:  $1 \text{ Tm}^2 = 1 \text{ Nm/A} = 1 \text{ Vs}$ ) Az  $\rightarrow$  elektromos fluxus meghatározásával teljesen analóg módon definiáljuk a  $\Phi_B \sim t$ .

$$\Phi_B = \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

Ahol  $d\mathbf{A}$  egy irányított felületelem vektor; az integrálást a teljes  $A$  felületre kell elvégezni.  $A \sim$  SI mértékegysége az 1 tesla-méter<sup>2</sup> ( $\text{Tm}^2$ ), amelyet régebben 1 webernek is neveztek. Ezt az egységet Wilhelm E. WEBER (1804. okt. 24, Wittenberg -1894. jún. 23, Göttingen) német fizikus tiszteletére nevezték el. Weber a mágnesség elméletével és azzal kapcsolatos kísérletekkel foglalkozott. A *weber* egység régebbi, mint a *tesla*; az SI-ben nem engedélyezett. Korábbi mágneses fluxus mértékegység az 1 gauss (1 G; 10 G = 1 mT, vagyis 10 000 G = 1 T).

**mágneses fluxussűrűség** lásd.:  $\rightarrow$  mágneses indukcióvektor

**mágneses hiszterézis** lásd.:  $\rightarrow$  ferromágnes

**mágneses indukcióvektor** (fiz) (jele:  $\mathbf{B}$ , mértékegysége: 1 T) A mágneses indukció SI mértékegysége 1 (newton-secundum)/(coulomb-méter) = 1 tesla ( $1\text{Ns/Cm}=1\text{T}$ ). Ezt az egységet Nikola TESLA (1856. júl. 10, Smiljan – 1943. jan. 7, New York) szerb származású amerikai mérnök, fizikus, feltalálóról nevezték el, aki az elektromos energiatermelés és szállítás számos módszerét dolgozta ki.

Helyezzünk el egy vizsgált pontban egy tetszőleges  $q \rightarrow$  töltést. Ha a nyugalomban lévő töltésre  $\rightarrow$  erő hat, arra következtethetünk, hogy  $\rightarrow$  elektromos erőtér van jelen. Ha ezen kívül más erőt is tapasztalunk a töltés mozgásakor, akkor levonhatjuk azt a következtetést, hogy  $\rightarrow$  mágneses erőtér is jelen van. Ilyen kísérletek eredményeként a mágneses erőtérre vonatkozóan a következő tapasztalatokat rögzíthetjük:

- Az erő nagysága arányos a vizsgált, mozgatott töltés nagyságával.
- Az erőhatás iránya a mozgás irányára mindig merőleges.



- Ha a töltés adott irányba mozog, az erő a sebességgel arányos; adott sebességnagyság esetén azonban az erő a mozgás irányától függ. (Tehát a mágneses térnek vektortérnek kell lennie.).

A kísérleteken alapuló következő egyenlet a  $\mathbf{B}$  ~t (vagy másként a  $\rightarrow$ mágneses fluxussűrűséget) definiálja. A tér  $\mathbf{B}$  ~jú pontjában  $\mathbf{v}$  sebességgel haladó  $q$  töltésre ható  $\mathbf{F}$  erőt az alábbi összefüggés adja meg:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

A vektorok egymáshoz viszonyított irányát a  $\rightarrow$ jobbkez szabállyal állapíthatjuk meg.

**mágneses kvantumszám** (fiz) az elektron pályamozgásából adódó mágneses momentumra, ill. egy adott atompálya térbeli irányára jellemző érték. Jele:  $m$ . Értéke: -1-től +1-ig terjedő egész szám.

**mágneses permeabilitás** (fiz) A  $\mu$  ~t szorzatalakban írjuk fel.

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

A  $\mu_r$  relatív ~ az anyagra jellemző, dimenziótlan  $\rightarrow$ fizikai mennyiség, amely azt mutatja meg, hogy az adott anyag permeabilitása hányszorosa a vákuum permeabilitásának. Megkülönböztetünk para-, dia-, és ferromágneses anyagokat.

A  $\mu_0$  abszolút ~ a vákuum (és jó közelítéssel a levegő) permeabilitása:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

**mágneses tér energiája** (fiz) A öninduktivitás fogalmából tudjuk,

$$U = -\mathcal{E} = L \frac{dI}{dt}$$

A  $\rightarrow$ feszültségforrás  $\rightarrow$ teljesítményéből tudjuk,

$$P = UI = LI \frac{dI}{dt}$$

$$W = \int_0^T UI dt = L \int_0^T I \frac{dI}{dt} dt = L \int_0^{I_T} I dI = \frac{1}{2} LI^2$$

$\rightarrow$ szolenoid esetén:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \text{ és } B = \frac{\mu_0 NI}{l} \Rightarrow I = \frac{Bl}{\mu_0 N}$$

Azaz, ha a szolenoid belsejének  $\rightarrow$ térfogata  $V=Al$ , akkor ( $A$  a keresztmetszet,  $l$  a hossz).

$$W = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \left( \frac{Bl}{\mu_0 N} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} Al = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} V$$

Az előző képlet nem csak szolenoid esetén igaz, hanem minden  $\rightarrow$ homogén mágneses térre. Mivel minden inhomogén tér egy adott elemi  $dV$  térfogatra közelíthető homogén térrel, így általánosan is igaz, hogy a mágneses tér egységnyi térfogatra jutó ún. fajlagos energiája vákuumban (és jó közelítéssel levegőben):

$$w = \frac{dW}{dV} = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{1}{2} \mu_0 H^2$$

**mágneses térerősség vektor** (fiz) (jele:  $\mathbf{H}$ , mértékegysége: 1 A/m) A ~ definíciója:

$$\mathbf{H} = \mu^{-1}\mathbf{B}$$

ahol  $\mu$  a  $\rightarrow$ [mágneses erőtér](#)ben az anyag  $\rightarrow$ [mágneses permeabilitás](#)a.

**másodfajú perpetuum mobile** (fiz) olyan periodikusan működő gép, amelynek egyetlen hőtartálya van, s ennek lehűlése árán a leadott  $\rightarrow$ [energiát](#) teljes egészében  $\rightarrow$ [munká](#)vá alakítaná. A *termodinamika második főtétele* (lásd.  $\rightarrow$ [termodinamika főtételei](#)) értelmében ilyen erőgép nem létezhet.

**második kozmikus sebesség** (fiz)  $v_{II}$ .  $\rightarrow$ [szökési sebesség](#) a magányos bolygót végleg elhagyó űreszköz kezdeti sebessége.  $v_{II} = v_I \sqrt{2}$ , ahol  $v_I$  az  $\rightarrow$ [első kozmikus sebesség](#). A Földbolygóé:

$$v_I = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 9,8085 \cdot 6377400} = 11185 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \approx 11,2 \left[ \frac{\text{km}}{\text{s}} \right].$$

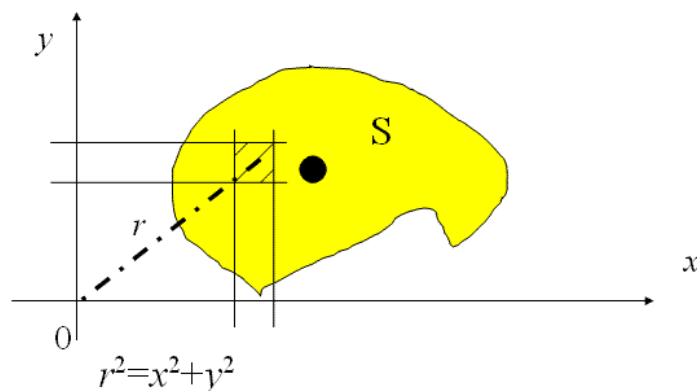
**másodperc** (fiz, mat) secundum v. szekundum <lat.>

(1). (fiz) időmértékegység; az  $\rightarrow$ [SI mértékegységrendszer](#) egyik  $\rightarrow$ [alapegysége](#), jele: s (korábban sec; hazánkban még használatos a mp is). A ~ az alapállapotú cézium-133 atom két meghatározott hiperfinom energiaszintje közötti átmenetnek megfelelő sugárzás 9 192 631 770  $\rightarrow$ [periódus](#)ának időtartama. Ezt úgy választották meg, hogy megegyezzen a Föld Nap körüli keringési idejének 1/31556925,9747-ed részével (ezt efemerisz időnek nevezik).

(2). (mat) ívmásodperc v. szögmásodperc az ívperc 1/60-ad része. Jele: ”. Egy teljes kör 360·60·60”=1 296 000” A ~(2) SI-egységben: 1”=π/648 000, ill. egy radián: 1 rad=206 265”.

**másodpercinga** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [fonálinga](#), amelynek a lengésideje 2 s, így a nyugalmi helyzetén való két egymás utáni áthaladás között eltelő idő éppen 1 másodperc. Hossza a  $\rightarrow$ [gravitációs gyorsulás](#) helyi értékétől függ; Budapesten 993,81 mm.

**másodrendű nyomaték** (fiz) (jele:  $I$ ) a  $\rightarrow$ [keresztmetszeti jellemzők](#) közül a ~ különösen fontos a tartószerkezetek  $\rightarrow$ [merevsége](#) szempontjából. A fizikában a ~ a  $\rightarrow$ [tehetetlenségi nyomatékkal](#) analóg mennyiség. Nem tömeg és távolságnégyzet szorzata, mert a tömeg helyét a felület foglalja el, éppen ezért a mértékegysége: 1 m<sup>4</sup>. Két fő fajtája van: a  $\rightarrow$ [poláris](#) ~ és a  $\rightarrow$ [tengelyes](#) ~.



Koordináta-tengelyre számított ~ok:

$$I_x = \int_A y^2 dA \quad I_y = \int_A x^2 dA$$

Az origóra számított, ún. poláris ~:

$$I_p = \int_A r^2 dA = \int_A (x^2 + y^2) dA = I_y + I_x$$

Példa: egy kör ~ait számítjuk ki a  $\rightarrow$ [súlypontj](#)án átmenő, egymásra merőleges három tengelyre. (A 3. tengely az  $xy$  síkra merőleges.)

$$\begin{aligned} I_p &= \int_A r^2 dA = \int_0^r r^2 \cdot 2r\pi dr = 2\pi \int_0^r r^3 dr = \\ &= 2\pi \left[ \frac{r^4}{4} \right]_0^r = \frac{r^4 \pi}{2} = \frac{d^4 \pi}{32} \approx 0,1d^4 \\ I_x &= I_y = \frac{I_p}{2} = \frac{d^4 \pi}{64} \approx 0,05d^4 \end{aligned}$$

Mekkora lenne  $I_x$ , ha a súlyponttól  $t$  távolságra lévő, de a vízszintes tengellyel párhuzamos egyenesre szeretnénk kiszámítani? (Felhasználjuk, hogy S-re az elsőrendű nyomaték zérus.)

$$\begin{aligned} I_x^* &= \int_A y^{*2} dA = \int_A (y \pm t)^2 dA = \int_A (y^2 \pm 2ty + t^2) dA = \\ &= \int_A y^2 dA \pm 2t \int_A y dA + t^2 \int_A dA = I_x + t^2 A \end{aligned}$$

A fenti összefüggés analóg a fizikából ismert  $\rightarrow$ [STEINER-tétel](#)lel. Egy tetszőleges tengelyre értelmezett  $\sim$  úgy is kiszámítható, hogy a súlypontra számítotthoz hozzáadjuk a tengely súlyponttól mért távolságnégyzetének és a területnek a szorzatát. Az

$$I_x^* = I_x + At^2$$

képletből látszik, hogy a súlypontra számított  $\sim$  a legkisebb, hiszen  $At^2$  mindig pozitív.

**mechanikai energia** (fiz, műsz) két fajtája a  $\rightarrow$ [mozgási](#) és a  $\rightarrow$ [helyzeti energia](#).

**mechanikai energia megmaradásának törvénye** (fiz) kimondja, hogy  $\rightarrow$ [konzervatív rendszerben](#) a  $\rightarrow$ [mozgási](#) és a  $\rightarrow$ [helyzeti energia](#) összege állandó. Ez annak a következménye, hogy a  $\rightarrow$ [konzervatív erők](#) által végzett  $\rightarrow$ [munka](#) a konzervatív rendszer  $U$  helyzeti energiájának rovására történik:

$$\Delta W = \sum \mathbf{F} \Delta \mathbf{r} = -\Delta U,$$

de a  $\rightarrow$ [munka-tétel](#) szerint a  $\rightarrow$ [mozgási energia](#) megváltozása:  $\Delta E_k = \Delta W$ . Tehát

$$\Delta E_k = -\Delta U$$

$$E_{k2} - E_{k1} = U_1 - U_2$$

$$E_{k2} + U_2 = E_{k1} + U_1 = \text{const.}$$

**mechanikai munka** (fiz, műsz) (jele:  $W$  mértékegysége: joule (J) = newton-méter (Nm) =  $\text{kgm}^2/\text{s}^2$ ) Erőhatással közölt  $\rightarrow$ [energia](#) mennyisége. Alapesetben, ha egy test állandó  $\mathbf{F}$   $\rightarrow$ [erő](#) hatására  $s$   $\rightarrow$ [elmozdulást](#) végez, akkor az  $\mathbf{F}$  erő által végzett  $W$   $\sim$  az erő elmozdulás irányába eső összetevőjének ( $F \cos \varphi$ ) és az elmozdulás nagyságának a szorzata:  $W = F \cdot \cos \varphi \cdot s$

Vektorosan a ~ skaláris szorzat eredménye:  $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$ . Ha a testre ható erő változik  $x$  koordináta függvényében, akkor az általa végzett  $\sim F(x)$  erőfüggvény  $[a, b]$  intervallumra vonatkozó határozott integráljával számítjuk:

$$W = \int_a^b F(x) dx$$

Ha az erő tetszőleges térgörbén annak  $P_a$  és  $P_b$  pontja között mozgó  $\rightarrow$  támadásponttal végezt, akkor az eredmény az erő vonalmenti integrálja:

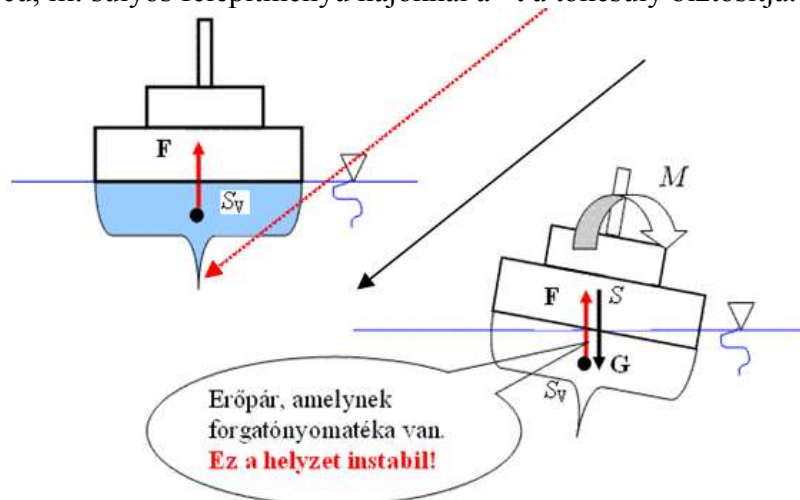
$$W = \int_{P_a}^{P_b} \mathbf{F} ds$$

**mechanikai rendszer** (fiz) egy  $\rightarrow$  referensnek (valóságos rendszernek) az a  $\rightarrow$  modellje, amelyben az objektumok makroszkopikus mozgását befolyásoló, ill. a mozgást megakadályozó kölcsönhatásokra és az ezek nyomán létrejövő jelenségekre szűkül érdeklődésünk. A ~ben előforduló nem mechanikai kölcsönhatásokra is csak a mechanika szempontjából tekintünk. Pl. a  $\rightarrow$  súrlódás során keletkező  $\rightarrow$  hő csak annyiban érdekes, hogy egyrészt energia távozik a ~ből, másrészt a hőmérsékletváltozás kihat a ~re ( $\rightarrow$  hőtágulás,  $\rightarrow$  melegszilárdság stb.).

**mechanikai stabilitás** (fiz, műsz) lehet szerkezeti v. mozgási. 1. Szerkezeti stabilitás akkor áll fenn, ha kis terhelésváltozás kis  $\rightarrow$  alakváltozással jár. Ha a szerkezet elveszti ~át, akkor ez a kedvező helyzet megszűnik (lásd  $\rightarrow$  kihajlás!). 2. A mozgási stabilitás akkor áll fenn, ha az objektum előírt mozgását, v. nyugvó állapotát kis erőhatások ellenére is megőrzi, ill. spontán módon helyreállítja. A mozgási stabilitás problémája a bolygók mozgásának tanulmányozásakor úgy vetődött föl, hogy vajon a bolygók  $\rightarrow$  pályája stabil-e, azaz a mozgásegyenleteknek van-e stabil megoldásuk? A linearizált mozgásegyenletek megoldásának stabilitását a mozgásegyenletek megoldása nélkül is meg tudta állapítani Edward John ROUTH (1831. jan. 20. 1907. jún. 7.) kanadai születésű angol matematikus 1877-ben. Az álló szerkezetek ~ának az a kritériuma, hogy a  $\rightarrow$  súlyerő  $\rightarrow$  hatásvonala ne kerüljön az alátámasztásnál kijebbire. Hajók ~ának az a feltétele, hogy a  $\rightarrow$  felhajtóerő  $S_V$   $\rightarrow$  támadáspontja legyen magasabban az  $S$   $\rightarrow$  súlypontnál. A magas árbocú, ill. súlyos felépítményű hajóknál a ~t a tökesúly biztosítja.



E. J. ROUTH



Forrás: <http://www.kfki.hu/physics/historia/localhost/egyen.php?nanev=routh&nev5=Routh,+Edward>

**mechanikus csillapító** (műsz) a működése során az  $\rightarrow$  energiát a  $\rightarrow$  rendszer számára vissza nem nyerhető formában átalakítja, azaz végső soron a környezetbe távozó  $\rightarrow$  hő formájában disszipálja. Idealizált esetben a tisztán viszkózus csillapítás esete áll fenn, és a csillapító  $\rightarrow$  erő

az  $\rightarrow$ [elem](#) két végpontja közötti sebességkülönbséggel arányos:  $F_b = b(v_1 - v_2)$ . Az arányossági tényezőt csillapítási tényezőnek nevezik.

**mechatronika** (ir, műsz): a műszaki fejlesztés új, korszerű irányzata, amelyet a mikroelektronika és az informatika fejlődése tett lehetővé. Lényege, hogy a  $\sim$  számos működési folyamatot számítógépes (mikroprocesszorral, v. ipari számítógéppel megvalósított), mesterséges intelligenciára alapított módszerekkel hatásosabbá és megbízhatóbbá tesz. A mikroelektronikai technológia rohamos fejlődése lehetővé teszi, hogy a fentieket végrehajtó áramköröket - kis méretei révén - a tervezett egységbe, v. ráépítve, azt egyetlen mechatronikai elemmé integrálva alkalmazzuk. Az ilyen integrált rendszer nagyobb hatékonyságú, mint a részek egyszerű egymás mellé építéséből létrejövő.

Az alábbiakban bemutatunk néhány meghatározást a  $\sim$  fogalmára:

- A precíziós gépészetnek, az elektrotechnikának és az intelligens számítógépes irányításnak egymást erősítő integrációja gyártmányok és folyamatok létrehozására. (Az EU – Európai Unió – Szakbizottságában elfogadott definíció).
- Olyan gyártmányok és rendszerek tervezése és kivitelezése, amelyek a mechanikus funkciókat és az integrált algoritmikus szabályozást együtt tartalmazzák.
- A  $\sim$  az intelligens gépek tervezésének módszere.
- Mechanikus, elektromos (elektronikus), informatikai és egyéb (pl. optikai, akusztikus stb.) részrendszerek funkcionális szintézisének módszere a  $\sim$ .

**megjelenítés** (tud, műsz) rendszerjelenség<sup>6</sup>, amellyel megvalósul a  $\rightarrow$ [referens](#) céltudatosan leegyszerűsített ábrázolása. Ez megőrzi a referens kiválasztott jellemzőit, figyelmen kívül hagyva azon sajátosságait, amelyek az adott cél szempontjából másodlagosak v. elhanyagolhatók.

**megoszló terhelés** (fiz, műsz) Amennyiben a kölcsönhatásban résztvevő testek érintkezési felületének egyik mérete a másikhoz viszonyítva elhanyagolható, vonalmenti érintkezéstről beszélünk, és az átdadó  $\rightarrow$ [erőt](#) vonal mentén megoszló  $\rightarrow$ [erőrendszer](#)nek nevezzük. Jellemzése  $\rightarrow$ [intenzitás](#)ával történik, amelyet a hatóerő hossz szerinti deriváltjával határozzunk meg. Jele: **q**, mértékegysége: 1 N/m. A  $\sim$  a hossz mentén lehet állandó v. változó. Ha a két test érintkezése egy mindkét dimenzióban kiterjedt felületen történik, felületen megoszló erőrendszerrel, ill.  $\rightarrow$ [nyomás](#)ról van szó. Jellemzése intenzitásával történik, amelyet a hatóerő felület szerinti deriváltjával határozzunk meg. Jele: **p**, mértékegysége: 1 Pa. Amikor a testre egy  $\rightarrow$ [erőtér](#) közvetítésével hat a környezete, akkor  $\rightarrow$ [térfogat](#)ban megoszló erőrendszerrel beszélünk, amelyet a  $\rightarrow$ [térfogati erő](#) térfogati sűrűségével jellemzünk. (Pl.  $\rightarrow$ [gravitációs mező](#)ben ez a  $\rightarrow$ [sűrűség](#) és a  $\rightarrow$ [gravitációs gyorsulás](#) szorzata:  $\rho g$ . Jele: **f**, mértékegysége: 1 N/m<sup>3</sup>).

**melegszilárdság** (fiz, műsz) a szerkezeti anyagok szilárdsági szempontból eltérően viselkednek, ha  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#)ük jelentősen eltér a szobahőmérséklettől. Pl. lágyacél  $\rightarrow$ [szakítódiagram](#)ját különböző hőmérsékleteken mérve megállapítható, hogy 300 °C-on a  $\rightarrow$ [szakítószilárdság](#) nagyobb, de a próbatest megnyúlása kisebb, tehát 200-300 °C tartományban ridegebbnek mutatkozik. E tartomány felett azonban a szakítószilárdság és a  $\rightarrow$ [folyáshatár](#) rohamosan csökken. 400-500 °C tartományban már nincs is határozott folyáshatár, ezért a 2‰ maradó nyúláshoz tartozó  $\rightarrow$ [feszültséget](#) tekintik annak. A szilárdság csökkenését a megnyúlás jelentős növekedése kíséri. E jelenségeket tekintjük  $\sim$ nak.

---

<sup>6</sup> Szokták a  $\sim$  eredményét is megjelenítésnek vagy  $\rightarrow$ [reprezentációnak](#) nevezni. Ez hasonló ahhoz, ahogy az alkalmazás szót használják az informatikusok. A köznyelvben az alkalmazás egy tevékenységet jelöl, de egy felhasználói programot is lehet így nevezni.

**mellékkvantumszám** (fiz) az elektron mag körüli mozgásából származó impulzusmomentumának, ill. az elektron atompálya térbeli alakját jellemző érték. Jele:  $l$ . Meghatározza az elektron atompályájának kistengelyét. Értéke: 0, 1, 2, ..., n-1.

**M-elmélet** (membrán-elmélet v. más elnevezéssel mother, ill, master-elmélet) (fiz) Az M-elmélet az ötféle – egymással versengő –  $\rightarrow$  [szuperhúrelmélet](#) és a [szupergravitáció](#) egyesítése. A fizikusok egy része szerint az  $\sim$  nagyon ígéretes jelölt a  $\rightarrow$  [Minden Dolgok Elméletére](#) (TOE), amely magába foglalná mind a négy  $\rightarrow$  [alapvető kölcsönhatást](#) ([gravitáció](#), [elektromágnesség](#),  $\rightarrow$  [gyenge](#) és  $\rightarrow$  [erős](#)) egyetlen elméletben. Egy ilyen elmélet megteremténé a kapcsolatot a [kvantummechanika](#) és az  $\rightarrow$  [általános relativitáselmélet](#) között. Az  $\sim$  11 dimenziós, és a [szuperhúr-elméletek](#) továbbfejlesztett változata, amelyben az öt, egymással konkuráló húrelméletet – Edward WITTEN javaslatára (1994) – egyetlen elméletté olvasztották össze. A húrelmélet még távol van attól, hogy Világegyetemünk kísérletileg igazolható modellje legyen.

Megjegyzés: Edward WITTEN (1951. aug. 26, Baltimore - ), amerikai elméleti fizikus, matematikus,

**menetellenállás** (közl) a gépjármű haladását akadályozó  $\rightarrow$  [eredő erő](#), amely a  $\rightarrow$  [gördülő-ellenállás](#)ból és a  $\rightarrow$  [közegellenállás](#)ból tevődik össze. Pl. 100 km/h-ás haladási  $\rightarrow$  [sebesség](#)nél az utóbbi teszi ki a  $\sim$  kb. 90%-át.

**merevség** (fiz, műsz) az  $\rightarrow$  [igénybevétel](#) és a  $\rightarrow$  [deformáció](#) hányadosa, amely függ az igénybevétel fajtájától. 1. pl.: egy rúd tiszta  $\rightarrow$  [húzás](#)ánál az igénybevétel az  $F \rightarrow$  [húzóerő](#), a deformáció pedig a  $\Delta l$  nyúlás, ezért a húzó $\sim$ :

$$\frac{F}{\Delta l} = \frac{AE}{l_0},$$

ahol  $A$  a keresztmetszet területe,  
 $E$  a rugalmassági modulus és  
 $l_0$  a rúd terheletlen hossza.

2. pl.: tiszta  $\rightarrow$  [hajlítás](#)nál az igénybevétel az  $M_h \rightarrow$  [hajlító nyomaték](#), a deformáció pedig a  $g$  görbület, ezért a hajlító $\sim$ :

$$\frac{M_h}{g} = \frac{M_h \sqrt{(1+y'^2)^3}}{y''} \approx \frac{M_h}{y''} = EI_z,$$

ahol  $I_z$  a keresztmetszet  $z$  tengelyre számított  $\rightarrow$  [másodrendű nyomatéka](#).

3. pl.: tiszta  $\rightarrow$  [csavarás](#)nál az igénybevétel az  $M_t \rightarrow$  [csavaró nyomaték](#), a deformáció pedig a  $\Delta\varphi$  szögelfordulás, ezért a csavaró $\sim$ :

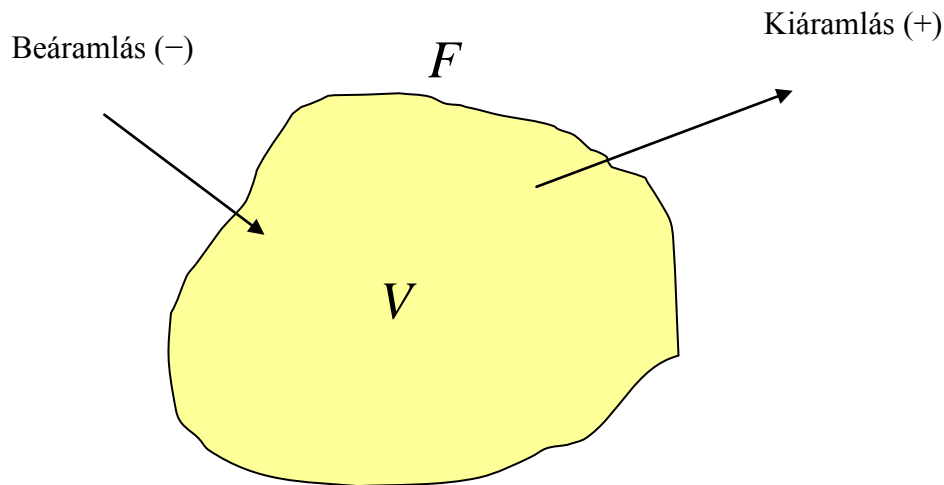
$$\frac{M_t}{\Delta\varphi} = \frac{GI_p}{l},$$

ahol  $G$  a  $\rightarrow$  [csúsztató rugalmassági modulus](#),  
 $I_p$  a rúd keresztmetszetének  $\rightarrow$  [poláris másodrendű nyomatéka](#) és  
 $l$  a rúd hossza.

**merev test** (fiz) két tetszőleges pontja közti távolság bármekkora erőhatásra sem változik meg. A  $\sim$  olyan speciális, absztrahált  $\rightarrow$  [pontrendszer](#), amelynek pontjai egymáshoz képest nem mozdul(hat)nak el.

**Merkúr-bolygó perihélium mozgása** (fiz, csill) azt jelenti, hogy maga az ellipszispálya időben elmozdul, a Nap, mint fókuszpont körül. A klasszikus fizika ezt nem tudja értelmezni; az  $\rightarrow$  [általános relativitáselmélet](#)ből adódó számolás megegyezik a kísérleti eredményekkel.

**mérlegegyenlet** (fiz) az  $\rightarrow$ [extenzív mennyiségek](#) áramlását leíró egyenlet. Az áramlás kétféle lehet: konvektív (szállítási) és konduktív (vezetési) áram.



Valamely  $x$  extenzív mennyiség  $\sim$ e képletben:

$$\frac{dx}{dt} = Q(V) - \bar{I}(F) - I(F),$$

ahol  $\frac{dx}{dt}$  az extenzív mennyiség időegység alatti változása,

$Q(V)$  az extenzív mennyiség  $\rightarrow$ [térfogaton](#) belüli forrásainak eredője,

$\bar{I}(F)$  az extenzív felületen átáramló mennyiségének eredő árama és

$I(F)$  az extenzív felületen vezetéssel áthaladó mennyiségének eredő árama.

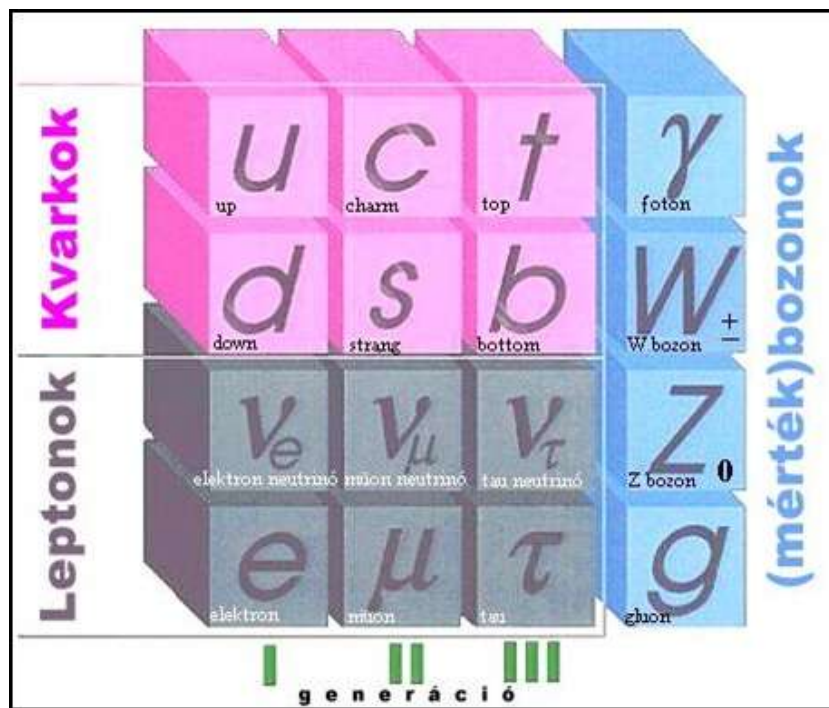
**mérnöki nyúlás** (fiz) az a relatív nyúlás, amelyet az eredeti hosszra vonatkoztatnak. Jele:  $\varepsilon$ .  
Definiáló képlete:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0},$$

ahol  $\Delta l$  az erőhatás nyomán létrejött megnyúlás, azaz hosszváltozás és  
 $l_0$  az erőhatás előtti, azaz kiindulási hossz.

**mérőszám** (fiz) valamely mennyiségi ismérv (ismertető jel) számadata. A fizikában pl. a  $\rightarrow$ [nehézségi gyorsulás](#) (normál értéke), mint az egyik mennyiségi ismérve:  $g=9,80665 \text{ m/s}^2$ , amelynek  $\sim$ a: 9,80665. Ugyanannak a fizikai mennyiségnek több  $\sim$ a is lehet, ha a mértékegységük más, pl. a  $\rightarrow$ [légnnyomás](#) mennyiségi ismérv egymással megegyező fizikai adata (vagyis az ismérv egy aktuális értéke) lehet  $p_0=760 \text{ Hgmm}$  v.  $p_0=1013,6 \text{ hPa}$ .

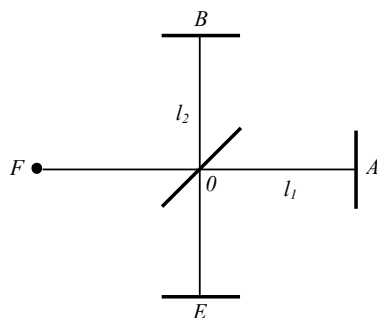
**mértékbozonok** (fiz) Négyféle ún. mértékbozon van, mindegyik egy-egy alapvető kölcsönhatásért felel. Lásd.  $\rightarrow$ [bozonok](#). A  $\rightarrow$ [Standard Modell](#)ben a  $\sim$  helyét az anyagi részecskék mellett az alábbi ábra szemlélteti.



**mértékegységrendszer** (fiz, tud) a → fizikai mennyiségek egységeinek összefüggő → rendszere. Lásd még → alapegység! A legfontosabb mechanikai ~ek a → CGS-rendszer, az → MKS-rendszer, és a korábban elterjedt, de ma már nem szabványos technikai v. m-kp-s ~. Magyarországon 1976-ban minisztertanácsi rendelet írta elő az SI-rendszer használatát, és 1980. jan. 1-től más mértékegység-rendszerek használatát megtiltotta. Megjegyzendő, hogy ennek ellenére még mindig találkozhatunk az atm, ata, lóerő (LE), kgsúly [kgs], kilopond [kp], kalória [cal], gauss, kataszteri hold, négyszögöl, hektár [ha], mázsa [q] egységekkel, továbbá az SI-n kívüli, de speciális területeken továbbra is engedélyezett v. használatos mértékegységekkel (pl.: fényév [ly], parszek [pc], angström [Å], fermi [fm], Hgmm, liter, tonna, karát, perc, óra, nap, hét, hónap, év, hektár, tengeri mérföld, bar, elektronvolt [eV], Curie [Ci], rad, röntgen [R], decibell [dB], Celsius-fok [°C], bit, byte stb.).

**méter** (fiz) BAY Zoltán (Gyulavári, 1900. július 24. – Washington, 1992. október 4.) magyar fizikus, akadémikus 1965-ben javasolta, hogy a távolságegységet, a ~t alapozzuk a pontosabban mérhető időegységre és a → fénysebességre. Szakirodalmi kutatásokat végzett a fénysebesség állandóságával kapcsolatban. 1983-ban a Súlyok és Mértékegységek Nemzetközi Konferenciája Párizsban tartott 17. ülésén elfogadták az egységes rendszert és definiálták, hogy a ~ fény által a vákuumban a → másodperc  $1 / 299\,792\,458$ -od része alatt megtett út hossza.

**MICHELSON–MORLEY kísérlet** (fiz) berendezése:



$F$  = fényforrás

$O$  = félig - áteresztő tükör

$A$  } teljesen visszaverő tükör  
 $B$  }

$E$  = ernyő

$\overline{OA} = l_1$

$\overline{OB} = l_2$

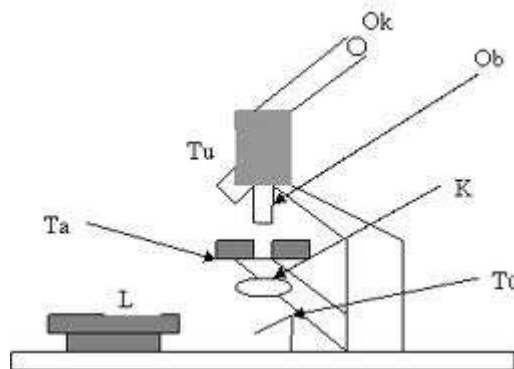


A ~et 1887-ben végezte el Albert Abraham MICHELSON (1852. dec. 19. – 1931. máj. 9.) és Edward Williams MORLEY (1838. jan. 29. – 1923. febr. 24.) amerikai fizikus, a mai Case Western Reserve University-n. A ~ első fázisában a Föld mozgási irányába állt az FOA-kar. Majd a berendezés  $90^\circ$ -os elfordításával a Föld mozgási irányába állt az OB-kar. A két úton végzett kísérlet eredményeként az *E* ernyőn →[interferencia](#) csík-eltolódást kellett volna kapniuk, de a hibahatáron belülit kaptak, tehát a ~ eredménye: nincs interferencia csík-eltolódás. A ~ „negatív eredménye” értelmezhető, mint az EINSTEIN-féle →[fénysebesség](#) állandósága elv kísérleti alátámasztása.

- A ~ből nem következik logikai szükségszerűséggel a fénysebesség állandósága;
  - a kísérlet eredményének van az EINSTEINétől eltérő értelmezése is.
  - Ha a ~ből következne a fénysebesség állandósága, akkor az nem lenne axióma!
- (Lásd még →[a MICHELSON–MORLEY kísérlet értelmezései](#))

**mikroszkopikus** ~ objektum, ~ →[rendszer](#), ~ folyamat Az emberi érzékszervekkel nem észlelhető és nyomon nem követhető objektum, rendszer v. folyamat.

**mikroszkóp** (fiz) a ~ olyan [optikai](#) eszköz, amely egy v. több (akár egy tucat) →[optikai lencsét](#) tartalmaz; ezek segítségével nagyított képet állít elő. A ~ csaknem 400 éves múltra tekint vissza; az elsőt Hollandiában készítették 1590 és 1608 között. A fénymikroszkópon kívül sok más ~fajta létezik. Az optikai mikroszkóp használatának az úgynevezett diffrakciós korlát szab határt. Amennyiben két pont közelebb van egymáshoz, mint a fény →[hullámhossz](#)ának a fele, akkor ezek egynek látszanak. Az *elektronmikroszkóp* az optikai v. [fénymikroszkóppal](#) ellentétben *elektronsugárral* világítja meg a megfigyelendő tárgyat. Ennek hullámhossza lényegesen kisebb, mint a látható fényé, így *felbontása* nagyobb. A [transzmissziós elektronmikroszkóp](#) (TEM) a tárgy megfigyelését elektronsugárral való *átvilágításban* végzi, a [pásztázó elektronmikroszkóp](#) (SEM), a visszavert →[elektronok](#) segítségével állít elő képet a tárgy felületéről. Még nagyobb felbontású az ún. „közeli tér pásztázó alagútmikroszkóp”.



**MKS-rendszer** (fiz, tud) 1948-ban elfogadott nemzetközi →[mértékegységrendszer](#), amelynek →[alapegységei](#) a →[méter](#), a →[kilogramm](#) és a →[másodperc](#), ebben a sorrendben a [távolság](#), a →[tömeg](#) és az [idő](#) egységei, ill. a bővített (MKSA-) rendszerben az →[amper](#), az →[áramerősség](#). A →[hőmérséklet](#) egységével, a →[kelvinnel](#), az anyagmennyiség egységével, a [móllal](#) és a →[fényerősség](#) egységével, a [kandelával](#) kiegészítve jött létre az →[SI mértékegységrendszer](#). Szokás a kibővített SI-egységekhez sorolni a *síkszög* →[rad](#) és a *térszög* →[sterad](#) egységeket is. A jelenlegi SI-mértékegység-rendszert a 11. [Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia](#) fogadta el 1960-ban.

**modell** (tud) minden reális →[rendszer](#) végtelenül bonyolult, mert végtelenül sok részre bontható, és →[elem](#)einek végtelen sok jellemzője és kölcsönkapcsolata lehet. A reális rendszerekkel kapcsolatban felvetődő problémák megoldása csak úgy lehetséges, ha az igényeinket célszerű

módon redukáljuk. Egyszerűsítést tesz lehetővé, ha nem akarunk mindent megtudni a rendszer-ről, vagy ha pontossági igényünket a még elfogadható mértékre csökkentjük. Ha az így módosított feladat megoldása még megfelelő a rendszerelemzés céljából, akkor már lehetőségünk van egy olyan ~ megalkotására, amely véges rendszer<sup>7</sup>. A ~tól elvárjuk, hogy a reális rendszer lényeges tulajdonságait tükrözze, és a vele kapcsolatos feladat megoldása is gazdaságos, tehát elfogadható idő alatt és elviselhető erőforrást lekötve jutunk hozzá. A fentiek alapján a ~alkotásnak két fontos mozzanata van:

- **szeparáció**, vagyis a reális rendszer körülhatárolása, hogy tudjuk, mi tartozik a ~hez, és mi minden alkotja a környezetét;
- **szelekción**, vagyis a reális rendszer lényeges tulajdonságainak kiválasztása, és a vizsgálati cél szempontjából lényegtelenek elhagyása.

A fentiek értelmében a praktikus ~ definíciója: valamely →[referens](#) →[megjelenítés](#)e véges és formális (kötött alakú) rendszer segítségével.

#### Megjegyzések:

- A ~ fogalma a megjelenítés fogalmára épül, így "öröklí" annak alapvető jellemzőit, amelyek:
  - a célszerűség,
  - a specifikus referenshez való kapcsolódás,
  - az egyszerűsítés és a kiválasztott jellemzők meghatározása.
- A modell itt használt fogalma a megjelenítéstől formájában tér el:
  - kötött alakú rendszer: matematikai vagy logikai struktúra, amely a referens választott jellemzőit és azok kapcsolatait, pl. egyenletrendszer, gráf, műszaki rajz, kapcsolási rajz, számítógépes program vagy egyéb formális szabályokkal (szintaxissal) rendelkező rendszer révén ábrázolja, elősegítve a rendszertulajdonság (szemantika) meghatározását és a modell vizsgálatát formális következtetési rendszer segítségével, így biztosítva a módszertan megbízhatóságát;
  - véges rendszer, biztosítva a bonyolultságból adódó nehézségek leküzdését.

☞ Minden ~ megjelenítés eredménye, vagyis egy →[reprezentáció](#), de nem minden reprezentáció elégti ki a ~ kritériumait.

Pl. egy repülőgép 1:72 méretarányú makettje is egy reprezentáció, de a makett nem működik. A repülőgép megépített ~je, vagy →[szimulációs program](#)ja működik is. Ez utóbbiak szintén egy-egy megjelenítés eredményei, de tekintettel vannak a referens működéséhez szükséges tulajdonságokra is (konkrétan →[aerodinamikai](#) és →[szilárdságtani](#) törvények jelentik a rendszertulajdonság kialakulását meghatározó szemantikai szabályokat).

A ~eknek különböző fajtái vannak. A ~ funkciója, ill. megjelenési formája szerint lehet fizikai ~ (speciálisan →[homológ](#) ~ v. →[analóg](#) ~) v. matematikai ~ (speciálisan szekunder homológ ~ v. szekunder analóg ~). A modellezés általában nem közvetlenül, hanem matematikai ~en keresztül történik. Ezek másodlagos (szekunder) leképzések. A matematikai ~ számítógépes megoldása analóg számítógéppel sem vezet fizikai ~hez, mert már csak az egyenletekben szereplő műveleteket végző blokkokat kapcsoljuk össze a programozáskor, amelyeknek nincs közvetlen kapcsolatuk a referensben lejátszódó folyamatokkal. A matematikai ~ digitális számítógéppel való megoldása (digitális →[szimuláció](#)) során a működési elvbéli különbség nyilvánvaló.

A struktúra szempontjából megkülönböztetik a **szerkezeti** és az ún. **fekete doboz** ~t.

#### Megjegyzések:

- A **fekete doboz** ~ **független**, és ez azt jelenti, hogy a rendszer egészét önállóan, annak szerkezeti ~jére való hivatkozás nélkül határozza meg.

---

<sup>7</sup> Ide soroljuk a kötött formájú, elosztott paraméterű rendszer~eket is, annak ellenére, hogy kontinuumok leírását is lehetővé teszik.

- A **szerkezeti ~**, **függő**, mert csak akkor kielégítő, ha lehetővé teszi a **referens**nek, mint egységnek a megjelenítését **fekete doboz ~** formájában.
- A **szerkezeti ~**-nek olyan módon kell meghatározni az alkotóelemeket (kis fekete dobozokat) és az elemek közötti kapcsolatokat, hogy azokból a **referens fekete doboz ~**-je levezethető legyen.

A referens viselkedését leíró ~ matematikai jellege szerint az alábbi ellentétpárok közül egyet választva, további osztályozásra nyílik lehetőség:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| - statikus               | dinamikus;                                       |
| - koncentrált paraméterű | elosztott paraméterű;                            |
| - lineáris               | nemlineáris;                                     |
| - folytonos              | nem folytonos (diszkrét v. mintavételezésű) ill. |
| - determinisztikus       | sztochasztikus ~ek lehetnek.                     |

**modulátor** (műsz) olyan háromkapu, amelynek esetében a megszokott bemeneti és kimeneti kapukon kívül van egy harmadik, ún. moduláló bemenet is. A bemenő- és kimenőjelek közötti különbséget a modulátor kapura tett jel segítségével változtatják. A modulátor lehet analóg és digitális. Ha a kimenőjel analóg, akkor a moduláló jel segítségével az amplitúdóját, frekvenciáját v. fázisát lehet változtatni. Digitális kimenet esetében az impulzusok hosszát (ún. kitöltését), amplitúdóját (ASK), fázisát (PSK) v. frekvenciáját (FSK) szokásos változtatni.

**moláris párolgáshő** (fiz) az a  $\rightarrow$ **hőmennyiség**, amelyet adott mennyiségű folyadékkal állandó  $\rightarrow$ **hőmérséklet**en közölni kell, hogy azonos hőmérsékletű gőzzé alakuljon át. Egy mol folyadékra vonatkoztatva a párolgáshőt, a  $\sim$ -t kapjuk. A  $\sim$  a párolgáskor bekövetkező energiaváltozásnak és az anyagmennyiségnek a hányadosa. Jele:  $\Delta H_p$ , mértékegysége: J/mol.

**molhő** (fiz) az egy molnyi anyag  $\rightarrow$ **hőkapacitása**.  $\rightarrow$ **Ideális gázok** esetén az állandó  $\rightarrow$ **térfogaton** vett molhő  $c_v = \frac{f \mathfrak{R}}{2}$ , ahol  $f$  az atom/molekula  $\rightarrow$ **szabadsági foka**,  $\mathfrak{R}$  az  $\rightarrow$ **egyetemes gázállandó**. Az ideális gázok állandó nyomáson vett molhője  $c_p = \frac{(f+2)\mathfrak{R}}{2}$ .

Így pl. atomos gázok esetén, mivel  $f = 3$ , ezért  $c_v = \frac{3\mathfrak{R}}{2}$ , valamint  $c_p = \frac{5\mathfrak{R}}{2}$ . Kéttomos gázokra  $f = 5$ , így  $c_v = \frac{5\mathfrak{R}}{2}$ , valamint  $c_p = \frac{7\mathfrak{R}}{2}$ . Szilárd anyagokra  $f = 6$ , ezért  $c_v = 3\mathfrak{R}$ . Ez az ún. DULONG-PETIT-szabály, amely igen fontos kémiai alaptörvény. E szerint az elemek atomhője - bizonyos hőmérséki határok között - közelítőleg állandó. Atomhő alatt az atom-súly és a fajhő szorzatát értjük.

Megjegyzés: Pierre Louis DULONG (1785. febr. 12, Rouen – 1838. júl. 19, Párizs), francia fizikus, kémikus.  
Alexis Thérèse PETIT (1791. okt. 2, Vesoul, Haute-Saône - 1820. jún. 21, Párizs), francia fizikus.

**monokromatikus hullám** (fiz) egyetlen  $\rightarrow$ **hullámhosszal**, ill.  $\rightarrow$ **frekvenciával** jellemezhető **hullám**

**MOSELEY-diagram** (fiz) amikor egy elektron magasabb energiaszintről a legbelső ( $K$ ) héjra ugrik,  $\rightarrow$ **foton**t sugároz ki. A foton frekvenciájának négyzetgyökét a rendszám függvényében ábrázolt egyenest MOSELEY-diagramnak nevezzük.

Megjegyzés: Henry Gwyn-Jeffreys MOSELEY (1887. nov. 23, Weymouth – 1915. aug. 10, Gallipoli) angol fizikus.

**mozgási energia** (fiz)(jele:  $E_m$  v.  $K$ , mértékegysége:  $J$ ) Az  $\rightarrow$ **energiának** ez a formája a test mozgása következtében alakul ki. Meghatározása az alábbi összefüggés alapján történik:

$$E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2,$$

ahol  $m$  – a test  $\rightarrow$  tömege és  
 $v$  – a test  $\rightarrow$  sebessége.

$A \sim$  a sebesség irányától függetlenül mindig pozitív értékű skalármennyiség.

**mozgási indukció** (fiz)  $\sim$ ről akkor beszélünk, ha  $\rightarrow$  vezető mozog mágneses térben, mert akkor a szabadon mozgó  $\rightarrow$  töltéseire  $\rightarrow$  LORENTZ-erő hat.

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

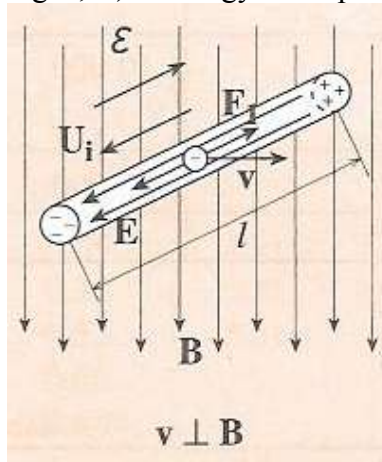
A szabad töltések úgy mozognak a vezetőben, hogy az elmozdulásukkal keletkező elektromos tér a LORENTZ-erővel egyenlő nagyságú és ellentétes irányú  $\rightarrow$  erőt fejtsen ki a töltésekre, így az  $\rightarrow$  eredő erő zérus lesz.

$$q(\mathbf{v} \times \mathbf{B} - \mathbf{E}) = 0, \text{ azaz } \mathbf{E} = \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Ha a vezető  $l$  hosszúságú, akkor a benne indukálódó  $\rightarrow$  feszültség integrálással kapható:

$$\varepsilon = \int_l \mathbf{E} d\mathbf{l} = \int_l \mathbf{v} \times \mathbf{B} d\mathbf{l}$$

Ideális esetben  $l$  egyenes,  $\mathbf{B}$  homogén,  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{v}$  és  $l$  egymásra páronként merőlegesek.



Ekkor felírhatjuk, hogy

$$\varepsilon = Blv$$

**mozgási mérőszám** (fiz) az objektumhoz képest mozgó rendszerből mért adat. Tehát a „nyugalmi” és „mozgási” jelző nem a test mozgási állapotára vonatkozik, hanem arra, hogy a mérendő objektum és a  $\rightarrow$  koordinátarendszer, amelyből a mérés történik, egymáshoz képest milyen mozgási állapotban van.

**mozgásmennyiség** (fiz)  $v$ .  $\rightarrow$  impulzus

**mozgó töltésre ható erő** (fiz) lásd:  $\rightarrow$  LORENTZ-erő.

**mozgó töltés tere** (fiz) a  $\rightarrow$  BIOT-SAVART-törvény differenciális alakja

$$d\mathbf{B} = \left( \frac{\mu_0}{4\pi} \right) \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^2 |\mathbf{r}|}$$

Átalakítva:

$$d\mathbf{B} = \left( \frac{\mu_0}{4\pi} \right) \frac{dq}{dt} \frac{d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^2 |\mathbf{r}|} = \left( \frac{\mu_0}{4\pi} \right) \frac{dq}{dt} \frac{d\mathbf{l}}{dt} \times \frac{\mathbf{r}}{r^2 |\mathbf{r}|} = \left( \frac{\mu_0}{4\pi} \right) \frac{dq \mathbf{v} \times \mathbf{r}}{r^2 |\mathbf{r}|}$$

**multiverzum** (fiz, kozmológia) a ~ elképzelés szerint az Univerzumok végtelen sokasága létezik, amelyekben eltérő fizikai törvények érvényesek. Ennek értelmében a mi Világegyetemünket létrehozó → Ősrobbanás csak egyike annak a végtelen sok, hasonló eseménynek, amelyek "univerzumok" sokaságát generálják. A modern kozmológiai modellek tehát arra utalnak, hogy eltérő tulajdonságú kozmikus tartományok sokasága létezik (pl. buborék-univerzumok, bébi-univerzumok). Paul DAVIES szerint a ~ elmélet több, mint hipotézis, bár sok ellentmondást tartalmaz, és sem verifikálni, sem falszifikálni nem tudjuk.

Megjegyzés: Paul Charles William DAVIES (1946. ápr. 22, London - ), angol fizikus, kozmológus, asztrobiológus.

**munka** (fiz, műsz) (jele:  $W$  mértékegysége: 1 J joule ) a → mechanikai munkát általánosítva egyéb kölcsönhatásokra, jutunk el a ~ fogalmához. A ~ jellemző → extenzív és → intenzív mennyiségek szorzata (lásd elemi ~k összegét).

**munka-tétel** (fiz) Egy adott  $m$  → tömegű testre ható → erők eredője által a testen végzett → munka a test → mozgási energiáját növeli.

$$m \cdot a \cdot (x - x_0) = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 \quad \text{illetve ugyanez tömörebb formában:}$$

$\Delta W = \Delta E_m$ , ahol  $\Delta E_m$  – a mozgási energia megváltozása.

**nagyfeszültség** (fiz) ~nek tekintjük azt a → potenciálkülönbséget, amely felnőtt emberben → erősáramot tud létrehozni. Mivel 42 V (vagy akár ennél kisebb feszültség is) vizes környezetben már okozhat szívbénulást, így – ebből a szempontból – a 42 V-nál nagyobb feszültséget nevezhetjük ~nek, az ezen érték alattiakat pedig kisfeszültségnek. Technikai szempontból a 10 kV-nál nagyobb feszültségeket nevezzük ~nek. Az országos elosztó hálózatok (távvezetékek) néhány száz kV feszültségűek (pl. 750 kV).

**nagyítás** (fiz) a ~ során keletkezett kép  $K$  lineáris méretének és a tárgy  $T$  megfelelő lineáris méretének hányadosa  $N = \frac{K}{T}$ . Lineáris ~ esetén a ~ a  $k$  → képtávolsággal és a  $t$  → tárgytávolsággal az  $N = \frac{k}{t}$  alakban adható meg.

**NAVIER-képlet** (műsz) megadja, hogy → hajlításkor mekkora a tartórúd szélső szálában a maximális → húzófeszültség:

$$\sigma_{\max} = \frac{E y_{\max}}{\rho} = \frac{E M_{hz} y_{\max}}{E I_z} = \frac{M_{hz}}{\frac{I_z}{y_{\max}}} = \frac{M_{hz}}{K},$$

ahol  $I_z$  a tartó keresztmetszetének → súlypontján átmenő  $z$  tengelyre számított → másodrendű nyomaték,

$M_{hz}$  a → hajlító nyomaték,

$\rho = \rho(x)$  a rúd görbületi sugara  $x$  helyen,

$E$  a → rugalmassági modulus és

$K$  a tartó → keresztmetszeti tényezője.

Claud-Louis-Marie NAVIER (1785. febr. 15. – 1836. aug. 21) francia mérnök, mechanikaprofesszor A. I. CAUCHYval és S. D. POISSONnal kidolgozta a rugalmasságtan elméletét. A ~en kívül nevét viseli a → NAVIER–STOKES-egyenlet is.

**NAVIER–STOKES-egyenlet** (fiz) az → aerodinamika alapegyenlete, az → impulzustranszport → mérlegegyenletéből levezethető olyan parciális-differenciálegyenletrendszer, amely

→súrlódásos folyadékok esetén is érvényes. (A levezetése nagyon bonyolult, mert jellemző →extenzív mennyisége, az →impulzus, vektormennyiség, és ezért áramsűrűség-tenzora van.)

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{grad} \left( \frac{\mathbf{v}^2}{2} + U \right) - \mathbf{v} \times \mathbf{rot} \mathbf{v} + \frac{1}{\rho} \mathbf{grad} p = \nu \Delta \mathbf{v},$$

ahol  $\nu$  a →kinematikai viszkozitási tényező,  
 $\mathbf{v}$  az →áramlási sebesség vektora,  
 $p$  a →nyomás,  
 $\rho$  a →sűrűség,  
 $U$  a külső →erőterek potenciálja és  
 $\Delta$  a LAPLACE-operátor:

$$\Delta \mathbf{v} = \mathbf{grad} \operatorname{div} \mathbf{v} - \mathbf{rot} \operatorname{rot} \mathbf{v} \quad \text{és} \quad \mathbf{rot} \mathbf{v} \triangleq \nabla \times \mathbf{v} \triangleq \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

Ha a folyadék összenyomhatatlan, akkor  $\operatorname{div} \mathbf{v} = 0$ . És ha ráadásul →rotációmentes áramlásról van szó, akkor a ~ átmeny az →EULER-egyenletbe. Igen gyakori, hogy az áramlás nyugalomból ered, és ilyenkor ez utóbbi feltétel a →határrétegen kívüli áramlásra teljesül.

Megjegyzés: Jóllehet a ~eket már a XIX. században felírták a newtoni mechanika alapján, analitikus megoldásokról a mai napig igen keveset tudunk. Ezeknél a parciális differenciálegyenleteknél még azt sem sikerült bizonyítani, hogy adott kezdeti feltételek mellett létezik-e egyáltalán megoldás, nem beszélve annak egyértelműségéről. E kérdésekre ma is keresik a választ a kutatók, ugyanis nagy a tét: a tengeri áramlatok és a légköri folyamatok megértéséhez ez az egy út vezet.



A fenti fénykép az izlandi vulkánkitörés után készült. Jól láthatók a légköri képződmények és a vulkáni hamu áramlása, majd szétterülése.  
 Forrás: [image-78781-galleryV9-ojws.jpg](http://image-78781-galleryV9-ojws.jpg)

Jól látta ezt Edward Norton LORENZ (1917. máj 23. – 2008. ápr. 16.) amerikai matematikus, meteorológus, a káoszelmélet egyik úttörője is, aki úgy gondolkodott: ha nem tudjuk az eredeti egyenleteket megoldani,

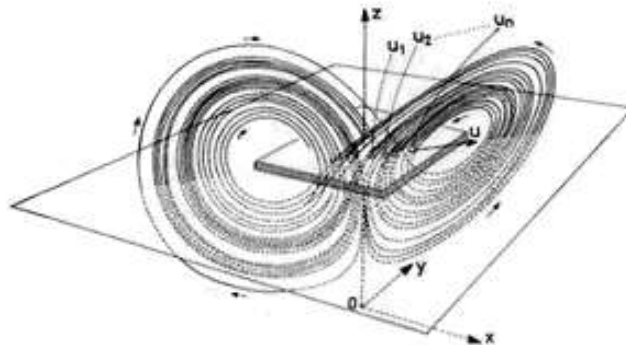
akkor próbálkozzunk valami egyszerűbbel! (LORENZ, E. N.: *J. Atmospheric Science*, Vol. 20. pp. 130–141., 1963.) Ha egy függőleges helyzetű, kétdimenziós (síkbeli) légrétegben kellően nagy hőmérséklet-különbség alakul ki a réteg alsó és felső éle között, akkor beindul a →konvekció, vagyis körkörös mozgást végző örvények keletkeznek. Ez természetesen a légköri jelenségeknek csak egy nagyon szűk szelete, de LORENZ még ezt is gyökeresen egyszerűsítette, ugyanis a kétdimenziós esetre vonatkozó ~eket némileg heurisztikusan (ötletszerűen, de matematikailag nem pontosan indokolva) egy mindössze háromváltozós, közönséges differenciálegyenlet-rendszerrel helyettesítette, amely azonban részét képezi az eredeti egyenletrendszernek. LORENZ bámulatos intuíciójáról tanúskodik, hogy az ily módon drasztikusan leegyszerűsített →modellben sikerült megtalálni azt a „rejtett motort”, amely – legalábbis minőségileg – felelőssé tehető az időjárás megjósolhatatlanságáért<sup>8</sup>. LORENZ számításai azt mutatták, hogy az általa vizsgált egyenletek trajektóriái rendkívül érzékenyek a kezdeti feltételekre, de *egy különös alakú objektum vonzza őket magához a fázistérben*. Az objektum belsejében ergodikus jellegű viselkedést észlelt, vagyis tapasztalta az invariáns mérték létezését. Az ilyen objektumokat nevezzük *különös attraktoroknak*, a „különös” jelző arra utal, hogy dimenziójuk általában nem egész szám (SZÉPFALUSY P., TÉL T.: *A káosz*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982.).

Forrás: DOMOKOS Gábor: *Püthagorasz, Rényi és a lemmingek, avagy a káosz irracionálisága* II. rész *Diszkrét rágcslók* alcímű cikkéből. (<http://www.fsz.bme.hu/~domokos/doc/pitagoras2.html>)

A LORENZ-féle *attraktor* differenciálegyenlet-rendszere egy bizonyos paraméterválasztás esetén:

$$\begin{cases} \dot{x} = 10(y - x) \\ \dot{y} = x(28 - z) - y \\ \dot{z} = xy - \frac{8}{3}z \end{cases}$$

Az első differenciálegyenlet lineáris, de a másik kettő nem. A megoldás egy térbeli görbe, amely önmagába záródik úgy, hogy az egyik síkra illeszkedő örvénylés átcsap a másik síkbelibe:



A LORENZ-féle attraktor grafikonja perspektívában ábrázolva

Forrás: DOMOKOS Gábor id. mű (<http://www.fsz.bme.hu/~domokos/doc/pitagoras2.html>)

**negatív abszolút hőmérséklet** (fiz) mivel  $T = \partial U / \partial S$ , ha  $V = \text{const.}$  és  $N = (\text{részecskeszám}) = \text{const.}$ , valamint  $\partial U > 0$  és  $\partial S < 0$ , akkor ez ~et jelent, vagyis  $T < 0$ . A~ erősen instabil állapot és a legkisebb zavaró hatásra visszaáll az eredeti, pozitív →abszolút hőmérsékletű állapot. Ez azt jelenti, hogy ilyen állapotot csak *nagyon rövid ideig* tudunk előállítani.

**negatív töltés, pozitív töltés** (fiz) A →dörzsölési elektromosság tanulmányozásakor Benjamin FRANKLIN (1706. jan. 17, Boston – 1790. ápr. 17, Philadelphia) javasolta a pozitív és negatív előjelek használatát az →elektromos töltések közötti különbség jellemzésére; ennek értelmében a selyemmel megdörzsölt üvegnek pozitív töltése, a selyemnek pedig azzal egyenlő negatív töltése lett.

**nehézségi gyorsulás** (fiz) →gravitációs gyorsulás

<sup>8</sup> Ajánlott cikk, amely bevezetés a káoszelméletbe: <http://cosmo.supernova.hu/kaosz.htm>

**nemegyensúlyi termodinamika** (fiz) szokás  $\rightarrow$  [irreverzibilis](#)  $\rightarrow$  [termodinamikának](#) is nevezni, amely tárgyalásmódban az állapotváltozás folyamatát írják le.

**nemesgázok** (kém) kémiaiag nagyon kevésbé reakcióképes (ún. inert), színtelen, szagtalan, nem mérgező, gáz halmazállapotú elemek, amelyek a periódusos rendszer VIII. főcsoportjához tartoznak. A ~ sorra, a növekvő elektronszám szerint: hélium (**He**), neon (**Ne**), argon (**Ar**), kripton (**Kr**), xenon (**Xe**) és radon (**Rn**), utóbbi radioaktív elem.

**nem-konzervatív erő** (fiz) Olyan  $\rightarrow$  [erő](#), amelyre nem teljesülnek a  $\rightarrow$  [konzervatív erők](#) tulajdonságai, pl.: csúszó  $\rightarrow$  [súrlódási erő](#).

**NERNST-tétel** (fiz) a *termodinamika III. főtétele* (lásd  $\rightarrow$  [termodinamika főtételei](#)) közvetlen elődjének tekinthető tétel. Kimondja, hogy az affinitás ( $A$ ) és a reakcióhő ( $Q$ ) a  $\rightarrow$  [hőmérséklet](#) csökkentésével az  $\rightarrow$  [abszolút nulla fok](#) közelében egyrészt azonos értékhez tart, azaz  $\lim_{T \rightarrow 0} A = \lim_{T \rightarrow 0} Q$ , másrészt e két mennyiség hőmérséklet szerinti deriváltja is a nullához tart, azaz

$$\lim_{T \rightarrow 0} \frac{\partial A}{\partial T} = \lim_{T \rightarrow 0} \frac{\partial Q}{\partial T} = 0.$$

Megjegyzés: Walther Hermann NERNST (1864. jún. 25, Briesen – 1941. nov. 18, Berlin), NOBEL-díjas német/porosz fizikokémikus.

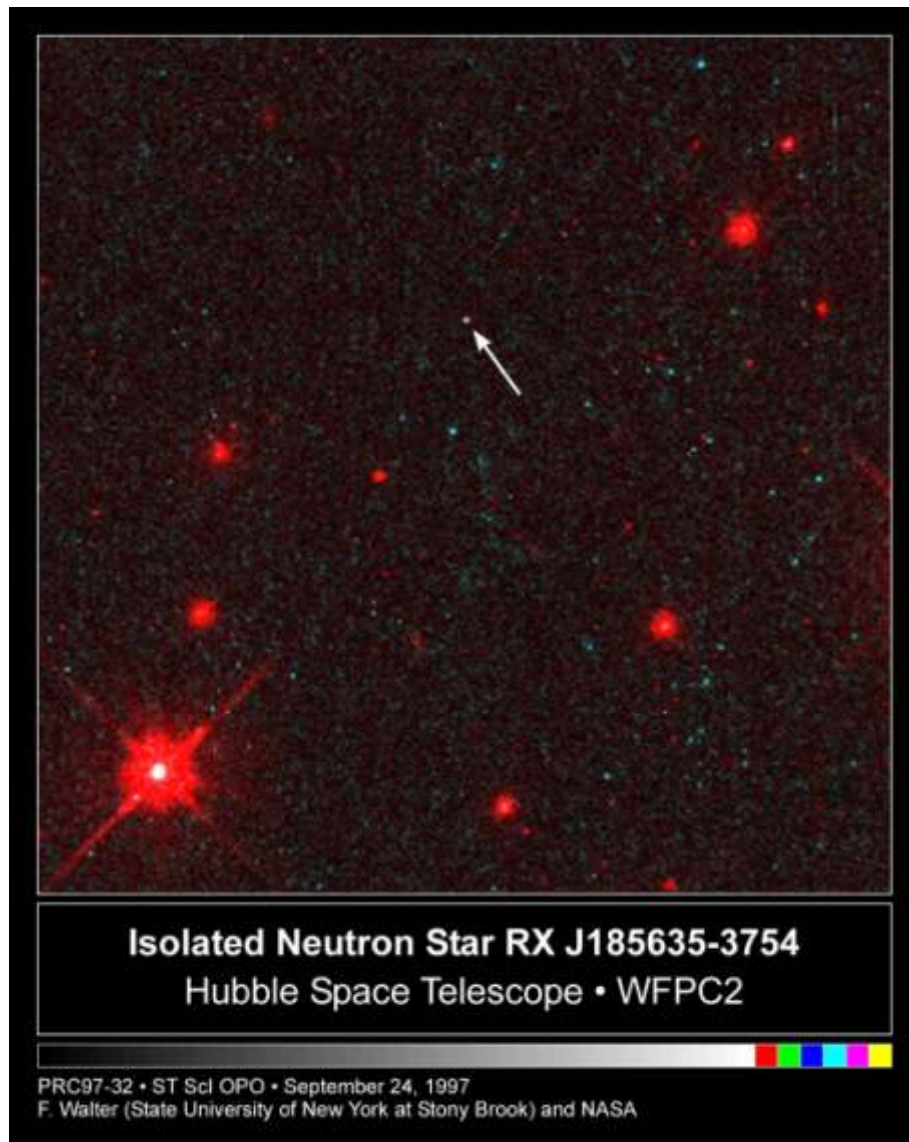
**neutrínó** (fiz) a  $\rightarrow$  [lepton](#)ok közé tartozó könnyű elemi részecskék egyik fajtája. A részecskék világában nem jelentős  $\rightarrow$  [gravitációt](#) kivéve csak  $\rightarrow$  [gyenge kölcsönhatás](#)ban vesz részt,  $\rightarrow$  [erős kölcsönhatás](#)ban nem kimutatható.  $\rightarrow$  [Elektromos töltése](#) nincs, semleges (innen ered a ~ neve; jelentése olaszul *semlegeske*), emiatt elektromágneses kölcsönhatásban sem vesz részt. Ez a magyarázata annak, hogy a ~ rendkívül közömbös az anyagokkal szemben, azaz a kölcsönhatás (ütközési) hatáskeresztmetszete igen kicsi. Pl. egy  $\rightarrow$  [fényév](#) vastagságú ólomfal a ~knak kb. a fele haladna át. E tulajdonságuk jelentős mértékben megnehezíti, hogy kísérleti úton észlelni tudjuk őket, mert a kimutatás alapja valamely kölcsönhatás. A kölcsönhatási valószínűség ugyanakkor erősen függ a ~ [energiájától](#), amelyet növelve az is erőteljesen nő. Amikor a nagy energiájú ~ kölcsönhatásba kerül egy másik anyaggal, akkor rendszerint töltött lepton keletkezik, ehhez hasonló folyamat felelős a  $\rightarrow$  [hadron](#)ok gyenge bomlásaiért is. A pozitív [pion](#) bomlása során például a pionban lévő  $\rightarrow$  [kvark-antikvark](#) pár megsemmisül, és ennek során egy [műon](#)ból és egy műon-anti~ból álló pár keletkezik. A különböző típusú ~k – és vele a részecskecsaládok – számának megállapítására legjobb módszer a  $\rightarrow$  [Z-bozon](#) bomlásának vizsgálata. Ez a részecske többféle ~ra és azok anti~jaira bomlik.

**neutron** (fiz) az atommagok egyik alkotórésze. Elektromosan semleges, tömege 1839-szerese az elektronénak. A  $\rightarrow$  [proton](#)okkal együtt az atommagok tömegszámát ( $A$ ) adja meg. A ~t 1932-ben J. CHADWICK fedezte fel. Fontos szerepet játszik az  $\rightarrow$  [atommaghasadás](#)ban.

Megjegyzés: James CHADWICK (1891. okt. 20, Cheshire – 1974. júl. 24, Cambridge), NOBEL-díjas (1935) angol fizikus.

**neutroncsillag** (csill) szabad neutronokat tartalmazó, nagy sűrűségű ( $10^{16}$ - $10^{18}$  kg/m<sup>3</sup>) kompakt maradványcsillag, amelynek felszínén  $2 \cdot 10^{11}$ -szer erősebb a gravitációs vonzás, mint a Föld felszínén. A  $\sim 10^{16}$ - $10^{18}$  kg/m<sup>3</sup>  $\rightarrow$  [sűrűséggel](#) rendelkeznek, akár 50 Hz forgási frekvenciával. Egy ilyen objektumot gyakorlatilag úgy tekinthetünk, mint amelyet kizárólag neutronok alkotnak. Ez a konfiguráció tehát egy hatalmas atommaghoz hasonlítható, amelynek [tömegszáma](#)  $A \sim 10^{57}$ . Egy tipikus ~ átmérője 10-20 km, ezért hagyományos optikai távcsővel nem figyelhető meg. Vannak ~ok, amelyek periodikus rádióimpulzusokat bocsátanak ki; ezeket [pulzároknak](#) nevezzük. A szokásosnál jóval erősebb [mágneses térrel](#) rendelkező neutroncsillagok a [magnetárok](#) (a Földinél akár  $10^{12}$ -szer erősebb mágneses térrel).





Egy – a Hubble űrteleszkóp által felfedezett - neutroncsillag

### NEWTON-gyűrűk (fiz)



A ~ → [interferencia](#) jelenség. Ha sík üveglapra enyhén domború üvegfelületet teszünk, és monokromatikus fénnel megvilágítjuk, akkor a fenti képet látjuk. A két üveg közötti levegőréteg két határfelületéről → [visszaverődés](#) során keletkező fénysugarak a szembe jutva → [interferálnak](#), így koncentrikus körök, sötét-világos gyűrűk megjelenését idézik elő. → [Fehér fény](#) esetén színes gyűrűket látunk.

**NEWTON I. törvénye** (fiz) (tehetetlenség törvénye) *Minden test megtartja nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását mindaddig, amíg más test erővel nem hat rá.*

A törvény nem tesz különbséget a nyugalmi állapot és az egyenes vonalú egyenletes mozgás között, mivel mindkét esetben a testre ható  $\rightarrow$ erők eredője zérus csakúgy, mint a  $\rightarrow$ gyorsulás. Sir Isaac NEWTON (1643. jan. 4. – 1727. márc. 31.) zseniális angol természettudós, akadémikus 1687-ben, Londonban kiadott főművében, „A természetfilozófia matematikai alapelvei”-ben, közismert címén a „Principiá”-ban ismertette a mozgásról szóló axiómáit, más szóval mozgástörvényeit. A fizikatörténet iránt érdeklődő kollégák elolvashatják az eredeti latin szöveget és hű fordítását mindhárom mozgástörvény szócikkének a végén:

Lex I.

Corpus omne perseverata in statu suo quiescendi vel movendi uniformite in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.

I. törvény

Minden test megőrzi nyugalmi állapotát vagy egyenesvonalú egyenletes mozgását, amíg és amennyiben a reá ható erők következtében nem kényszerül ezen állapot megváltoztatására.

**NEWTON II. törvénye** (fiz) az  $\rightarrow$ eredő erőt ( $\Sigma \mathbf{F}$ ) az  $m$   $\rightarrow$ tömegű test  $\rightarrow$ impulzusának megváltozásával definiálja.

$$\boxed{\Sigma \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{I}}{dt}}$$

azaz 1 N erő 1 másodperc alatt 1 kgm/s impulzusváltozást hoz létre. A derivált szorzatfüggvényre vonatkozó láncszabály szerinti kifejtésével az alábbi alakhoz jutunk:

$$\boxed{\Sigma \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{I}}{dt} = \frac{d(m \cdot \mathbf{v})}{dt} = m \cdot \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \frac{dm}{dt} \cdot \mathbf{v}}$$

ahol állandó tömeg esetén  $\frac{dm}{dt} = 0$  és mivel  $\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{a}$  ( $\rightarrow$ gyorsulás), az alábbi közismert formula

adódik:  $\boxed{\Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}}$

Lex II.

Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressa, et fieri secundum lineam, qua vis illa imprimitur.

II. törvény

A mozgásmennyiség változása arányos a mozgatóerővel és amaz egyenes irányában megy végbe, amelynek mentén ez az erő hat.

**NEWTON III. törvénye** (fiz) (hatás-ellenhatás törvénye) *Ha két test (A és B)  $\rightarrow$ erőt fejt ki egymásra, akkor az A test által a B-re kifejtett erő ugyanolyan nagyságú, de ellentétes irányú, mint a B test által az A-ra kifejtett erő.*

Az A test által a B-re gyakorolt erőt  $\mathbf{F}_{AB}$ -vel jelölve  $\sim$  vektoriálisan a  $\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$  alakban fejezhető ki.

Lex III.

Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.

III. törvény

A hatás (akció) mindig egyenlő és ellentétes irányú az ellenhatással (reakció), vagy másként – két test kölcsönhatása mindig egyenlő és ellentétes irányú.

**NEWTON-féle IV. axióma** (fiz), szerint az egyidejűleg fellépő →erők függetlenségi és összegzési törvénye kimondja, hogy a testre ható erők vektoriálisan, egymástól függetlenül összegződnek, idegen szóval: szuperponálódnak. Ezt a törvényt kísérleti tapasztalatok igazolták.

**newtoni közegek** (fiz) olyan légnemű v. cseppfolyós folyadékok, amelyeknél a →csúsztatófeszültség és a deformáció-sebesség között egyenes arányosság van:

$$\tau_{xy} = \eta \left( \frac{\partial v_y}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) = \tau_{yx},$$

ahol  $\eta$  a →dinamikai viszkozitási tényező.

Síklapok közötti áramlásra szorítkozva, amikor  $v_y = \text{const}$ :

$$\tau_{yx} = \eta \frac{\partial v_x}{\partial y} = \eta \frac{\partial \gamma}{\partial t},$$

ahol  $\gamma$  az egymáson elcsúszó felületekre kezdetben merőleges egyenes →deformáció utáni szöghelyzete.

**NEWTON tömegvonzási törvénye** (fiz) kimondja, hogy két test kölcsönösen vonzza egymást, a rájuk ható vonzóerő a két test tömegközéppontjait összekötő egyenesre illeszkedik, és abszolút értéke egyenesen arányos a testek ( $m_1, m_2$ ) →tömegének szorzatával, de fordítva arányos a köztük lévő ( $r$ ) távolság négyzetével:  $F_g = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ,

ahol  $\gamma$  az →univerzális gravitációs állandó.

**normál állapot** (fiz) egy fizikai rendszer olyan állapota, amelyben a →hőmérséklet  $0^\circ\text{C}$ , a →nyomás pedig  $101325\text{ Pa}$ . →ideális gáz esetén az  $1\text{ mol}$  kémiai anyagmennyiségnek ekkor  $22,413\text{ dm}^3$  a →térfogata.

**normálfeszültség** (műsz) a felületen megoszló belső →erőrendszer →intenzitásának normálisirányú komponense, amely pl. származhat nyomó- v. húzóerőtől is. Lásd: →húzófeszültség

**normált állapotfüggvény** (fiz) az →állapotfüggvény egységre normált változatát ~nek nevezzük.

**normált hullámfüggvény** (fiz) a →hullámfüggvény egységre normált változatát ~ nek nevezzük.

**nukleon** (fiz) a ~ az →atommagot alkotó részecskék: a →neutron és a →proton közös neve. Az atommagban az →erős kölcsönhatás tartja össze őket. Nagyjából egyforma tömegűek és méretűek, és az atom tömegének döntő részét adják, Az atom →tömegszáma ( $A$ ) emiatt a ~ok számával megegyezik. A ~ok →barionok (három →kvarkból és →gluonokból álló részecskék, feles v. félegész spinűek; vonatkozik rájuk a FERMI-DIRAC statisztika és a →PAULI-féle kizárási elv).

**nuklid** (fiz) a ~ olyan atomfajta, amelyet a →tömegszáma ( $A$ ), a →rendszám ( $Z$ ) és a magjának →energiaállapota határoz meg,

**nullponti energia** (fiz) (zérusponti energia) a termodinamikai test →belső energiája  $0\text{ K}$ -nyi →hőmérsékleten. A ~ az az →energia, amely egy tetszőleges fizikai rendszer lehető legkisebb energiájú állapotát jellemzi. A klasszikus fizika szerint egy test energiája hőmérsékletével egyenesen arányos. Ez azt jelenti, hogy nulla KELVIN fokon a testek energiája nulla. Ez a megállapítás érvényét veszíti a kvantummechanikai leírás szerint. (A  $0\text{ K}$  soha el nem érhető). A határozatlansági relációból ugyanis az következik, hogy a dolgok létezése és mozgása

egyenértékű. Minden létező leírható → hullámfüggvénnyel, vagyis helyzetében elmosódott, és ebből fakadóan rendelkezik (véges, zérustól különböző) → mozgási energiával. Mai ismereteink szerint a ~ nem nyerhető ki.

**nyalábtágító** (fiz, műsz) olyan → teleszkopikus optikai eszköz, amellyel a keskeny lézersugarat olyan vastagra tágítják, hogy holografikus képalkotásra alkalmassá váljon. Lásd → hologram.

**nyíró igénybevétel** (fiz, műsz) (jele: **T**, mértékegysége: 1 N) egy → prizmatikus rúd → igénybevételének egyik, a keresztmetszet síkjában ható erőkomponense.

**nyírószilárdság** (műsz)

(1). csavarkötések, hegesztési varratok méretezésénél, lyukasztó tervezésénél stb. megengedhető, v. szükséges → csúsztatófeszültség:

$$\tau = \frac{T}{A}, \quad \text{ahol } \tau \leq \tau_{\text{meg}}$$

Szerkezeti anyag	$\tau_{\text{meg}}$
nehézfémek	$0,8\sigma_{\text{meg}}$
könnyűfémek	$0,6\sigma_{\text{meg}}$
fa, rostra merőlegesen	$0,8\sigma_{\text{meg}}$
fa, rosttal párhuzamosan	$0,1\sigma_{\text{meg}}$

Szükséges nyíróerő lemezek lyukasztásánál:  $F_{\text{min}} = \pi ds \tau$ , ahol  $\tau > \tau_{\text{meg}}$

$d$  a lyuk átmérője és  
 $s$  a lemez vastagsága.

(2). ~ a hajlítás figyelembevételével:

$$\tau = \frac{nT}{A}, \quad \text{ahol } \tau \leq \tau_{\text{meg}}$$

$$n = \frac{4}{3} \quad \text{körkeresztmetszetnél és}$$

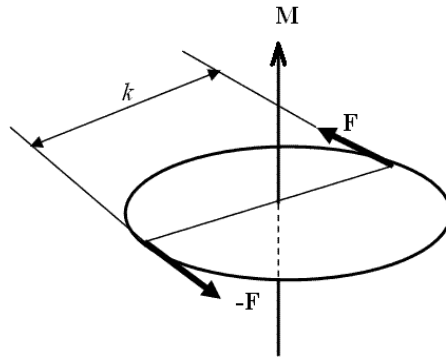
$$n = \frac{3}{2} \quad \text{derékszögű négyszög keresztmetszetnél.}$$

(3). Szögelfordulás:

$$\Delta\gamma = \frac{\tau}{G},$$

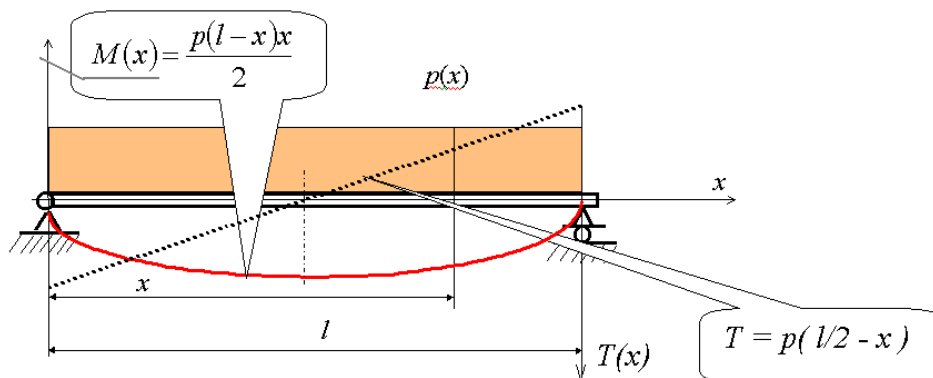
ahol  $\Delta\gamma$  a keresztmetszet és a hosszmetset közötti szögváltozás ívmértékben és  $G$  a csúsztató rugalmassági modulus.

**nyomaték** (fiz) (jele:  $M$ , mértékegysége:  $1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$ ) az → erőpár → forgatónyomaték. A térbeli → erőrendszerek forgató hatását az **M** vektorennyiség jellemzi, amelynek iránya az erőpár síkjára merőleges forgástengely, abszolút értéke pedig az  $M = |\mathbf{M}| = k|\mathbf{F}| \sim$ . Itt  $k$  az erőpár karja.



**nyomatékforrás** (műsz) a mechanikai forgó rendszerek idealizált  $\rightarrow$  átmenőváltzó forrása, amelynek belső  $\rightarrow$  ellenállása végtelen, és amely a névleges forrásértékét minden  $\rightarrow$  szögsebesség-különbségnél megtartja,  $\rightarrow$  teljesítménye pedig végtelen. Valós  $\sim$  esetben tökéletesen egyik feltételezés sem teljesülhet, hiszen közel állandó nyomatékot pl. csak szabályozókörrrel ellátott motor képes szolgáltatni, de teljesítménye korlátozott.

**nyomatéki ábra** (műsz) általában a  $\rightarrow$  hajlító igénybevételt ábrázolja. Pl. az egyenletesen megoszló  $p(x)$  terhelésnek kitett kéttámaszú tartó  $\sim$ ja a piros grafikonon. (A szaggatott vonal a nyíróerő-ábrát szemlélteti a mérnöki gyakorlatban szokásos tükörképével.)



**nyomatékvektor** (fiz) a  $\rightarrow$  forgatónyomaték vektorok eredője.

**nyomás** (fiz) a kicsiny  $\Delta A$  síknak tekinthető felületre ható  $\Delta F$  nyomóerő és a  $\Delta A$  felületelem hányadosával definiált mennyiség  $p = \frac{\Delta F}{\Delta A}$  (lásd még:  $\rightarrow$  statikus nyomás). Mértékegysége: (pascal)  $Pa = N/m^2$ . A  $\rightarrow$  termodinamikában az egyik legfontosabb állapotváltozó. A meteorológiában – kivételesen – a hektopascal (hPa =  $10^2$  Pa) prefixummal használatos; a normál légköri nyomás a tengerszinten 1013,25 hPa.

**nyomásforrás** (műsz) a fluid rendszerek idealizált  $\rightarrow$  keresztváltzó forrása, amelynek belső  $\rightarrow$  ellenállása zérus, és amely a névleges forrásértékét minden ( $\rightarrow$  térfogatáram) terhelésnél megtartja,  $\rightarrow$  teljesítménye pedig végtelen. A valós keresztváltzó források, így a  $\sim$  esetben is ez a feltételezés csak közelítőleg igaz. Folyadékos rendszerek esetében, pl. ideális  $\sim$ -nak olyan tározó tekinthető, amelyben a szintmagasság állandó.  $\sim$  a centrifugális szivattyú is, ha ún.  $Q$ - $h$  jelleggörbéjének közel vízszintes szakaszán használjuk.

**nyomásmérő** (fiz) (manométer) A  $\rightarrow$  nyomás mérésére szolgáló műszer. A műszerek működési elve rendkívül változatos. A fizikai hatás szerinti osztályozás: mechanikai, elektromos (kapacitív, piezoelektromos), mágneses, termikus, ionizációs, izzó katódos, hideg emissziós stb.

**nyomóerő** (fiz, műsz) (jele:  $N_{ny}$  v.  $F_{ny}$ , mértékegysége: 1 N) az  $\rightarrow$ [igénybevétel](#) vektorkettőse erővektorának rúdirányú komponense, ha potenciálisan csökkenti a rúd hosszát.

**nyomófeszültség** (fiz, műsz) (jele:  $\sigma$ , mértékegysége: 1 Pa) a  $\rightarrow$ [nyomóerő](#) és a keresztmetszeti felület hányadosa a normál  $\sim$ :

$$\sigma_N = \frac{F_{ny}}{A_0}$$

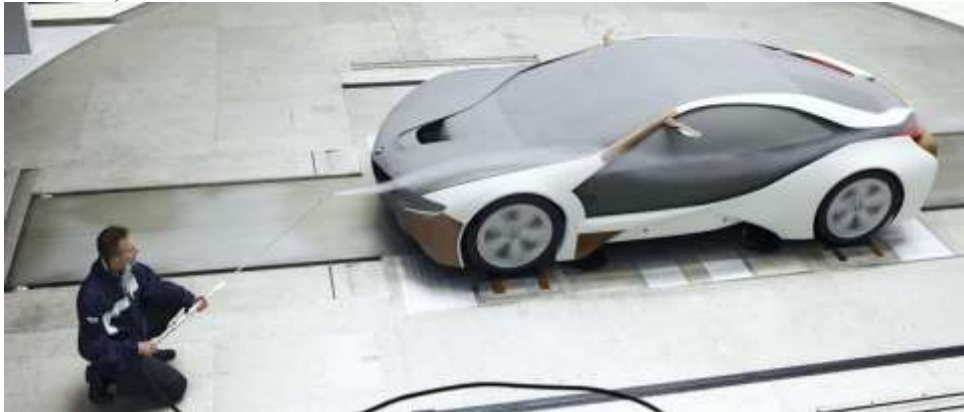
Megjegyzés:  $\sim$  az  $\rightarrow$ [igénybevétel](#) vektorkettőse  $\rightarrow$ [nyomatékvektor](#)ának rúdra merőleges komponense, a  $\rightarrow$ [hajlítónyomaték](#) is okozhat. A  $\sim$  függ a  $\rightarrow$ [rugalmas száltól](#) a nyomatékvektor irányára és a rúd tengelyére merőlegesen mért  $y$  koordinátától is, és a nyomatékvektor irányára illeszkedő tengelyre vett  $I_z$   $\rightarrow$ [másodrendű nyomaték](#)tól, amely a rúd hossza mentén változhat (pl. egy árbocnál v. egy fegyvercsőnél ez a jellemző). A  $\sim$  a rúd  $x$  koordinátájú keresztmetszetében:

$$\sigma_M(x, y) = -\frac{M_h(x)y}{I_z(x)}$$

**nyomószilárdság** (műsz) 1. A normál  $\rightarrow$ [nyomófeszültség](#) megengedett értéke:  $\sigma_{meg}$ , ha  $\rightarrow$ [kihajlás](#)sal még nem kell számolni. 2. A megengedett  $\rightarrow$ [deformáció](#) többféleképpen lehet megadva, pl. lehet fajlagos v. százalékos rövidülésként:

$$-\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{l_0 - l}{l_0} = -\frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{v.} \quad -\delta = -\frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%$$

**nyomvonal** (fiz, műsz) a tér egy pontján egymás után áthaladó folyadékreszeket egy adott pillanatban összekötő görbe. (Pl. ilyen nyomvonalat jelenít meg a járművek szélsatorna kísérleteinél alkalmazott füstcsík.)



Forrás: [http://www.vezess.hu/magazin/mitol\\_fogyaszt\\_jol\\_auto/23295/](http://www.vezess.hu/magazin/mitol_fogyaszt_jol_auto/23295/)

**nyugalmi mérőszám** (fiz) az objektumhoz rögzített koordináta-rendszerben mért adat. (A testhez rögzített koordináta-rendszerben a test nyugszik.)

**nyugalmi tömeg** (fiz) (jele:  $m_0$ , mértékegysége: 1 kg) egy adott  $K$  vonatkoztatási rendszerben, a rendszerhez képest nyugalomban lévő test tömegét  $\sim$ nek nevezzük. A  $\sim$  a relativisztikus  $\rightarrow$ [dinamika](#) egyik fontos tételének – a relativisztikus  $\rightarrow$ [impulzus](#) sebességfüggésének – sajátos értelmezésekor alkalmazott fogalom. A relativisztikus impulzus képlete:

$$\mathbf{p} = \frac{m_0 \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ahol  $\mathbf{v}$  a mozgó objektum  $\rightarrow$ [sebessége](#),

$c$  a vákuumbeli  $\rightarrow$ [fénysebesség](#) és

$m_0$  a nyugalomban lévő objektum  $\rightarrow$ [tömege](#), azaz a  $\sim$ .

A klasszikus fizikában, ha egy testre állandó  $\rightarrow$ erő hat, akkor a  $\mathbf{p}=m\mathbf{v}$  impulzus korlátlanul növekedhet a sebesség korlátlanlansága miatt, de a speciális  $\rightarrow$ relativitáselmélet rögzíti azt a tapasztalati tényt, hogy a sebesség abszolút értékének a fénysebesség korlátot szab. A keretezett képletet úgy is értelmezzük – elméletileg vitathatóan –, hogy a tömeg növekedése miatt ugyanaz az erő nagyobb abszolút értékű sebességnél kisebb gyorsulást tud előidézni, és  $c$ -t elérve a tömeg végtelenné, a gyorsulás pedig nullává válik. Ennek megfelelően bevezetnek egy relatív tömeget, amelynek számlálója a  $\sim$ :

$$m_{\text{rel}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{\mathbf{v}^2}{c^2}}}$$

Ez az ún. „tömegnövekedési” formula.

- Fontos megjegyzés: Ha  $\mathbf{v} \perp \mathbf{a}$ , akkor  $\mathbf{v}\mathbf{a} = 0$ , mivel ortogonális vektorok skalárszorzata nulla. Ha tehát a mozgás során a sebesség- és  $\rightarrow$ gyorsulásvektorok egymásra merőlegesek, akkor:

$$m_{\text{transzverzális}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

az ún. transzverzális tömeg.

Ez a helyzet lép fel pl. körmozgásnál (ciklotron, szinkrotron stb.), ahol a sebesség tangenciális, a centrifugális gyorsulás pedig radiális.

Ha  $\mathbf{v} \uparrow \uparrow \mathbf{a}$ , vagyis a sebesség- és gyorsulásvektor egyező irányú (pl. elektrosztatikus- és lineáris gyorsítókban), akkor:

$$m_{\text{longitudinális}} = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}}$$

az ún. longitudinális tömeg. Mivel

$$m_{\text{transzverzális}} > m_{\text{longitudinális}},$$

ezért egy tömeget hosszirányba mindig könnyebb gyorsítani, mint keresztirányba. Meg kell jegyezni, hogy ha impulzust számolunk, akkor mindig a

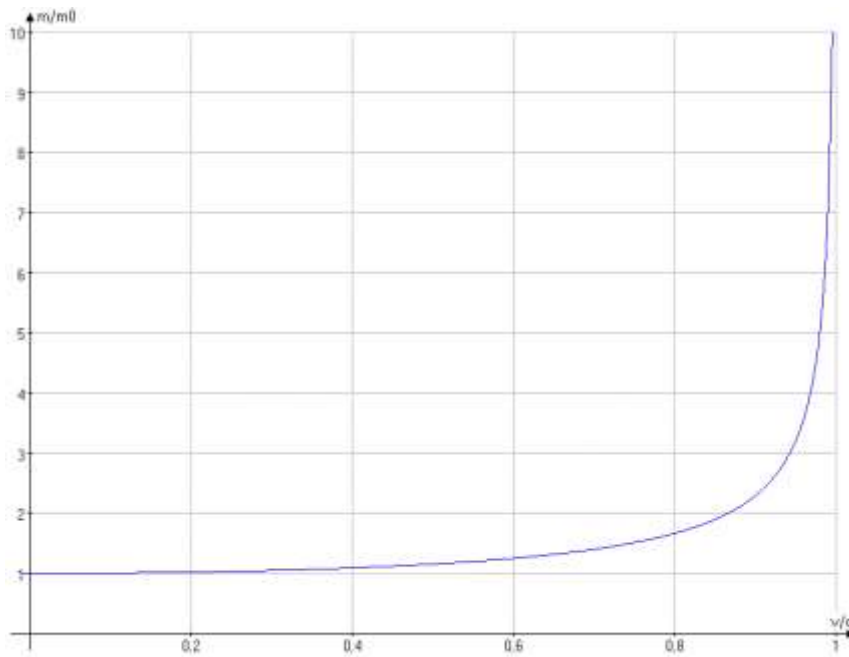
$$\mathbf{p} = \frac{m_0 \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

formulával kell kalkulálni, míg ha pályát számolunk, akkor külön-külön kell kalkulálnunk a transzverzális-és longitudinális tömeg illetve erőkomponensekkel.

Az  $m_{\text{rel}}$  nem alkalmas arra, hogy vele klasszikus módon számítsuk ki a relativisztikus erőt, mert  $\mathbf{F} \neq m_{\text{rel}} \mathbf{a}$  és a relativisztikus kinetikus energia sem egyenlő

$$\frac{m_{\text{rel}} \mathbf{v}^2}{2} - \text{vel.}$$

Ugyanakkor ez a felfogás arra a kérdésre választ ad, hogy a  $\rightarrow$ fotonok hogyan képesek fénysebességgel haladni, miközben nullától különböző impulzust tulajdonítunk nekik: a fotonok  $\sim e$  zérus.  $m_{\text{rel}}$ , ill.  $m$  és a  $\sim$  hányadosát szemléltető ábra jól mutatja, hogy a fénysebesség 60%-nál kisebb abszolút értékű sebességnél még nincs számottevő eltérés a nyugalmi és a relativisztikus tömeg között; a tömeg  $v/c \approx 0,9$  körül kezd meredeken növekedni.



**OHM törvény** (fiz) Az  $\sim$ -nek megkülönböztetjük integrális (szokásos alak) és differenciális (lokális alak) változatát.

Integrális  $\sim$ :

$$U = RI$$

Differenciális  $\sim$ :

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$$

Átalakítási szabályok homogén ( $\rho = \text{const.}$ ), állandó ( $A$ ) keresztmetszetű,  $l$  hosszúságú  $\rightarrow$  ellenállás esetén:

$$U = \int_L \mathbf{E} d\mathbf{l} = El$$

$$I = \int_A \mathbf{J} d\mathbf{A} = JA$$

$$R = \int_l \frac{\rho}{A} ds = \frac{\rho l}{A}$$

**optikai közeg** (fiz) olyan közeg, amelyben fénytani jelenségek játszódhatnak le.

**optikailag egytengelyű kristály** (fiz) egyetlen, optikailag kitüntetett iránnyal jellemzett kristály. Az  $\sim$ -ok legtöbb tulajdonsága különböző a kitüntetett tengely és az arra merőleges tengelyek irányában. Így az elektromos, mágneses és mechanikus anyagi jellemzők annak megfelelően változnak, hogy a külső elektromos, mágneses tér és feszültség milyen irányt zár be a kitüntetett tengellyel. Az optikai állandók, pl. a  $\rightarrow$  törésmutató különböző értékű a kitüntetett tengellyel párhuzamos, ill. arra merőleges irányban terjedő fény esetén.

**optikailag kéttengelyű kristály** (fiz) olyan  $\rightarrow$  kettős törést mutató kristály, amelynek két optikai tengelye van. Ezen tengelyek mentén nincs kettős törés (pl. izlandi pát v. kettőző pát,  $\text{CaCO}_3$ )



**optikailag ritkább közeg** (fiz) a →[fénytöréssel](#) kapcsolatos jelenségekben a kisebb →[törésmutatójú](#) anyag megnevezésére szolgál.

**optikailag sűrűbb közeg** (fiz) a →[fénytöréssel](#) kapcsolatos jelenségekben a nagyobb →[törésmutatójú](#) anyag megnevezésére szolgál.

**optikai lencse** (fiz) olyan →[fénytörést](#) mutató test, amelynek anyaga átlátszó,  $n$  →[törésmutatója](#) kisebb és nagyobb is lehet, mint az  $n_k$  törésmutatójú, környező közegé. Alakja rendszerint hengerszimmetrikus, sok esetben gömbsüveg és/vagy síklap által határolt. A vékony lencsék (amelyek vastagsága elhanyagolható átmérőjükhöz képest) →[fókusz távolsága](#) az  $n_r = \frac{n}{n_k}$  relatív törésmutató és a határoló gömbsüvegek  $R_1$  és  $R_2$  sugaraival az

$$\frac{1}{f} = (n_r - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

összefüggéssel fejezhető ki.

**optikai rács** (fiz) egy periodikus struktúra a →[diffrakció](#) és az →[interferencia](#) révén befolyásolni tudja, hogy a fény hogyan haladjon át rajta v. szóródjon róla vissza. A periodicitás lehet geometriai természetű v. akár olyan is, hogy a →[törésmutató](#) váltakozik periodikusan. Az  $\sim$  a →[hullámhossztól](#) függő mértékben (geometriailag jól kézben tarthatóan) téríti el a fényt, ezért pl. →[spektrométerek](#)ben különösen gyakran alkalmazzák.

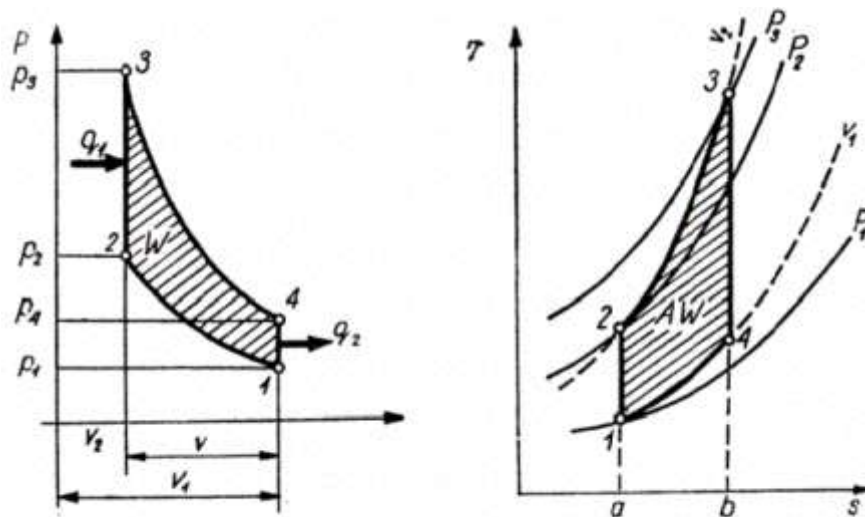
**optikai rés** (fiz) optikai eszközökben alkalmazott, változtatható szélességű rés.

**optikai tengely** (fiz) lencsék, gömbtükrök szimmetriatengelye, ill. →[kettős törést](#) mutató kristályokban azok a kristálytani irányok, amelyekben az *ordinárius* (rendes) és *extraordinárius* (rendellenes) sugarak terjedése azonos.

**optikai út** (fiz) →[FERMAT-elv.](#)

**optimalizálás** (műsz) során egy v. több, előre meghatározott célfüggvényhez közelítik egy adott →[rendszer](#) bizonyos paramétereinek értékét, állapotjelzőinek (állapotvektor), v. kimenőjeleinek (kimeneti vektor) időbeli változását. Az optimális működés a rendszer valamilyen szempontrendszer szerinti legkedvezőbb működése, amikor egymással szemben ható tényezőkkel és korlátozó feltételekkel is számolni kell. Pl. a repülőgép optimális →[siklósebességét](#), vagy az optimális →[utazósebességét](#) a megfelelő grafikonhoz húzott érintő szerkesztésével is meg lehet határozni.

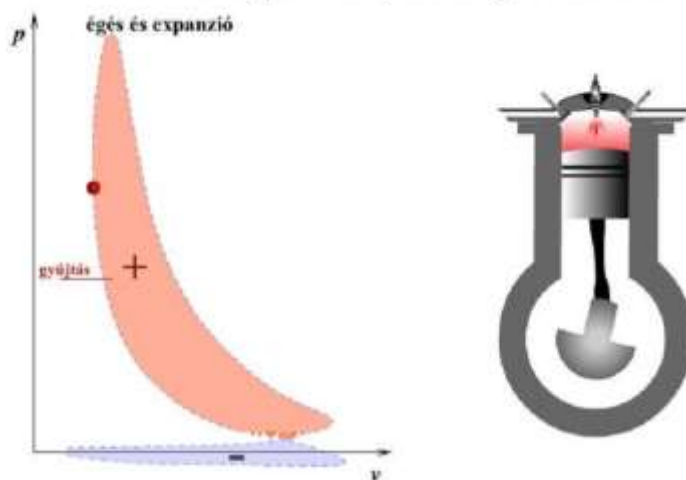
**OTTO-körfolyamat** (műsz, fiz) olyan →[körfolyamat](#), amelynél a munkaközeget adiabatikus komprimálással nyomják össze, a →[hőt](#) állandó →[térfogaton](#) vezetik hozzá, a →[mechanikai munkát](#) adiabatikus expanzió során végzi, és a hőt állandó térfogaton vonják el belőle. Az ábrán az ún. főkörfolyamat látszik.



Otto-körfolyamat  $p-v$  és  $T-s$  diagramja

Az ~ Nikolaus August OTTO (1832-1891) német feltalálóhoz fűződik, aki Étienne LENOIR (1822-1900) gázmotorját tökéletesítette, majd 1863-ban szabadalmaztatta saját tervezésű négyütemű motorját. Egy ilyen motor vázlatja és indikátordiagramja (szaggatott vonal) látható az alábbi ábrán. A vízszintes tengelyen a  $\rightarrow$  [fajtérfogatot](#), a függőlegesen pedig a  $\rightarrow$  [nyomást](#) tüntettük fel. A +-szal jelölt ún. főkörfolyamat munkájából le kell vonni az alatta lévő (- jelű) ún. mellékkörfolyamatét. Az is fel van tüntetve, hogy a gyújtás a felső holtpont előtt (piros pont jelöli) megtörténik, hogy legyen elegendő idő az égéshez.

### Négyütemű, belsőégésű motor



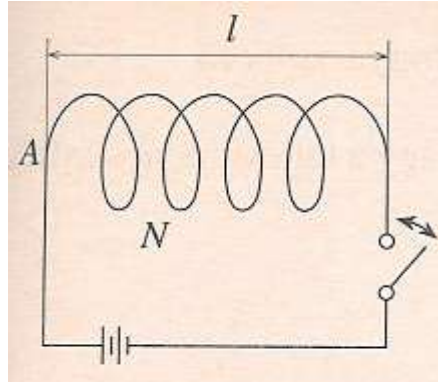
**ókori automaták** (ír): Az  $\rightarrow$  [automatika](#) előtörténetének tekintett időszak az ókorba nyúlik vissza. A különböző fizikai hatásokat felhasználó szerkezetek nagy részét vallási szertartások hatásának növelésére, másokat gyakorlati célokra, pl. időmérésre használtak. A legkorábbi adatok Kr.e. 250-re nyúlnak vissza. Ide sorolható KTESZIBIOSZ (i. e. 3. század) görög matematikus, feltaláló vízórája. A készülék teljesen automatikus volt, csak a víz utántöltéséről kellett gondoskodni. Az alexandriai HERON borkimérő automatát is szerkesztett, másik automatája az áldozati oltáron rakott tűz melegítő hatását felhasználva önműködően kinyitotta a szentély ajtaját. A hatás fokozására, homorú tükröző felülettel, képet vetítettek a füst-függönyre, v. a keletkező gőzzel a kígyósziszegés hangját utánzó akusztikai jelenséget idéztek elő.

Forrás: Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó Bp.1981

**önindukció** lásd:  $\rightarrow$  [önindukciós együttható](#)

**önindukciós együttható** (fiz) (jele:  $L$ , mértékegysége: 1 H)  $N$  menetszámú egyenes és vékony,  $\rightarrow$ árammal átjárt tekercs, azaz  $\rightarrow$  szolenoid belsejében a  $\rightarrow$  homogén mágneses tér nagysága:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l}$$



Ha a tekercs keresztmetszete  $A$ , akkor a  $\rightarrow$  mágneses fluxus egyenesen arányos az  $I$   $\rightarrow$  áramerősség-gel:

$$\Phi_B = BA = \frac{\mu_0 NIA}{l}$$

Ha a tekercs árama időben változik, akkor a  $\Phi_B$  mágneses fluxus is változik, amely az 1.  $\rightarrow$  FARADAY-törvény szerint feszültséget indukál:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -N \frac{\mu_0 NA}{l} \frac{dI}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

Az  $L$  mennyiséget a szolenoid önindukciós együtthatójának nevezzük:

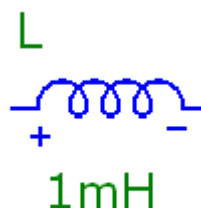
$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

Általánosítva is igaz, hogy egy tetszőleges geometriájú tekercsben folyó áram változási sebessége feszültséget indukál. Az  $\rightarrow$  indukált feszültség egyenesen arányos az áram változási sebességével. Az arányossági tényezőt  $L$  betűvel jelöljük, és önindukciós együttható vagy induktivitás a neve.

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

Megjegyzés: készíthetők úgynevezett  $\rightarrow$  önindukció-mentes tekercsek is, amelyek úgy készülnek, hogy a vezeték középen kettéhajtják, és a két darabot szorosan egymás mellett vezetik a tekercselés során (bifiláris tekercs). Így a  $\rightarrow$  vezetőkben ellentétes irányban átfolyó  $\rightarrow$  áramok által keltett mágneses mezők gyakorlatilag megsemmisítik egymást.

Az induktivitás áramköri jele:

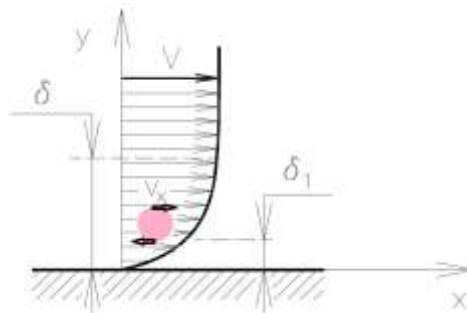


Az induktivitás SI mértékegysége  $1\text{H} = 1 \text{ henry}$ .

$$[L] = \text{H} = \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = \frac{\text{Tm}^2}{\text{A}} = \left( \frac{\text{tesla méternégyzet}}{\text{amper}} \right)$$

**örvényes áramlás** (fiz) jellemzője, hogy a folyadék örvénylő mozgást végez. Lehet, hogy az  $\rightarrow$ áramlási sebesség érvényes a  $\text{rot}\mathbf{v} = 0$  reláció; az ilyen  $\sim$  megnevezése:  $\rightarrow$ potenciális örvény.

**örvénymentes áramlás** (fiz) jellemzője, hogy a folyadék nem végez örvénylő mozgást. Lehet, hogy az  $\rightarrow$ áramlási sebesség érvényes a  $\text{rot}\mathbf{v} \neq 0$  reláció, tehát az  $\sim$  nem biztos, hogy egyúttal  $\rightarrow$ rotációmentes áramlás is. Pl. a  $\rightarrow$ lamináris határrétegben az áramvonalak párhuzamosak, semmi jele sincs  $\rightarrow$ örvényes áramlásnak,  $\text{rot}\mathbf{v} \neq 0$  mégis fennáll. Ha egy kis korongot egy ilyen áramlásba helyeznénk, úgy, ahogy az alábbi ábrán látszik (rózsaszín kör), akkor az forgásba jönne.



Forrás: LAJOS Tamás: *Az áramlástan alapjai*, előadási jegyzet. Bp. 1992. p. 116. (11.1 ábra), de a koronggal módosítva.

**összenyomható folyadék** (fiz)  $\rightarrow$ sűrűsége változó. Az  $\sim$ kal a gázdinamika foglalkozik. Lásd még  $\rightarrow$ aerodinamika!

**összenyomható közeg** (fiz)  $\rightarrow$ összenyomható folyadék

**összetett igénybevétel** (fiz, műsz) ha a csavaró, hajlító, normál (húzó v. nyomó) és nyíró  $\rightarrow$ igénybevétel közül egyszerre több is fellép, akkor  $\sim$ ről van szó, amelynek hatására keletkező húzó- és  $\rightarrow$ csúsztatófeszültségből a mérnökök meghatároznak egy olyan egyenértékű  $\rightarrow$ húzófeszültséget, amely összehasonlítható a szakítókísérletek eredményeivel ( $\rightarrow$ szakítódiagram).

**összetett rendszer** homogén alrendszerekből álló együttes, amely szükségképpen heterogén,  $\rightarrow$ termodinamikai egyensúlyban többfázisú.

**összetett szilárdság** (műsz) 1. Egyenmű  $\rightarrow$ feszültségeknél: a.  $\sigma_{\max} = \sigma_{\text{húzó}} + \sigma_{\text{hajlító}}$ , ill.

$\sigma_{\max} = \sigma_{\text{nyomó}} + \sigma_{\text{hajlító}}$  legyen kisebb, mint a megengedett  $\rightarrow$ normálfeszültség! b. a meg-

engedett  $\rightarrow$ csúsztatófeszültséget ne haladja meg a  $\tau_{\max} = \tau_{\text{nyíró}} + \tau_{\text{csavaró}}$ ! 2. Különnemű

feszültségeknél pl. a MOHR-szerinti egyenértékű húzófeszültség:

$$\sigma_{\text{Mohr}} = \sqrt{\sigma^2 + 4(\alpha_0 \tau)^2}, \text{ ahol } \alpha_0 = \frac{\sigma_{\text{meg}}}{2\tau_{\text{meg}}}$$

ne haladja meg a megengedettet!

Megjegyzés: bizonyítható, hogy a mérnöki gyakorlatban előforduló HUBER-MISES-HENKY elmélet szerint számolt redukált feszültség a fentitnél legfeljebb 14 %-kal kisebb, tehát a MOHR-féle számítással a biztonság irányába térünk el.

**össznyomás** (fiz, hidr) (jele:  $p_0$ , mértékegysége: 1 Pa) → [dinamikus nyomás](#) és a → [statikus nyomás](#) összege. Pl. az áramlásba helyezett tárgy → [torlópont](#)jában az ~ hat, ezért az ~t szokták torlóponti nyomásnak is nevezni.

**Ősrobbanás** (fiz, kozmológia) másnéven Nagy Bumm, angolul: Big Bang. A tudomány mai állása szerint a jelenlegi Univerzum kb. 13,7 milliárd évvel ezelőtt keletkezett, amikor rendkívül nagy sűrűségű és hőmérsékletű, nagyon homogén állapotban volt, és egy úgynevezett [kvark-gluon plazma](#) (lásd. → [kvark-időszak](#)) töltötte ki. Ez nagyon nagy sebességgel kezdett tágulni, miközben az energiasűrűsége folyamatosan csökkent. Kb. 380 ezer évvel az ~ után az Univerzum energiasűrűsége annyira lecsökkent, hogy szét tudott csatolódni az anyag és a sugárzás (lásd. → [sugárzás-időszak](#)), amelyet az Univerzum anyaga mint egy izzó test bocsátott ki. Ekkor vált az Univerzum átlátszóvá, ezért csak eddig látunk az Univerzumban visszafelé az időben. Ennek a sugárzásnak a → [spektrum](#)a az úgynevezett → [feketetest sugárzás](#)ának felelt meg, → [hőmérséklete](#) pedig kb. 3000°C volt.

**paramágnes** lásd: → [anyagok mágneses tulajdonsága](#)

**paraméterazonosítás** (műsz) az a folyamat, amelynek eredményeként létrejön egy olyan absztrakt → [elemekből](#) álló → [modell](#), amelynek működése a modellalkotás tárgyát képező rendszerhez hasonlít. Az egyes absztrakt elemeket néhány paraméterével jellemezzük. Minden modell az eredeti rendszerhez képest többé-kevésbé hibásan működik. A hibát döntően befolyásolja a ~sal meghatározott paraméterek eltérése a valóságostól.

**paraxiális sugár** (fiz) az → [optikai tengely](#) közelében haladó, azzal kis szöget bezáró fénysugár.

**parciális nyomás** (fiz) → [DALTON-törvény](#).

**PASCAL törvénye** (fiz) a kvázi nyugalomban lévő cseppfolyós és légnemű folyadékok részecskéi minden irányban csillapítatlanul terjedő nyomást (→ [statikus nyomás](#)) gyakorolnak a szilárd testekre. ~ egyik műszaki alkalmazása a hidraulikus préssel (pl. gépjárművek fékrendszere, hidraulikus emelő) megvalósított → [erőátvitel](#).

**passzív rendszerelem** (műsz) működése szerint több típusú lehet. Vannak olyanok, amelyek → [energiát](#) tárolnak (→ [A és K típusú tárolók](#)), vannak, amelyek energiát disszipálnak, tehát a rendszer számára felhasználhatatlanná teszik az energiákat (→ [D típusú elemek](#)) és vannak olyanok, amelyek segítségével az energiaformák ideális esetben veszteség nélkül, a valóságban korlátozott veszteséggel egymásba átalakíthatóak (→ [átalakító](#)k).

**PAULI-féle kizárási elv** (fiz) a ~ v. röviden a kizárási elv szerint, egy atomban nem lehet két vagy több elektron ugyanazon energiaállapotban. Az atomban az egyes elektronok energiaállapotát négy kvantumszám jellemzi, amelyek közül legalább egynek különbözőnek kell lenni.

**pálya** (fiz, hidr)

(1). Az a térgörbe, amelyen a → [tömegpont](#) mozog. Általában annak pillanatnyi tartózkodási helyére mutató  $\mathbf{r}(t)$  → [helyzetvektor](#) (vektor-skalár függvény, amelynek az idő a független változója) írja le.

(2). Egy adott, pontszerű folyadék rész egymást követő pillanatokban elfoglalt helyeit összekötő görbe.

**pálya-impulzusmomentum** (fiz) a nemrelativisztikus kvantummechanikában egy adott részecske → [hullámfüggvény](#)én ható impulzusmomentum operátor.

**pályasebesség** (fiz) (jele:  $v$ , mértékegysége: 1 m/s) a  $\rightarrow$ pálya ívhosszának időszerinti deriváltja. Az ívhossz az  $\mathbf{r}(t)=x(t)\mathbf{i}+y(t)\mathbf{j}+z(t)\mathbf{k}$   $\rightarrow$ helyzetvektor komponenseinek időszerinti deriváltjával (ezt a deriválást ponttal jelöljük) számítható ki egy meghatározott  $[t_1, t_2]$  intervallumon és időfüggvényként is (az ívhossz is lehet közvetett paraméter a  $\rightarrow$ kinematikában):

$$s_{1,2} = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t) + \dot{z}^2(t)} dt$$

$$s(t) = \int_{t_0}^t \sqrt{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t) + \dot{z}^2(t)} dt$$

Az ívhossz időszerinti deriváltja a  $\sim$ :

$$v = \dot{s}(t) = \frac{ds}{dt} = \sqrt{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t) + \dot{z}^2(t)} = |\dot{\mathbf{r}}(t)|$$

Tehát a  $\sim$  a  $\rightarrow$ sebességvektor abszolút értéke.

**perdület** (fiz)  $\rightarrow$ impulzusmomentum

**perdület vektor** (fiz)  $\rightarrow$ impulzusmomentum

**periódus** (fiz) valamely  $\rightarrow$ fizikai mennyiség változásának (időben, térben) szabályosan ismétlődő szakasza.

**periódushossz** (fiz, mat) térben szabályosan ismétlődő jelenség egy  $\rightarrow$ periódusának hossza. Hullámmozgásnál a  $\sim$  megegyezik a  $\rightarrow$ hullámhosszal.

**periódusidő** (fiz) (jele:  $T$  mértékegysége: s ) A  $\sim$  vmely jelenség szabályosan ismétlődő szakaszának időtartama.

Pl.:  $\rightarrow$ körmozgás esetén egy teljes kör megtételéhez szükséges időtartam:

$$T = \frac{2r\pi}{v}$$

(Kiszámítható a  $\rightarrow$ fordulatszám segítségével is.)

**permanens mágnes** (fiz) lásd:  $\rightarrow$ mágnes.

**permittivitás** (fiz) , vákuum  $\sim$ a:

$$\epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

Dielektrikum relatív  $\sim$ a, v. dielektromos állandója  $\epsilon_r$ :

Síkkondenzátor lemezei közé  $\rightarrow$ dielektrikumot helyezve a  $\rightarrow$ kondenzátor  $\rightarrow$ kapacitása megváltozik. A változás mértéke dimenziótlanszám .

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0}$$

(A dielektrikum oldalán megjelenő töltéssűrűséget, és az  $\mathbf{E}$  térerősség irányának változását a mérnöki gyakorlatban nem mérik, homológ közeget tételeznek fel, így  $\epsilon_r$  skalár. Néhány anyag dielektromos állandóját és villamos átütési szilárdságát megtaláljuk az Alvin HUDSON, Rex NELSON: „*Útban a modern fizikához*” című könyv 27-1. táblázatában, a 643.oldalon.

Anyag	Dielektromos állandó	Dielektromos átütési szilárdság
-------	----------------------	---------------------------------

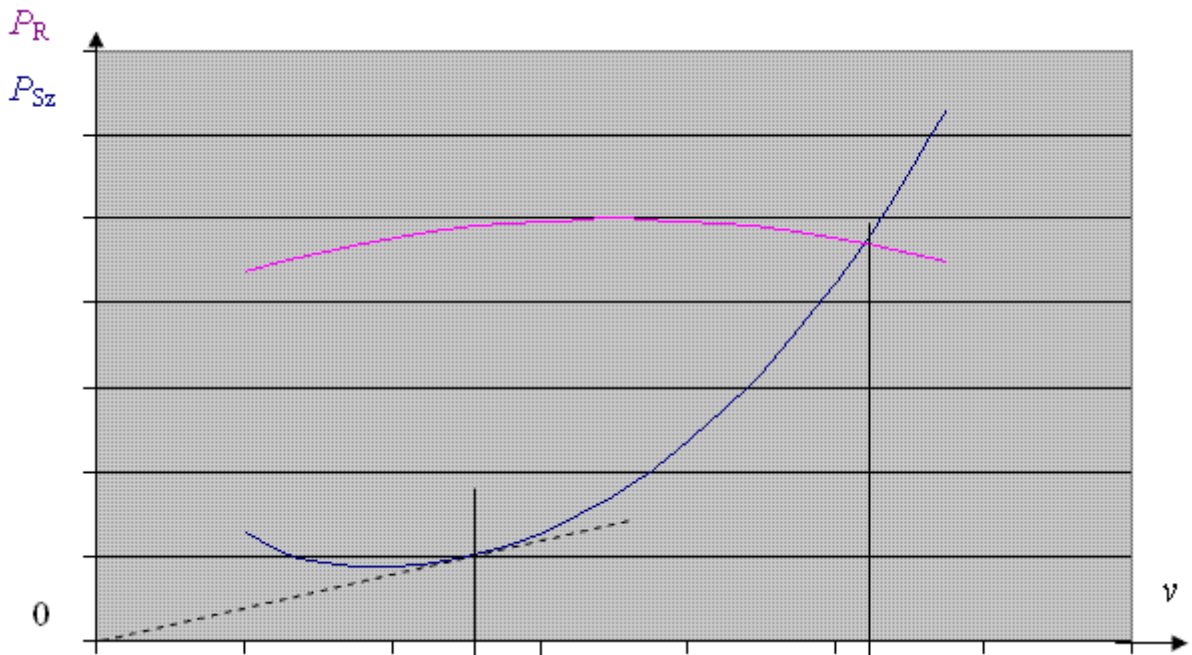
	$\epsilon_r$	<b>lárdság</b> ( $10^6\text{V/cm}$ )
Vákuum	1	8-
Száraz levegő	1,00059	21-30
Víz	81	-
Jég	3,0	
Üveg	5-16	790-1180
Paraffin	1,9-2,2	80-120
PS (Polisztirol)	2,5-3,5	220-500
Keménygumi (Ebonit)	3	150
Gumi		180-310
Csillám, Mica	4-8	2000
Calit	6,5	
Titándioxid	100	20-100

Ezek az értékek időben állandó, tiszta, por- és vízgőzmentes, homogén  $\rightarrow$  [elektromos erőtér](#)re vonatkoznak. Az átütési szilárdság *vékonyabb* szigetelő réteg esetén *relatívánagyobb*, inhomogén terekben *relatívánagyobb*. Periodikusan változó elektromos erőtér esetén ezek az értékek  $\rightarrow$  [frekvencia](#)függők; továbbá a  $\rightarrow$  [hőmérséklet](#)től is függenek. Megjegyzendő, hogy fenti adatok a különböző forrásmunkákban jelentősen szóródnak.

**perpetuum mobile** (fiz) a  $\sim$  v. *örökmozgó* olyan hipotetikus gép, amelyt, ha egyszer beindítunk, örökké mozgásban marad, miközben nem von el energiát a környezetétől, és a belső energiája is állandó szinten marad. A  $\rightarrow$  [termodinamika](#) kétféle  $\sim$ -t különböztet meg:

1. az *elsőfajú* örökmozgó olyan gép, amely több munkát végez, mint amennyi energiát felvesz a környezetétől. Egy ilyen gép  $\rightarrow$  [hatásfoka](#) nagyobb, mint 100%. Az  $\rightarrow$  [energiamegmaradás](#) törvénye, konkrétan a [termodinamika első főtétele](#) (lásd  $\rightarrow$  [termodinamika főtételei](#)) szerint ilyen gépet nem lehet készíteni.
2. a *másodfajú* örökmozgó olyan gép, amely a környezetéből felvett  $\rightarrow$  [hőt](#) teljes egészében, minden veszteség nélkül munkavégzésre tudja fordítani. Egy ilyen gép hatásfoka pontosan 100% lenne. A [termodinamika második főtétele](#) szerint ilyen gépet sem lehet készíteni.

**PÉNAUD-görbe** (rep) két diagramból álló, a motoros repülőgép vízszintes repülésének teljesítményviszonyait tükröző grafikon, amelynek vízszintes tengelyén a repülési  $\rightarrow$  [sebesség](#) található, a függőlegesről pedig a szükséges és a rendelkezésre álló  $\rightarrow$  [teljesítmény](#) olvasható le (az előbbi sötétkék görbe ábrázolja, az utóbbit pedig lila). A két görbe metszéspontja megadja a legnagyobb vízszintes repülési sebességet. Az optimális  $\rightarrow$  [utazósebesség](#)et az alsó görbéhez az origóból húzott érintő érintési pontja határozza meg.



A ~t a tragikus sorsú Alphonse PÉNAUD (1850. máj. 31. – 1880. okt. 22.) francia aviatikusról nevezték el.

**piezoelektromos átalakító** (műsz) a →[passzív rendszerelem](#)ek egy olyan változata, amellyel két energiátípus, a villamos és a mechanikai - ideális esetben veszteségmentesen - a valóságban kis veszteséggel egymásba lineárisan átalakítható, ezért szenzorként és aktuátorként egyaránt alkalmazzák. Az →[átalakító](#) lényegi részét képező piezoelektromos kristály, v. a piezoelektromos kerámia polarizált →[villamos feszültség](#) hatására irányíthatóan változtatja az alakját, miközben erő kifejtésére alkalmas (piezoelektromos mikromozgatók, ultrahang generátorok). Ugyanakkor azonban erő (nyomás) hatására alakváltozás, és ennek következtében elektromos töltés-szétválás (ennek következtében villamos feszültség) keletkezik. A villamos →[árendszer](#) árama csekély, mert az áramkör →[ellenállás](#)át - a töltések elszivárgásának megakadályozására - igen nagyra választják. A ~ szeizmikus →[tömeg](#)gel kiegészítve gyorsulásérzékelők, →[erő](#)- és →[nyomás](#)érzékelők készítésére alkalmas.

**piezoelektromosság** (fiz) A ~ olyan elektromos jelenség, melynek során bizonyos anyagokon (kristály, kerámia) összenyomás hatására elektromos →[feszültség](#) keletkezik, illetve elektromos feszültség hatására alakváltozás jön létre.

Ilyen kristály például a kvarc (SiO<sub>2</sub>). Egy piezoelektromos kristály sajátrezgését nagyon pontosan tartja, ez adja a „kvarcórák” időalapját.

A ~ és elektrostrikió felfedezése Pierre CURIE és Jacques CURIE nevéhez fűződik, akik 1880-ban felfedezték, hogy bizonyos kristályokon (kvarc, turmalin vagy a ROCHELLE-só (kálium-nátrium-tartarát KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>·4H<sub>2</sub>O)) meghatározott tengelyek mentén alkalmazott →[nyomás](#) elektromos →[töltés](#)ek megjelenését okozza a kristály felületén. A következő évben felfedezték ennek fordítottját, az elektrostrikiót: amikor elektromos →[áram](#)ot alkalmaztak a kristályon, az bizonyos tengelyek mentén megváltoztatta méretét.

**pirométer** (műsz, fiz) olyan hőmérsékletérzékelő típus, amelynél nincs közvetlen érintkezés az érzékelő és a mérendő objektum között. Több változata ismert, de működésük alapját tekintve közös tulajdonságuk, hogy a sugárzást kibocsátó test →[hőmérséklete](#) és a sugárzás spektrális összetétele közötti összefüggést, azaz a →[WIEN-törvényt](#) használják fel a mérés céljára.



**PLANCK-állandó** (fiz) (jele:  $h$ , mértékegysége: Js) A ~ arányossági tényező valamely elemi részecske (pl. → [elektron](#)) → [energiájának](#) csökkenése és a keltett [elektromágneses sugárzás](#) (l. → [színkép](#)) → [frekvenciája](#) között:  $hf = \Delta W$ , ahol  $f$  a keltett sugárzás frekvenciája;  $\Delta W$  a részecske energiájának változása. A ~ értéke:

$$h = 6,626\ 068\ 96(33) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

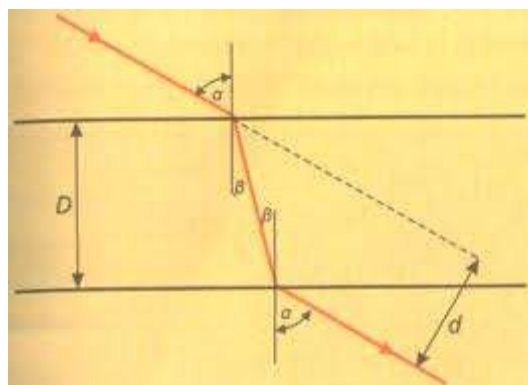
Sok esetben kényelmesebben használható a *redukált* ~, vagy másik nevén *Dirac-állandó*:

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,054\ 571\ 628(53) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$$

ahol  $\pi$  a matematika [pi](#) állandója. Kiejtése: h-vonás.

**PLANCK-időszak** (fiz, kozmológia) az → [Ősrobbanás](#) utáni  $10^{-43}$  s-ig tartó időszak (egységnyi PLANCK-idő), amely során még nem vált szét a négy → [alapvető kölcsönhatás](#), és nem léteztek az általunk ismert *elemi részecskék*. A [kvantummechanika](#) szerint értelmetlen a [PLANCK-időnél](#) rövidebb időtartamról, v. a [PLANCK-hossznál](#) (a fény egy PLANCK-idő alatt tesz meg ilyen távolságot, azaz  $1,616 \cdot 10^{-35}$  métert) rövidebb távolságról beszélni. Ennek megfelelően a Világegyetem történetét nem nullától, hanem egységnyi PLANCK-időtől kell mérni. Hasonlóan az Univerzum kezdeti mérete egységnyi PLANCK-hossz átmérőnél kezdődik, ezért soha nem volt valódi szingularitás, azaz végtelen sűrűség. 2011-ig még nincsen elfogadott, egyesített elmélete a *kvantummechanikának* és a *relativisztikus gravitációnak*.

**planparalel lemez** (fiz)



A ~ egy olyan - a levegőnél → [optikailag sűrűbb](#) - törőközeg, amelynek van két párhuzamos oldala. E két oldal távolságát nevezzük a lemez vastagságának és  $D$ -vel jelöljük. A lemezre beeső és abból kilépő fénysugarak párhuzamosak; egymástól való  $d$  távolságuk a  $D$  lemezvastagságtól, a → [relatív törésmutatótól](#) és a beeső fény → [hullámhosszától](#) függ.

**pneumatikus munkahenger** (műsz) passzív szerelemekből álló összetett rendszer, amely lényegét tekintve → [átalakító](#)ként, és ezen elemcsoporton belül → [átfordító váltó](#)ként (→ [girátor](#)) viselkedik, mert különböző fajtájú → [rendszerek](#) eltérő típusú változói között teremt lineáris kapcsolatot. A ~ a mechanikai translációs és a fluid (légnemű) rendszereket kapcsolja össze úgy, hogy a dugattyú felülete, mint a ~ paramétere, az → [erőt](#) a → [nyomással](#), a → [sebességet](#) pedig a → [térfogatáram](#)mal köti össze. Ideális ~rel az → [energiák](#) egymásba való átalakítása veszteségmentes.

**POISSON-szám** (fiz, műsz) (jele:  $m$ ) ritkán használt dimenziótlán rugalmassági állandó, amelyet Siméon Denis POISSON (1781. jún. 21. – 1869. dec. 25.) francia matematikus, elméleti fizikus definiált. Általában a ~ reciprokát, a → [POISSON-tényezőt](#) használják a mérnökök.

Megjegyzés: a szakirodalomban előfordul felcserélt elnevezése is.

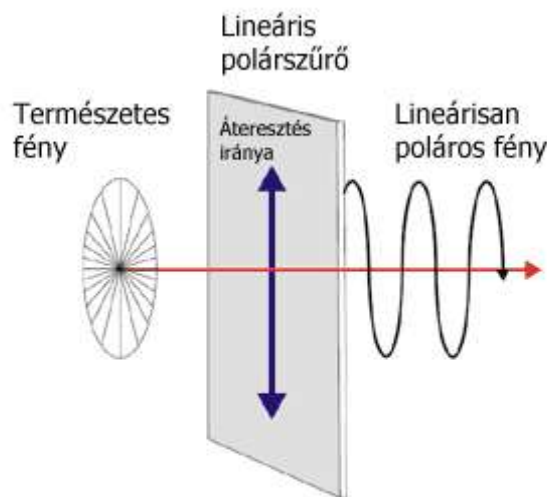
**POISSON-tényező** (fiz) (jele:  $\nu$ ) haránt-összehúzóási állandó, az anyagi minőségre jellemző, dimenzió nélküli viszonzszám, a nyújtás irányára merőleges hosszmeret relatív rövidülésének és a  $\rightarrow$ relatív nyúlásnak a hányadosa; a S. D. POISSON-ról nevezték el, de ő ennek a reciprokát, a  $\rightarrow$ POISSON-számot definiálta.

Megjegyzés: a szakirodalomban előfordul felcserélt elnevezése is.

**polarizáció** (fiz) jól ismert, hogy a mechanikai hullámok esetén akkor beszélünk polarizált hullámról, ha a  $\rightarrow$ transzverzális hullámok rezgése egy jól meghatározható síkban zajlik le. A dipólsugárással létrejött elektromágneses hullám (pl. rádióhullám) mindig polarizált, vagyis a hullámban rezgő  $\vec{E}$  vektorok mindenütt párhuzamos egyenesek mentén rezegnek.

Mivel a  $\rightarrow$ természetes fény sok atom spontán, rendezetlen hullámkibocsátásának eredménye, benne egyenlő mértékben találhatók minden irányban, statisztikusan rezgő  $\vec{E}$  és  $\vec{B}$  vektorok. A  $\sim$  az a jelenség, amely során ebből a sokféle rezgési síkkal rendelkező hullámból egyetlen síkban rezgő, tehát lineárisan poláros (síkban poláros) hullám jön létre.

A lineárisan polarizált sugárást elő lehet állítani  $\rightarrow$ kettős törést mutató kristállyal is. A polaroid szűrők is a kettőstörés jelenségén alapulnak.



forrás: [www.apioptics.com](http://www.apioptics.com)

**poláris másodrendű nyomaték** (műsz) (jele:  $I_p$ , mértékegysége:  $1 \text{ m}^4$ ) a keresztmetszetre merőleges, általában annak  $\rightarrow$ súlypontján átmenő tengelyre számított  $\rightarrow$ másodrendű nyomaték.

**pontrendszer** (fiz)  $\rightarrow$ tömegpontokból álló  $\rightarrow$ mechanikai rendszer.

**pontszerű fényforrás** (fiz) olyan  $\rightarrow$ fényforrás tekinthető pontszerűnek, amely által az észlelő helyén létrejövő megvilágítás (hibahatáron belül) a fényforrás és az észlelő közötti távolság négyzetével fordítottan arányos.

**pontszerű töltés**  $\rightarrow$ ponttöltés

**ponttöltés** (fiz) Környezetükhöz képest kicsi, elektromosan elszigetelt, töltött,  $\rightarrow$ vezető gömbök  $\sim$ nek tekinthetők.

**potenciál** (fiz, vill) (jele:  $U$ , mértékegysége:  $1 \text{ V}$ ) Az  $\rightarrow$ elektromos potenciális energia a mozgatott  $q$   $\rightarrow$ töltéssel egyenesen arányos, ezért új mennyiséget lehet bevezetni. Az egységnyi töltésre jutó elektromos potenciális energiát elektromos  $\sim$ nek nevezzük.

$$V(\mathbf{r}_b) = q \int_0^b \mathbf{E} d\mathbf{l}$$

$$U(\mathbf{r}_b) = \frac{V(\mathbf{r}_b)}{q} = \int_0^b \mathbf{E} d\mathbf{l}$$

Az elektromos ~ SI mértékegysége Joule/Coulomb (J/C), amelyet Alessandro VOLTA gróf (1745-1827) olasz fizikus tiszteletére voltunk nevezünk.

Bizonyítható, hogy a ~ negatív gradiense a térerősség:

$$\mathbf{E} = -\nabla \cdot U$$

A vektor- és tenzorszámításban használatos nabla ( $\nabla$ ) vektoroperátort szimbolizál; nevét egy föníciai eredetű húros hangszerről kapta.

$$\vec{\nabla} = \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right) = \vec{e}_x \frac{\partial}{\partial x} + \vec{e}_y \frac{\partial}{\partial y} + \vec{e}_z \frac{\partial}{\partial z}$$

ahol  $e_x$ ,  $e_y$  és  $e_z$  az  $e$  egységvektor komponensei. A nabla operátorral való skaláris „balról szorzás” a következőt jelenti:

$$\nabla f = \text{grad } f \quad \text{vagyis}$$

$$\nabla \cdot U \equiv \begin{bmatrix} \frac{\partial U}{\partial x} \\ \frac{\partial U}{\partial y} \\ \frac{\partial U}{\partial z} \end{bmatrix}.$$

**potenciális energia** (fiz, vill)

(1). → helyzeti energia (jele:  $V$ , mértékegysége: 1 J)

(2). → elektromos potenciális energia. Egy  $\mathbf{E}$  térerősségű elektromos térbe helyezett  $q$  → elemi töltésre  $\mathbf{F}$  erő hat. A töltést  $d\mathbf{l}$  távolságra elmozdítva

$$dW = \mathbf{F} d\mathbf{l} = q \mathbf{E} d\mathbf{l}$$

elemi munkavégzés történik. Egy tetszőleges görbe mentén  $a$  pontból  $b$  pontba mozgatva a → töltést a végzett → munka integrálással számítható:

$$W_{ab} = \int_a^b q \mathbf{E} d\mathbf{l}$$

Az → elektromos erőterben a végzett munka csak az  $a$  és  $b$  kezdő- és végpontoktól függ, a görbe alakjától (integrálási úttól) nem. Más szóval: az elektrosztatikai tér egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy a tér által a töltésen végzett munka független az úttól, csak az  $a$  kezdő- és a  $b$  végpont helyétől függ. Az ilyen erőteret → konzervatív erőternek nevezzük:

$$W_{ab} = V(\mathbf{r}_b) - V(\mathbf{r}_a) = \int_a^b q \mathbf{E} d\mathbf{l}$$

Ha egy tetszőleges  $a$  helyet kinevezzük zérus potenciális energiájú helynek ( $V(\mathbf{r}_a)=0$ ), akkor a  $b$  pont ~ja :

$$V(\mathbf{r}_b) = \int_0^b qE dl$$

**potenciálkülönbség** (fiz, vill) → feszültség

**potenciális örvény** (hidr) olyan → sikáramlás, amelyben az → áramlási sebesség potenciálból származtatható:  $\mathbf{v} = \text{grad} \phi_v$ , ahol  $\phi_v$  a sebességi potenciál. Ilyenkor a **rotv** vektornak az áramlás síkjára merőleges komponense sem különbözik zérustól:

$$(\text{rotv})_z = \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} = 0$$

Ha az áramvonalak koncentrikus körök, akkor egy adott  $r$  sugarú körön a  $v = v(r)$  → pályasebesség állandó. Bizonyítható, hogy ilyenkor a sebesség rotációjának  $z$  irányú komponense:

$$(\text{rotv})_z = \frac{dv}{dr} + \frac{v}{r} = 0$$

Ennek a közönséges differenciálegyenletnek a megoldása:

$$v = \frac{K}{r},$$

ahol  $K$  egy, a  $\sim$ -ra jellemző állandó, amely a forgáspont körüli bármely zárt görbére számított és állandó értékű  $\Gamma$  cirkulációtól függ:

$$\Gamma = \oint \mathbf{v} ds = 2\pi r v = \frac{2\pi r K}{r} = 2\pi K = \text{const}$$

$$K = \frac{\Gamma}{2\pi} \Rightarrow v = \frac{\Gamma}{2\pi r}$$

A fenti képletnek megfelelő sebesség-eloszlású sikáramlásban a forgástengely kivételével a **rotv** mindenütt zérus, ami azt is jelenti, hogy a folyadékreszek a  $\sim$  tengelyének kivételével nem forognak. (Ha kiengedjük a vizet a kádból, akkor a → CORIOLIS-erőtér következtében a lefolyó körül egy örvény alakul ki. Ha egy kis papírdarabot az örvény tengelyétől távolabb az áramló víz felszínére dobunk, láthatjuk, hogy miközben a lefolyót megkerüli a papírdarab, nem, vagy csak kissé fordul el saját súlypontja körül. Ez az áramlás tehát hasonló az imént meghatározott  $\sim$ -hez.)

**POYNTING-vektor** (fiz) (John Henry POYNTING [eredeti nevén Parsonage] 1852. szept. 9, Monton – 1914. márc. 30, Birmingham, angol fizikus) az elektromágneses energiaáramlást leíró vektort  $\sim$ -nak nevezzük. Definíciója:

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad \text{W/m}^2,$$

amely az időegység alatt az áramlásra merőleges felületegységen áthaladó elektromágneses energia. Az elektromágneses térben tehát energia áramlik, amelyre (is) érvényes az energiamegmaradás törvénye. Az energiaáramlás impulzussal is rendelkezik. Az impulzussűrűség szintén vektormennyiség:

$$\mathbf{g} = (\mathbf{E} \times \mathbf{H})/c^2 = \mathbf{S}/c^2 \quad \text{Ws}^2 = \text{Js}, \quad \text{ahol természetesen} \quad c^2 = (\mu_0 \epsilon_0)^{-1}$$

**pozitív töltés** (fiz) l. → negatív töltés, pozitív töltés

**pozitron** (fiz) az  $\rightarrow$ [elektron](#) antirészecskéje. A legtöbb adata azonos vele, a  $\rightarrow$ [töltés](#) jellegűek ellentétesek (elektromos töltés, leptontöltés), ezeket lásd az elektronnál. A  $\sim$  felfedezése roppant érdekes volt. A relativisztikus [kvantummechanika](#) alapegyenlete a DIRAC-egyenlet\*, amely a spint is magában foglalja (1928).

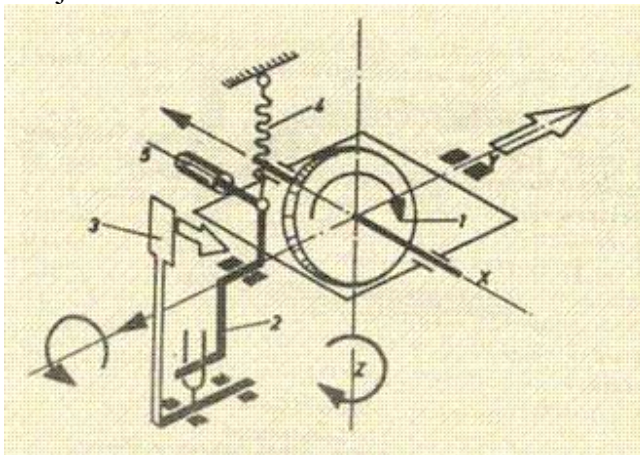
\*A DIRAC egyenletig vezető út egyik állomása a KLEIN–GORDON egyenlet, de ennél azzal a kellemetlen helyzettel szembe-sülhetünk, hogy a részecske megtalálási valószínűsége negatív érték adódik. (E probléma áthidalására PAULI és WEISSKOPF a töltéssel rendelkező részecskék esetén egy új értelmezést adott: a megtalálhatósági valószínűség helyett bevezetve a töltés-sűrűséget, a valószínűségi áramsűrűség helyett pedig a töltés-áramsűrűséget.)

A DIRAC-egyenlet négy csatolt egyenletről álló rendszer, amely negatív energiájú állapotokat is megenged; ez vezetett el a DIRAC-tenger fogalmához, az antirészecskék létezésé fel-tételezéséhez\*\*.

\*\*E hipotézisnek van magyar tudománytörténeti vonatkozása is: JÓZSEF Attila, a fiatal magyar költő az 1920-as évek második felében levelet írt volt középiskolai tanárának Bécsből. Ebben feltételezte antianyag létezését, amely normál anyaggal találkozáva sugárzó energiává alakul. Kérte tanára véleményét erről a hipotézisről. A levélváltás után hat évvel megtörtént az első antirészecske, a  $\sim$  kísérleti kimutatása. JÓZSEF Attila zsenialitása a költészetten kívül is figyelemreméltó volt.

A  $\sim$ t 1932-ben mutatta ki Carl David ANDERSON (New York, 1905. szeptember 3. – San Marino, Kalifornia, 1991. január 11.) Nobel-díjas amerikai kísérleti fizikus.

**pörgettyűhatás** (fiz, rep) az  $\rightarrow$ [EULER-féle pörgettyűegyenlet](#)tel leírható, laikusok számára meglepő jelenség, amely a  $\rightarrow$ [precessziós nyomaték](#) ama tulajdonságán alapul, hogy gyorsan forgó tárgy (pörgettyű) tengelyét kimozdítani akaró külső  $\rightarrow$ [erő](#) irányára merőleges elmozdulást produkál. A  $\sim$  egyik gyakorlati alkalmazását jelenti a repülőgépek elfordulás-jelző műszere. Az  $\rightarrow$ [elfordulás](#) hatására keletkező precessziós nyomatékkal egy ún. visszatérítő  $\rightarrow$ [rugó](#)  $\rightarrow$ [nyomaték](#)a tart egyensúlyt, így a műszer kanalas kijelzőjének kitérése a repülőgép függőleges tengelye körüli  $\rightarrow$ [szögsebességgel](#) arányos. Az alábbi rajzon a műszer szerkezeti vázlatja, a képen pedig egy II. világháborús német elfordulás-jelző (Wendezeiger) látható golyós csúszásjelzővel:



Forrás: [http://www.pumaszallas.hu/elmelet-muszaki/Muszaki\\_17old.html](http://www.pumaszallas.hu/elmelet-muszaki/Muszaki_17old.html)

Két elfordulás-jelzővel végzett kísérlet kb. 5 perces videofilmjének forrása: <http://www.youtube.com/watch?v=yc2pYsYHGLE>

Megjegyzés: a  $\sim$ on alapuló műszereket még kiterjedten alkalmazzák a repülésben, de ma már kiszorítják a mozgó alkatrészt nem tartalmazó, SAGNAC -effektuson alapuló koherens optikai műszerek (lásd pl. [Mobilis robotok navigációs kérdései](#) 17-18. lap v. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sagnac\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Sagnac_effect)).

**precesszió** (fiz, műsz, csill) szimmetriatengelye körül forgó test olyan mozgása, amikor a szimmetriatengely egyik pontja szintén  $\rightarrow$ [forgó mozgást](#) végez egy, a szimmetriatengelyt egy rögzített pontban metsző külső tengely körül. Ilyen a szimmetrikus pörgettyű forgástengelyének külső  $\rightarrow$ [forgatónyomaték](#) hatására bekövetkező mozgása. Egyszerű  $\sim$ s mozgás esetén, ha a forgatónyomaték állandó, akkor a tengely a forgatónyomatéokra merőlegesen, egy körkúp

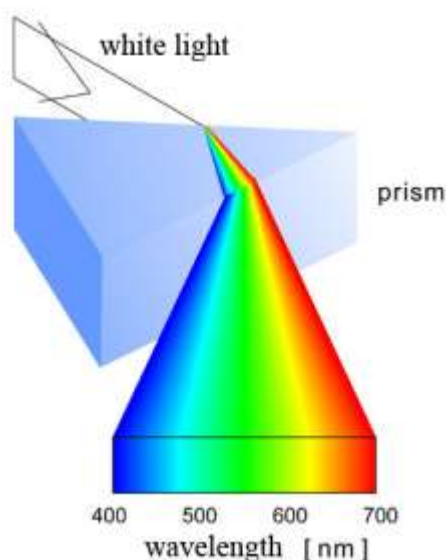
palástja mentén egyenletesen mozog (végpontjai köröket írnak le). Ha egy nagy  $\rightarrow$ fordulatszámú, ún. súlyos pörgettyű szimmetriatengelye nem illeszkedik a  $\rightarrow$ nehézségi gyorsulás vektorára, akkor a nehézségi erő nem billenti le, hanem a nehézségi gyorsulás vektorára illeszkedő képzeletbeli szimmetriatengelyű körkúpot ír le a forgástengelye.

Megjegyzés: ~nak nevezik az égitestek  $\rightarrow$ gravitációs erőrendszerének a forgó Földre gyakorolt ama hatását is, amelynek következtében  $23^\circ 27'$  dőlésszögű forgástengelye kb. 25 920 év periódusidejű ~s mozgást végez. A ~t előidéző fő forgatónyomatékok a Nap és a Hold gravitációs erejétől keletkeznek, és ez a luniszoláris ~ a forgási ellipszoid alakú Föld egyenlítői síkját az ekliptika (a Nap pálya) síkjába igyekszik beforgatni. Ennek tudható be a tavaszpont (a Nap éves látszólagos mozgásakor, a tavaszi napéjegyenlőségkor, márc. 21-én, az égbolt D-i részéről itt lép az É-ira) helyének évi  $50,3''$ -nyi eltolódása Ny-ra.

**precessziós nyomaték** (fiz) (jele:  $M_{pr}$ , mértékegysége: 1 Nm) az  $\rightarrow$ EULER-féle pörgettyű-egyenlet egyik tagja:  $M_{pr} = N \times \omega$ , ahol  $N$  a gyorsan forgó test  $\rightarrow$ perdülete, v.

$\rightarrow$ impulzusmomentuma és  $\omega$  a gyorsan forgó test forgástengelye külső hatásra történő  $\rightarrow$ elfordulásának  $\rightarrow$ szögsebesség-vektora. Mivel a ~ mindkét ( $N$  és  $\omega$ ) vektorra merőleges, ezért a következtében fellépő  $\rightarrow$ pörgettyűhatást a laikusok meglepőnek tartják.

**prizma** (fiz) az optikai ~ fényáteresztő anyagból készült, hasáb alakú, két párhuzamos síklap által határolt, valamint a két sík párhuzamos oldalra merőleges irányban három egymással szöget bezáró oldallappal határolt test.

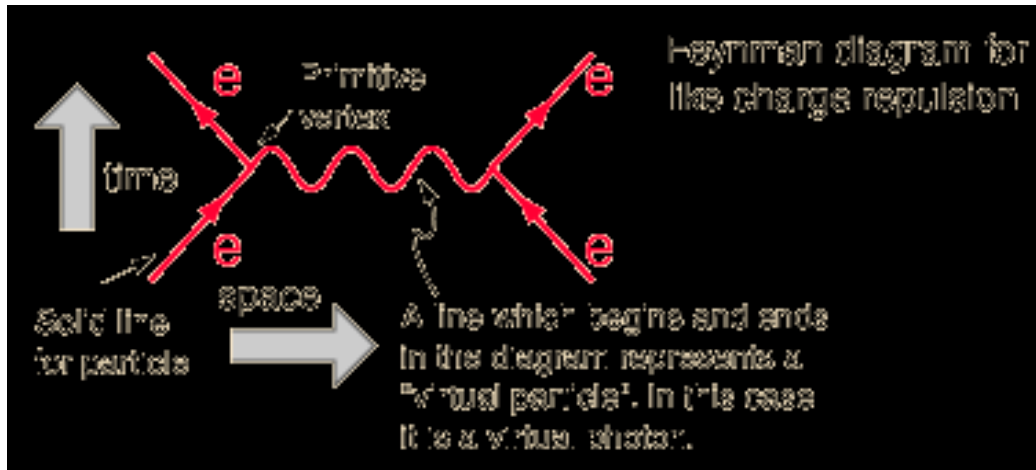


**prizmatikus rúd** (műsz, fiz) olyan rúd, amelynek hossz méretéhez képest elhanyagolhatóan kicsinyek keresztmetszeti méretei.

**proton** (fiz) a hidrogénatom magja. Tömege 1836-szorosa az elektronénak, jó közelítéssel ugyanakkora, mint a  $\rightarrow$ neutroné. Villamos töltése pozitív és ugyanakkora, mint az elektroné. Az atommagok építőköve: a magban levő ~ok száma határozza meg az atom, ill. elem  $\rightarrow$ rendszámát ( $Z$ ).

**QCD** (fiz) a (**Q**uantum **C**hromo **D**ynamics) az  $\rightarrow$ erős kölcsönhatás kvantumelmélete. Az erős kölcsönhatás a  $\rightarrow$ kvarkok és a  $\rightarrow$ gluonok között hat (ezek építik fel a  $\rightarrow$ hadronokat, pl.  $\rightarrow$ proton,  $\rightarrow$ neutron,  $\rightarrow$ pion). A ~ elmélet szerint az erős kölcsönhatás ereje a távolsággal növekszik (rugóerő jellegű). Elméletileg két kötött kvark szétválasztásához végtelen energiára lenne szükség. Az aszimptotikus szabadság azt jelenti, hogy extrém nagy energiákon (vagyis extrém kis távolságokon belül) a kvark-gluon kölcsönhatás már nagyon gyenge.

**QED** (fiz) a (Quantum Electro Dynamics) az elektromágneses kölcsönhatás *kvantumelmélete*. Az elméletet Richard FEYNMAN, Julian SCHWINGER és Sin-itiro TOMONAGA fejlesztette ki. Megjegyzés: Richard Phillips FEYNMAN (1918. máj. 11, New York – 1988. febr. 15, Los Angeles), NOBEL-díjas (1965) amerikai elméleti fizikus, Julian Seymour SCHWINGER (1918. febr. 12, New York – 1994. júl. 16, Los Angeles), NOBEL-díjas (1965) amerikai elméleti fizikus, Sin-itiro TOMONAGA (1906. márc. 31, Tokyo – 1979. júl. 8, Tokyo), NOBEL-díjas (1965) japán elméleti fizikus.

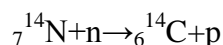


Elektronok virtuális fotonok által közvetített kölcsönhatásának FEYNMAN-gráfja a QED szerint

**radioaktivitás** (fiz) bizonyos atommagok spontán bomlása, amelyet alfa részecskék (hélium mag), béta részecskék (elektronok v. pozitronok) kibocsátása, v. gamma sugárzás (rövid hullámhosszú elektromágneses sugárzás) kísér. Természetes ~ a természetben előforduló ún. radioizotópok spontán szétesésének eredménye. Számos radioizotóp három radioaktív sorozatba sorolható, amelyek vége egy stabil ólomizotóp. A bomlás sebességét (felezési idő) a kémiai változások v. bármely környezeti hatás nem befolyásolja. A bomlás lefolyása – a statisztikus ingadozásoktól eltekintve - exponenciális. A ~ indukálható számos magban → neutronokkal v. más részecskékkel való bombázással.

**radioaktív sorozat** (fiz) a radioaktív atommagok olyan sorozata, amelyben a sorozat minden egyes tagja az őt megelőző mag (→ nuklid) bomlásával keletkezik. Három ~ fordul elő a természetben, ezek: a tórium-232 (a tórium sorozat), az urán-235 (aktínium sorozat) és az urán-238 (urán sorozat). Mindhárom sorozatnak az ólom egy stabil izotópja a vége.

**radiokarbon kormeghatározás** (fiz) módszer a biológiai eredetű régészeti leletek (növény, mag, bőr stb.) korának meghatározására. A kozmikus sugárzás hatására a légköri nitrogénmagok egy hányada a → neutron bombázás miatt szén-14 radioaktív maggá alakul:



Pl. az élő fák és más növények a fotoszintézis során széndioxidként valamennyit felvesznek a radioaktív szénatomokból. A fa kivágásakor a fotoszintézis megszűnik, a radioaktív szénnek a stabil szénatomhoz viszonyított aránya a radiokarbon bomlásával csökken – elindul a radioaktív óra. A mintában található  ${}^{14}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  arány megmérhető, és lehetővé teszi a fa kivágásától eltelt idő kiszámítását. A módszerrel kapott eredmények jól használhatók egészen a  $\leq 40\,000$  éves mintákig, bár pontosságuk függ a múltban létezett kozmikus sugárzás intenzitására vonatkozó feltevésektől. Ezért a régi mintáknál korrekciót kell alkalmazni. A ~ technikát W. LIBBY dolgozta ki kollégáival, 1946-1947-ben.

Megjegyzés: Willard Frank LIBBY (1908. dec. 17, Grand Valley – 1980. szept. 8, Los Angeles), NOBEL-díjas (1960) amerikai fizikus.

**rakétamozgás** (fiz) a változó tömegű test mozgásának az a speciális esete, amikor a mozgó test haladási irányával ellentétesen nagy abszolút értékű  $\rightarrow$  relatív sebességgel bocsát ki anyagot, de nem nyel el másikat (ezzel ellentétben pl. a sugárhajtómű, beszívja az égéshez szükséges oxigént tartalmazó levegőt). A rakéta magával viszi a tüzelőanyagot és az oxidálószer is, ezért képes légüres térben is gyorsulni.  $\rightarrow$  CIOLKOVSZKIJ-CIVITA-egyenlet.

**RAYLEIGH-féle csillapítási függvény** (fiz) Lord RAYLEIGH (J. W. STRUTT) és L. ONSAGER által – speciális esetekben – bevezetett disszipációs függvények általánosítása kontinuumok esetén lokálisan is létezik. (Ezen alapszik a GYARMATI-elv, amellyel itt nem foglalkozunk [1].) Megelégszünk egy jóval egyszerűbbel, amely a  $\rightarrow$  disszipált teljesítmény képletében lévő sebességvektor kitevőjén alapul. Az általánosított RAYLEIGH-függvény:

$$R(\dot{\mathbf{q}}) = \sum_{j=1}^m \frac{P_{Dj}(\dot{\mathbf{q}}_j)}{\alpha_j},$$

amely  $\alpha_j=2$ -re az ismert, speciális RAYLEIGH-függvény.

Egy példán keresztül mutatunk be egy konkrét  $R(\dot{\mathbf{q}})$  függvényt, amely az általános  $\rightarrow$  sebesség függvénye. Példánkban az aerodinamikai  $\rightarrow$  közegellenállást kívánjuk figyelembe venni síkbeli  $\rightarrow$  ferdehajításnál, vagy repülőgép mozgásának leírásánál. Az  $\rightarrow$  ellenállási erő:

$$\mathbf{F}_e = -\frac{\rho}{2} \dot{\mathbf{q}} |\dot{\mathbf{q}}| c_e A$$

A disszipált teljesítmény:

$$P_D = \frac{\rho}{2} |\dot{\mathbf{q}}|^3 c_e A, \text{ ahol } |\dot{\mathbf{q}}| \hat{=} \sqrt{\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

E függvény  $\rightarrow$  sebességkomponens szerinti parciális deriváltja megadja az ellenállási erő elmentettjének a komponensét. Ennek alapján meghatározható az ismeretlen  $\alpha$  (most csak egyetlen van belőle).

Bevezetjük a  $v=|\dot{\mathbf{q}}|$  jelölést, és pl.  $x$  irányában:

$$\frac{\partial R}{\partial v_x} = \frac{3\rho v^2}{2\alpha} \cdot \frac{v_x}{v} \cdot c_e A = \frac{3\rho v v_x c_e A}{2\alpha} = -F_{ex} = \frac{\rho v v_x c_e A}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v^3}{\partial v_x} = 3v^2 \cdot \frac{\partial v}{\partial v_x} = 3v^2 \cdot \frac{\partial \sqrt{v_x^2 + v_y^2}}{\partial v_x} = 3v^2 \cdot \frac{2v_x}{2\sqrt{v_x^2 + v_y^2}} = 3v^2 \cdot \frac{v_x}{v} \end{array} \right\}$$

A két oldalt összehasonlítva az eredmény:  $\alpha=3$ . Tehát  $\alpha_j$  mindig az aktuális általánosított sebesség kitevője.

A példa végeredménye:

$$R(\dot{\mathbf{q}}) = \frac{\rho}{6} |\dot{\mathbf{q}}|^3 c_e A$$

Az általános LAGRANGE-egyenlet:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i} = f_i$$

Például síkbeli ferdehajításnál, az  $m$  tömegű testre a LAGRANGE-függvény:

$$L = \frac{mv^2}{2} - mgy$$



$$\frac{\partial L}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial y} = -mg, \quad \frac{\partial L}{\partial v_x} = mv_x, \quad \frac{\partial L}{\partial v_y} = mv_y$$

$$f_x = f_y \equiv 0, \quad \frac{\partial R}{\partial v_x} = \frac{\rho c_e A v v_x}{2} \quad \text{és} \quad \frac{\partial R}{\partial v_y} = \frac{\rho c_e A v v_y}{2}$$

Az idő szerinti deriváltak rendre:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial v_x} \right) = m\dot{v}_x \quad \text{és} \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial v_y} \right) = m\dot{v}_y$$

A LAGRANGE-egyenletbe helyettesítve és a gyorsuláskomponensekre rendezve azt, a vég-eredmény:

$$\begin{cases} a_x = \dot{v}_x = -\frac{\rho c_e A v v_x}{2m} \\ a_y = \dot{v}_y = -g - \frac{\rho c_e A v v_y}{2m} \end{cases}$$

Irodalom:

1. Verhás József: *Termodinamika és reológia*, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1985 pp. 109-116.

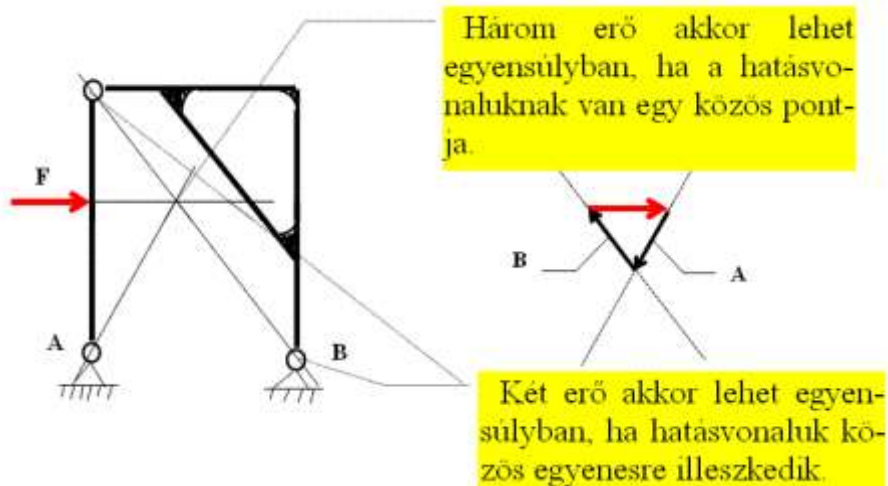
**rácsállandó** (fiz) → [optikai rács](#) esetén a párhuzamos rések (v. karcolatok) egymás közötti távolsága.

**rádióhullám** (fiz) olyan → [elektromágneses hullám](#), amelynek → [frekvenciája](#) 100 kHz és 300 GHz között van. A ~okat frekvencia- v. hullámsávjuk alapján osztályozzák:

Megnevezés	Frekvencia- és hullámsáv	Alkalmazás
Hosszú hullámok	$f < 300 \text{ kHz}$ $\lambda > 1 \text{ km}$	Navigáció, irányadók
Középhullámok	$300 \text{ kHz} < f < 3 \text{ MHz}$ $100 \text{ m} < \lambda < 1000 \text{ m}$	AM-műsorszórás, tengeri rádiózás
Rövidhullámok	$3 \text{ MHz} < f < 30 \text{ MHz}$ $10 \text{ m} < \lambda < 100 \text{ m}$	Műsorszórás, amatőr rádiózás
URH (méteres hullámok)	$30 \text{ MHz} < f < 300 \text{ MHz}$ $1 \text{ m} < \lambda < 10 \text{ m}$	TV, mobil rádiózás, FM-műsorszórás
URH (deciméteres hullámok)	$300 \text{ MHz} < f < 3 \text{ GHz}$ $0,1 \text{ m} < \lambda < 1 \text{ m}$	TV, műholdas összeköttetések, mobiltelefon
Mikrohullám (centiméteres hullámok)	$3 \text{ GHz} < f < 30 \text{ GHz}$ $10 \text{ cm} < \lambda < 100 \text{ cm}$	Légi radar, mikrohullámú összeköttetések, mobilrádió, műholdas összeköttetések
Mikrohullám (milliméteres hullámok)	$30 \text{ GHz} < f < 300 \text{ GHz}$ $1 \text{ mm} < \lambda < 10 \text{ mm}$	Radar

Forrás: Szász Gábor, Kun István, Zsigmond Gyula: *Kommunikációs rendszerek*, LSI Oktatóközpont, Bp. 2000. pp. 233.

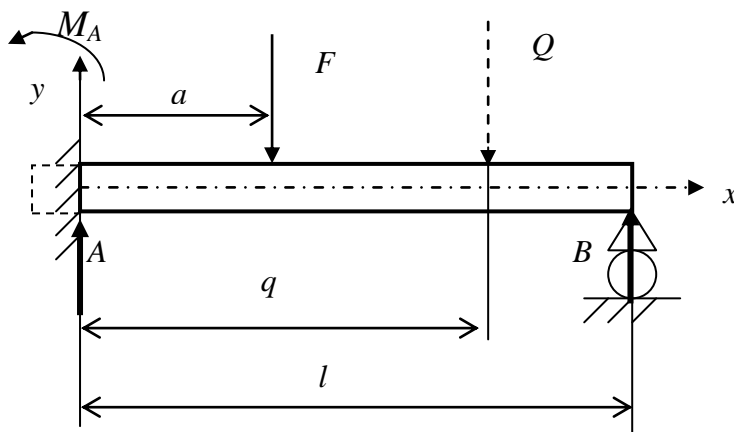
**reakcióerő** (fiz) a → [kényszer](#)eknél fellépő, → [statikai egyensúly](#) kialakításában szerepet játszó → [erők](#) egyike. A ~ket is számba kell venni az → [igénybevétel](#)ek meghatározásakor. Az alábbi vázlat pl. a ~k szerkesztéssel való meghatározására egy statikailag határozott, síkbeli → [tartószerkezet](#) rögzítő csuklóinál. A szerkesztés → [a statika alaptételei](#) közül főleg az 1. és a 2., továbbá a 3. és az 5. alkalmazásával történt.



A ~k → hatásvonalának ismeretében már csak párhuzamost kell szerkeszteni, és a záródó erő-sokszögről az **A** és **B** ~ vektora már áthelyezhető a megfelelő csuklóhoz.

Megjegyzés: A ~ (ellenhatás) az akcióerő (hatás) ellentétpárja → NEWTON III. törvényében.

**reakciónyomaték** (fiz) a → kényszereknél fellépő, → statikai egyensúly kialakításában szerepet játszó → forgatónyomatékok egyike. A ~okat is számba kell venni az → igénybevételek meghatározásakor. Pl. egy befogott rúd statikailag határozatlan alátámasztással:



A befogásnál függőleges irányú → reakcióerő és koncentrált ~ ébred. Az alátámasztásnál keletkező függőleges irányú reakcióerővel együtt ez három ismeretlen, de csak két → statikai egyenlet írható fel, ezért ez a szerkezet egyszeresen határozatlan, tehát → alakváltozási egyenletre is szükségünk van. A → rugalmas szál differenciálegyenletét alkalmazzuk a rúd lehajlásának kiszámítására.

Pl., ha egy 8 méter hosszú, 80 mm-es I-szelvényt ( $I_z E = 160268 \text{ Nm}^2$ ) a befogástól 3 m-re terhelünk  $F = 2 \text{ kN}$  erővel, és önsúlyát is figyelembe vesszük ( $p = 58,37 \text{ kg/s}^2$ ) → megoszló terheléssel, akkor a nyomatéki függvény:

$$M(x) = Ax - M_A - \frac{x^2 p}{2} - \begin{cases} 0, & \text{ha } x < a \\ (x - a)F, & \text{ha } x \geq a \end{cases}$$

A → NAVIER-képlet szerint

$$\frac{1}{\rho} = \frac{y''}{\sqrt{(1 + y'^2)^3}} = \frac{M(x)}{I_z E} \Rightarrow I_z E y'' \cong M(x) \Rightarrow I_z E y'(x) \cong K_1 + \int M(x) dx$$

$$\Rightarrow I_z E y(x) \cong K_1 x + K_2 + \iint M(x) (dx)^2$$

Az integrálásnál felhasználjuk az  $\int (x - \alpha)^n dx = \frac{(x - \alpha)^{n+1}}{n + 1}$  összefüggést.

$$I_z Ey'(x) \cong K_1 + \int M(x) dx = K_1 + \frac{Ax^2}{2} - M_A x - \frac{x^3 p}{6} - \begin{cases} 0, & \text{ha } x < a \\ \frac{F(x-a)^2}{2}, & \text{ha } x \geq a \end{cases}$$

A befogásnál nincs szögelfordulás, tehát  $\text{tg}\varphi = 0$ , azaz  $I_z Ey'(0) = K_1 = 0$ .

A függőleges  $\rightarrow$  elmozdulás függvénye a  $\rightarrow$  merevséggel szorozva:

$$I_z Ey(x) \cong K_2 + \iint M(x)(dx)^2 = K_2 + \begin{cases} \frac{Ax^3}{6} - \frac{M_A x^2}{2} - \frac{x^4 p}{24}, & \text{ha } x < a \\ \frac{F(x-a)^3}{6}, & \text{ha } x \geq a \end{cases}$$

A befogásnál és az alátámasztásnál nincs elmozdulás, vagyis

$$I_z Ey(0) \cong K_2 = 0$$

$$I_z Ey(l) \cong \frac{Al^3}{6} - \frac{M_A l^2}{2} - \frac{l^4 p}{24} - \frac{F(l-a)^3}{6} = 0$$

$$Al^3 - 3M_A l^2 = \frac{pl^4}{4} + F(l-a)^3$$

A statikai egyenletek (erők és nyomatékok egyensúlya alapján):

$$\left. \begin{aligned} A + B &= F + lp \\ M_A + lB &= aF + \frac{l^2 p}{2} \end{aligned} \right\}$$

Az első statikai egyenletet  $l$ -lel szorozva, majd ebből a nyomatéki egyensúlyi egyenletet kivonva  $B$  reakcióerő kiküszöbölhető:

$$lA - M_A = \frac{l^2 p}{2} + (l - a)F$$

A statikai egyenlet  $l^2$ -szereséből az alakváltozást kivonva az  $A$  reakcióerő is kiküszöbölhető:

$$2l^2 M_A = a(l-a)(2l-a)F + \frac{l^4 p}{4}$$

$$M_A = \frac{a(l-a)(2l-a)F}{2l^2} + \frac{l^2 p}{8} =$$

$$= \frac{15 \cdot 13000}{64} + 8 \cdot 58,37 = 3513,835 [\text{Nm}] \cong 3513,8 [\text{Nm}]$$

Az  $A$  reakcióerő:

$$A = \frac{M_A + (l-a)F}{l} + \frac{lp}{2} = \frac{13513,835}{8} + 4 \cdot 58,37 \cong 1922,7[\text{N}]$$

A B reakcióerő:

$$B = F + lp - A = 544,250625[\text{N}] \cong 544,3[\text{N}]$$

Ellenőrzés:

$$\begin{aligned} I_z E y(l) &\cong \frac{Al^3}{6} - \frac{M_A l^2}{2} - \frac{l^4 p}{24} - \frac{F(l-a)^3}{6} = \\ &= 32 \left( \frac{8 \cdot 1922,709375 - 16 \cdot 58,37}{3} - 3513,835 \right) - \frac{125000}{3} = 0 \end{aligned}$$

A rúd lehajlása a koncentrált terhelés támadáspontjánál:

$$\begin{aligned} y(a) &\cong \frac{a^2}{2I_z E} \left( \frac{aA}{3} - M_A - \frac{a^2 p}{12} \right) \cong \\ &\cong \frac{4,5(1922,7 - 3513,8 - 0,75 \cdot 58,37)}{160268} \cong -0,0459[\text{m}] = -45,9\text{mm} \end{aligned}$$

A feladat megoldható  $\rightarrow$  [CASTIGLIANO tételével](#) is. Az alakváltozás miatti  $\rightarrow$  [potenciális energiát](#), illetve az alakváltozási függvényeket meghatározzuk a jobbról felírható nyomatéki függvény segítségével, hogy az alátámasztásnál érvényes feltételt figyelembe vehessünk.

$$M_2(x) = B(l-x) - \frac{p(l-x)^2}{2} - \begin{cases} 0, & \text{ha } x > a \\ (a-x)F, & \text{ha } x \leq a \end{cases}$$

Az alátámasztásnál nincs elmozdulás, tehát

$$\begin{aligned} y_B = \frac{\partial U}{\partial B} &= \frac{1}{I_z E_0} \int_0^l \frac{\partial M_2}{\partial B} M_2(x) dx = \frac{1}{I_z E_0} \int_0^l (l-x) M_2(x) dx = 0 \\ \Rightarrow \int_0^l \left[ (l-x)^2 B - \frac{p(l-x)^3}{2} \right] dx - F \int_0^a (l-x)(a-x) dx &= \\ &= \left[ \frac{p(l-x)^4}{8} - \frac{B(l-x)^3}{3} \right]_0^l - F \left[ \frac{x^3}{3} - \frac{(a+l)x^2}{2} + alx \right]_0^a = \\ &= \frac{l^3 B}{3} - \frac{l^4 p}{8} - F \left[ \frac{a^3}{3} - \frac{(a+l)a^2}{2} + a^2 l \right] = 0 \end{aligned}$$

$$B = \frac{3lp}{8} + \frac{a^2(3l-a)F}{2l^3} = 3 \cdot 58,37 + \frac{9 \cdot 21 \cdot 2000}{2 \cdot 8 \cdot 64} = 544,250625[\text{N}] \cong 544,3[\text{N}]$$

Látszik, hogy a kapott eredmény megegyezik a rugalmas szál differenciálegyenletével és a statikai egyenletekkel kiszámítottal. Az erőegyensúlyi egyenletből a másik reakcióerő is kiszámítható:

$$A = F + lp - B = 2000 + 8 \cdot 58,37 - 544,250625 = 1922,709375[\text{N}] \cong 1922,7[\text{N}]$$

A nyomatéki egyenletből a  $\sim$  kiszámítható:

$$M_A = aF + \frac{l^2 p}{2} - lB = 6000 + 32 \cdot 58,37 - 8 \cdot 544,250625 \cong 3513,8[\text{Nm}]$$

A rúd lehajlása a koncentrált terhelés támadáspontjánál:

$$\begin{aligned}
y_F &= \frac{\partial U}{\partial F} = \frac{1}{I_z E} \int_0^l \frac{\partial M_2}{\partial F} M_2(x) dx = \frac{1}{I_z E} \int_0^a (x-a) M_2(x) dx = \\
&= \frac{1}{I_z E} \left\{ \int_0^a \underbrace{(x-a)}_u \left[ \underbrace{B(l-x) - \frac{p(l-x)^2}{2}}_{v'} \right] dx + F \int_0^a (x-a)^2 dx \right\} = \\
&\quad u' = 1 \text{ és } v = \frac{p(l-x)^3}{6} - \frac{B(l-x)^2}{2} \\
&= \frac{1}{I_z E} \left\{ \frac{(x-a)(l-x)^2}{2} \left[ \frac{p(l-x)}{3} - B \right] \right\}_0^a + \\
&\quad + \frac{1}{2I_z E} \int_0^a \left[ B(l-x)^2 - \frac{p(l-x)^3}{3} \right] dx + \frac{F}{3I_z E} \left[ (x-a)^3 \right]_0^a = \\
&= \frac{1}{6I_z E} \left\{ (l-a)^3 \left[ \frac{p(l-a)}{4} - B \right] + l^2 \left[ (l-3a)B + \frac{lp}{4}(4a-l) \right] \right\} + \frac{a^3 F}{3I_z E} = \\
&= \frac{125(1,25 \cdot 58,37 - 544,25) + 64(8 \cdot 58,37 - 544,25)}{6 \cdot 160268} + \frac{18000}{160268} \cong 0,0459[\text{m}] = 45,9\text{mm}
\end{aligned}$$

Természetesen ez az eredmény is megegyezik a másik módszerrel számítottal, ha figyelembe vesszük azt a körülményt, hogy ez a lehajlás azért pozitív, mert az  $F$  erő irányába mutató alakváltozás vetületét kapjuk CASTIGLIANO tételével.

A befogástól tetszőleges  $q$  távolságban a lehajlást nagyon komplikált módon lehet meghatározni CASTIGLIANO tételével. Feltételezzük, hogy  $q$  távolságban egy zérusértékű, lefelé ható  $Q$ -val jelölt  $\rightarrow$ [koncentrált terhelés](#) is van. Ezzel a nyomatéki függvény az alábbi lesz:

$$M_3(x) = M_2(x) - \begin{cases} 0, & \text{ha } x > q \\ (q-x)Q, & \text{ha } x \leq q \end{cases}$$

Szükség van  $M_3(x)$   $Q$  szerinti parciális deriváltjára:

$$\frac{\partial M_3}{\partial Q} = \begin{cases} 0, & \text{ha } x > q \\ x - q, & \text{ha } x \leq q \end{cases}$$

A lehajlás  $q$ -tól függő értéke CASTIGLIANO tételével (formálisan felhasználjuk a korábbi rész-eredményt úgy, hogy  $a$  helyébe  $q$ -t helyettesítünk):

$$\begin{aligned}
y_Q &= \frac{\partial U}{\partial Q} = \frac{1}{I_z E} \int_0^l \frac{\partial M_3}{\partial Q} M_3(x) dx = \\
&= \frac{1}{I_z E} \left\{ \int_0^q (x-q) \left[ B(l-x) - \frac{p(l-x)^2}{2} \right] dx + \int_0^{\min(a,q)} \underbrace{(x-q)}_u \underbrace{(x-a)}_{v'} F dx \right\} = \\
&\quad u' = 1 \text{ és } v = \frac{(x-a)^2}{2}
\end{aligned}$$

$$= \frac{1}{6I_z E} \left\{ (l-q)^3 \left[ \frac{p(l-q)}{4} - B \right] + l^2 \left[ (l-3q)B + \frac{pl}{4}(4q-l) \right] \right\} + \frac{F}{6I_z E} \left[ (x-a)^2 (2x+a-3q) \right]_0^{\min(a,q)}$$

Ellenőrzés: Kiszámítjuk a lehajlást a rúd közepén; először a rugalmas szál differenciálegyenlete alapján, majd CASTIGLIANO tételével.

1.

$$y(4) = \frac{\frac{32}{3}(1922,7 - 58,37) - 8 \cdot 3513,8 - \frac{1000}{3}}{160268} \cong -0,0534[\text{m}] = -53,4\text{mm}$$

2.

$$y_Q = \frac{32(17 \cdot 58,37 - 5 \cdot 544,25) + 81000}{3 \cdot 160268} \cong 0,0534[\text{m}] = 53,4\text{mm}$$

Tehát az előjel korábbi értelmezésével, az eredmények megegyeznek.

**reális rendszerem** (műsz) az idealizálttal ellentétben mindig elosztott paraméterű, és viselkedését tekintve nemlineáris. Példaként megemlíthető, hogy egy érpár, egy villamos vezetődarab, csak ideálisan tekinthető  $\rightarrow$  ellenállásnak. Valóságos viselkedése egy bizonyos frekvenciatartomány felett csak elosztott  $\rightarrow$  induktivitásokkal, ellenállásokkal és  $\rightarrow$  kondenzátorokkal  $\rightarrow$  modellezhető. Hasonlóképpen nem tekinthető bizonyos gerjesztés típusok esetén a mechanikában egy lemez egyetlen pontba koncentrált  $\rightarrow$  tömegnek, hanem kizárólag veszteséges rugókkal egymáshoz kötött, elosztott tömegű, csatolt lengő  $\rightarrow$  rendszernek.

**redukált tömeg** (fiz) (jele:  $m_{\text{red}}$ , mértékegysége: 1 kg) a  $\rightarrow$  mechanikai rendszer nem, v. nem csak haladó mozgást végző részeinek tehetetlensége átszámítható energiatárolás szempontjából egyenértékű  $\rightarrow$  tömegre, és ez a  $\sim$ nek nevezett mennyiség hozzáadható a haladó mozgást végző tömeghez. Pl. a hullámvasút kerekei nem csak a haladással, hanem a forgással is tárolnak  $\rightarrow$  mozgási energiát. Egyik tengelyén lévő kerekében a forgás következtében tárolt mozgási energia:

$$E_k = \frac{\Theta \omega^2}{2} = \frac{m_t r_i^2 v^2}{2 r_f^2},$$

ahol  $\Theta$  a tengely, a kerék és a fék együttes  $\rightarrow$  tehetetlenségi nyomatéka,

$m_t$  a tengely, a kerék és a fék együttes tömege,

$r_i$  az  $\rightarrow$  inerciasugár,

$r_f$  a futófelület körének sugara és

$v$  a hullámvasút haladási  $\rightarrow$  sebességének abszolút értéke.

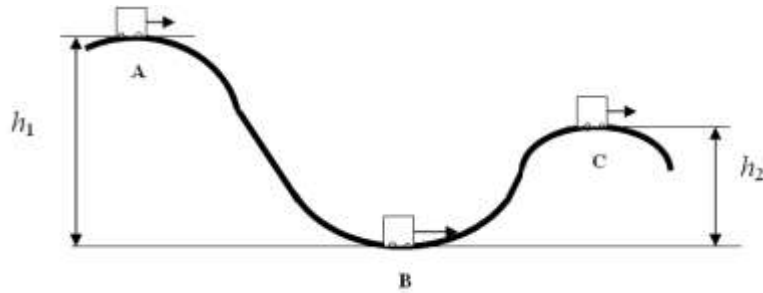
Ha a hullámvasútnak  $n$  tengelye van, akkor a kerekei forgása következtében tárolt mozgási energia és a  $\sim$ :

$$\sum E_k = \frac{nm_t r_i^2 v^2}{2 r_f^2} = \frac{m_{\text{red}} v^2}{2} \Rightarrow m_{\text{red}} = nm_t \left( \frac{r_i}{r_f} \right)^2$$

A  $\sim$ et viszonyíthatjuk a hullámvasút  $m$  össztömegéhez, amely a csak  $\rightarrow$  transzlációt végző tömeget  $m_{\text{tr}}$ -rel jelöljük:

$$\frac{m_{\text{red}}}{m_{\text{tr}} + nm_t} \cdot 100\%$$

A  $\sim$ gel csak a tehetetlen tömeget növeljük, a súlyos tömeg változatlan marad.



Konkrét szám adatokkal oldunk meg egy példát, ha a  $\sim$  %-os értéke ismert. A  $h_1=30$  m magasan lévő **A** pontban a hullámvasút sebessége:  $v_A=1$  m/s, a  $h_2=15$  m-en lévő **C** pontban pedig:  $v_C=3$  m/s. A vasút forgó kerekeiben tárolt mozgási energia figyelembevétele miatt a tehetetlenségi nyomaték redukált tömege 25 %-kal növeli a tehetetlen tömegét, amely ilyen arányban nagyobb, mint a gravitáló tömege. A gördülő ellenállás, a csapágysúrlódás és a közegellenállás miatti energiavesztés  $2/3$ -a az **AB** szakaszon keletkezik (a **BC**-n a maradék  $1/3$ ). A  $\rightarrow$  [gravitációs gyorsulás](#) értéke:  $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>.

- Mekkora a hullámvasút  $v_B$  sebessége a **B** pontban?
- Saját  $\rightarrow$  [súly](#)ának hányzorosával nyomódik az utas az ülésbe a **B** pontnál, ha itt a pálya görbületi sugara:  $r=16$  m?

**Kidolgozás:**

- A helyzeti és mozgási energia arányos a tömeggel:

$$E_{\text{öA}} = m \left( gh_1 + \frac{1,25v_A^2}{2} \right) = \left( 9,81 \cdot 30 + \frac{1,25}{2} \right) m = 294,925m$$

$$E_{\text{öC}} = m \left( gh_2 + \frac{1,25v_C^2}{2} \right) = \left( 9,81 \cdot 15 + \frac{1,25 \cdot 9}{2} \right) m$$

$$E_{\text{veszt}} = E_{\text{öA}} - E_{\text{öC}} = \left( 9,81 \cdot 15 - \frac{1,25 \cdot 8}{2} \right) m = 142,15m$$

$$E_{\text{öB}} = E_{\text{öA}} - \frac{2E_{\text{veszt}}}{3} = (294,925 - 94,76)m = 200,1583m = \frac{1,25mv_B^2}{2}$$

$$v_B^2 = 320,253 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right] \Rightarrow v_B \approx 17,8956 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \cong 64,4 \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$$

- A  $\rightarrow$  [centrifugális gyorsulás](#) a **B** pontban hozzáadódik a gravitációs gyorsuláshoz.

$$a_{\text{cf}} = \frac{v_B^2}{r} = \frac{320,253}{16} = 20,01583 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$n_G = \frac{a_{\text{cf}} + g}{g} = \frac{20,01583 + 9,81}{9,81} \approx 3$$

Tehát az utasok saját súlyuk 3-szorosával nyomódnak az ülésbe.

**referens** (tud, műsz) az érdeklődés tárgyát képező  $\rightarrow$  [rendszer](#).

Megjegyzés: a  $\sim$  egy reális rendszer.

**reflektor** (fiz, műsz) (1). tükrös  $\rightarrow$  [távcső](#) (2). fényszóró

**reflexióképesség** (fiz) ( $\rightarrow$  [visszaverőképesség](#)) a visszavert és beeső sugárzás  $\rightarrow$  [intenzitás](#)ainak hányadosa.

**refraktor** (fiz) lencsés  $\rightarrow$  [távcső](#)

**relativisztikus tömeg** (fiz) → [tömegmérés relativitása](#)

**relativitáselmélet** (fiz) → [EINSTEIN-féle speciális relativitáselmélet](#) és az → [általános relativitáselmélet](#) közös elnevezése, de így, jelző nélkül általában csak a speciális ~et értik alatta.

**relatív mozgás** (fiz) a → [vonatkoztatási rendszer](#)hez képest mozgásban lévő objektumhoz viszonyított mozgás.

**relatív nyúlás** (fiz, műsz) a → [deformáció](#) valamely hosszhoz viszonyított értéke. Két fajtáját különböztetjük meg: → [fizikai nyúlás](#) és → [mérnöki nyúlás](#).

**relatív permeabilitás** (fiz) lásd: → [mágneses permeabilitás](#).

**relatív sebesség** (fiz) (jele:  $v_{\text{rel}}$  v.  $w$ , mértékegysége: 1 m/s) a → [relatív mozgást](#) végző test → [sebessége](#) a → [vonatkoztatási rendszer](#)hez képest mozgásban lévő objektumhoz viszonyítva.

**relatív sűrűség** (fiz) (jele:  $\rho_{\text{rel}}$ ) általában egy folyadékkal körülvevett test, esetleg maga is folyadék (pl. higany vízben) és a környezetében lévő folyadék → [sűrűségének](#) a hányadosa; dimenziótlan viszonyszám. Pl. egy  $\rho_{\text{ac}}=7850 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű acélgolyó ~e  $\rho_{\text{ol}}=915 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű olajban:

$$\rho_{\text{rel}} = \frac{\rho_{\text{ac}}}{\rho_{\text{ol}}} = \frac{7850}{915} \approx 8,58$$

A golyó süllyedési → [sebességének](#) állandósult értéke → [STOKES-gömb](#) feltételezésével:

$$v_{\infty} = \frac{(\rho_{\text{rel}} - 1)gd^2}{18\nu},$$

Ahol  $d$  a golyó átmérője,

$g$  a → [nehézségi gyorsulás](#) és

$\nu$  az olaj → [kinematikai viszkozitási tényezője](#) (pl. 30 °C → [hőmérsékleten](#)  $\nu=4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

(1 cm átmérőjű golyó állandósult süllyedési sebessége a fenti adatokkal kb. 1 m/s.)

**relatív törésmutató** (fiz) két, → [optika](#)ilag átlátszó közeg → [törésmutatójának](#) hányadosa, amelynek fontos szerepe van a két közeg határán lejátszódó → [törési](#) és → [visszaverődési](#) folyamatokban.

**rendszám** (fiz) a  $\sim (Z)$  egy adott elem atommagjában lévő → [protonok](#) száma. A  $\sim$  az → [izotópok](#) esetén azonos.

**rendszer** (fil, műsz, ir) valóságos vagy elképzelt objektumok viszonylag jól körülhatárolható olyan halmaza, amelyeket kölcsönhatások és kölcsönös összefüggések kapcsolnak egybe.

**rendszerelem** (műsz) egy → [rendszer](#) vmelyik alkotóeleme.

**rendszerfajok** (műsz) legismertebb osztályozását BUILDING adta (1964). Rendszerezésében minden magasabb szintű → [rendszer](#) magába foglalja valamennyi előző rendszerfajta tulajdonságait. Az általa megadott  $\sim$  összetettségük növekedésének megfelelő sorrendje:

1. statikus rendszerek (vázak),
2. dinamikus rendszerek (gépek, anyag- és energiaáram),
3. irányított rendszerek (automaták),
4. adaptív (alkalmazkodó) rendszerek (tanuló automaták, sejtek),
5. regeneratív rendszerek (növények),
6. reflektív rendszerek (állatok),



7. magasabb rendű rendszerek (egyedi ember, biológiai értelemben),
8. társadalmi rendszerek (társadalomban élő emberek alkotják), valamint a
9. transzcendens rendszerek.

Az első négy szinten fordulnak, illetve fordulhatnak elő olyan rendszerek, amelyek első-sorban a fizika módszereivel ismerhetők meg, és a műszaki tudományok és technológiák segítségével állíthatók elő.

**rendszerműködés** (műsz) során, bizonyos szempontok szerint lehatárolt körben, a →rendszert alkotó →elemek kölcsönhatása idő és a hely függvényében figyelhető meg. A rendszer a határán kívül eső környezet hatásaira változásokkal reagál, és maga is fejlődhet.

**rendszertechnika** (műsz) az a tudományterület, amely módszereit tekintve a társadalmi, műszaki, fizikai, biológiai és egyéb →rendszerekben az objektív összefüggéseket, törvényszerűségeket, belső és külső kölcsönhatásokat keresi. Törekszik az összefüggések és következmények feltárására, a tapasztalatok gyors kiértékelésével megteremti a megfelelő beavatkozás lehetőségeit. Az alkalmazott módszereket és eszközöket az eredményességük vizsgálata alapján állandóan továbbfejleszti. A ~ a műszaki életben a termelőeszközök és technológiák, valamint az ember-gép kapcsolatok és az irányítási rendszerek dinamikus viselkedésének leírásával foglalkozik.

**rendszertechnikai változó** (műsz) a →koncentrált paraméterű műszaki rendszerekben kétféle lehet. Az egyik típus az →átmenőváltozó (Á), amely az elem két végpontja között nem változtatja értékét, mintegy “átfolyik” az elemen (→erő, →nyomaték, villamos →áram, →térfogat- v. tömegáram, →hőáram). Származtatása a megmaradó (extenzív) mennyiségekből idő szerinti deriválással történik. A másik típus a →keresztváltozó (K), amely az elem két végpontján eltérő értéket vehet fel (sebesség, szögsebesség, villamos feszültség, nyomás, hőmérséklet). Ez a változó típus az intenzív mennyiség egyik komponensével azonos, és különbsége megszabja az átmenő változó irányát és nagyságát.

**reológiai modell** (fiz) <gör. rheosz 'folyás' szóból> az anyagok →deformációja során kialakuló jelenségek tanulmányozását, különösen azok időbeli alakulását leíró fizikai →modellek, amelyek néhány típusmodellből építhetők fel. A legismertebb ~ek megnevezése: HOOKE-test és NEWTON-test. Az előbbi egy lineáris →rugó, az utóbbi pedig egy →mechanikus csillapító. E két test soros kapcsolásával kapjuk a MAXWELL-testet, párhuzamos kapcsolásával pedig a KELVIN-testet (ez utóbbira alkalmazzák a VOIGT-test megnevezést is).

**reprezentáció** (tud, műsz) a →megjelenítés eredménye.

**reverzibilitás** (fiz) (megfordíthatóság) Az olyan folyamatokat nevezzük reverzibiliseknek, amelyek fordított irányban maguktól is végbemehetnek. Mivel a természeti folyamatok *irreverzibilisek*, ezért a ~ absztrakció útján kigondolt tulajdonság. A természetben tisztán soha nem valósul meg, mégis számos folyamat, ha a súrlódástól és más disszipációtól eltekintünk, jó közelítéssel reverzibilisnek tekinthető.

**REYNOLDS-szám** (műsz, fiz, rep) (jele:  $R$  v.  $Re$ ) olyan dimenziótlan →hasonlósági invariáns, amely a tehetetlenségi és a viszkozitási erők viszonyát jellemzi, és az alábbi képlettel lehet kiszámítani:

$$Re = \frac{vl}{\nu}$$

ahol  $v$  az →áramlási sebesség,

$l$  egy jellemző hossz, pl. a cső átmérője v. a →szárny húr hossza és

$v$  a kinematikai nyúlósság, amely a  $\rightarrow$ dinamikai viszkozitási tényező (jele:  $\eta$  v.  $\mu$ ) és a  $\rightarrow$ sűrűség (jele:  $\rho$ ) hányadosa.

A  $\sim$ -ot Osborne REYNOLDS (1842–1912) angol fizikusról nevezték el.

**rezgés** (fiz, műsz) valamely tárgy egyik részének váltakozó irányú, de a tárgy geometriai méreteihez képest kicsiny kitérése,  $\rightarrow$ egyensúlyi állapotának helyzetén ismétlődően áthaladva. Átvitt értelemben használható a  $\sim$  fogalma láthatatlan jelenségre is, mint amilyen pl. az elektromágneses  $\sim$ . A gerjesztett  $\sim$ -t kényszer-nek, a gerjesztetlent pedig saját-nek nevezik.

**rezgésidő** (fiz, műsz) (jele:  $T$ , mértékegysége: 1 s) a  $\rightarrow$ rezgés egy  $\rightarrow$ periódusának időtartama.

**rezgésszám** (fiz, műsz) v.  $\rightarrow$ rezgési frekvencia (jele:  $f$  v.  $\nu$ , mértékegysége: 1 Hz v.  $s^{-1}$ ) az időegységre jutó rezgési  $\rightarrow$ periódusok száma.

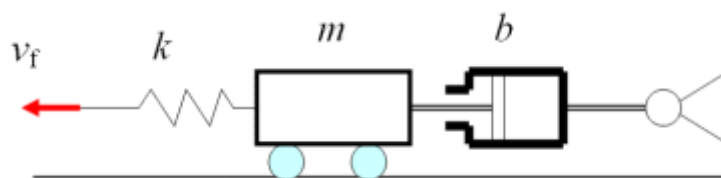
**rezgésszigetelés** (műsz) a nem kívánatos  $\rightarrow$ rezgések v.  $\rightarrow$ lengések csökkentésére alkalmas műszaki megoldások egyik csoportja. A rezgéscsökkentés leggyakoribb megoldásai:

- A gerjesztés csökkentése
  - mozgó tömegek kiegyensúlyozásával (centrírozás), ha a gerjesztést forgó v. alternáló tömegek okozzák,
  - a kotyogások korlátozásával (megfelelő illesztéssel).
- $\sim$  a gerjesztő és a védendő szerkezet közé
  - a gerjesztőről a rezgés tovaterjedésének megakadályozása,
  - a rezgő talajról a védendő szerkezetre átterjedés megakadályozása.
- A keletkezett gerjesztett rezgések csökkentése
  - a védett szerkezet elhangolása,
  - energiafogyasztó hozzákapcsolása (silent-blokk),
  - lengőrendszer kapcsolása a szerkezethez, amely annak rezgését csökkenti (dinamikai lengéscsillapító).

**rezgőmozgás** (fiz) valamely  $\rightarrow$ fizikai mennyiség értékének periodikus ingadozása ( $\rightarrow$ rezgés).

**rezonancia** <lat. 'hangzás', 'visszhang'> (fiz) kényszerrezgést végző  $\rightarrow$ rendszerben fellépő energia-felvételi jelenség, amelyre akkor kerül sor, ha a gerjesztő  $\rightarrow$ frekvencia a  $\rightarrow$ saját-frekvencia közelébe kerül. Az ilyen ún.  $\sim$ frekvenciákon történő gerjesztésre a rendszer nagyon nagy  $\rightarrow$ amplitúdójú  $\rightarrow$ rezgésssel reagál. A válasz amplitúdójának a gerjesztéséhez viszonyított értékét a  $\sim$  görbe írja le a gerjesztő jel frekvenciájának függvényében.

(1). mechanikai  $\sim$ ; A nagy amplitúdó következtében a  $\rightarrow$ mechanikai rendszerekben nem kívánatos maradó  $\rightarrow$ deformáció ébredhet, de akár tönkre is mehet a szerkezet valamelyik része. A rádiózásban viszont a  $\sim$  teszi lehetővé, hogy a vevőkészüléket rá lehessen hangolni az adó vivőfrekvenciájára. Példaként egy mechanikai lengőrendszer  $\sim$  görbáját ábrázoljuk. A szerkezeti vázlat:



A mozgásegyenlet:  $m\ddot{v}_m + b\dot{v}_m + kv_m = kv_f$

A  $\sim$  görbe képlete:

$$y = \frac{A_{vm}}{A_{vf}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega^2}{\alpha^2} - 1\right)^2 + \frac{b^2}{km} \cdot \frac{\omega^2}{\alpha^2}}} = \frac{1}{\sqrt{(x^2 - 1)^2 + 4\zeta^2 x^2}},$$

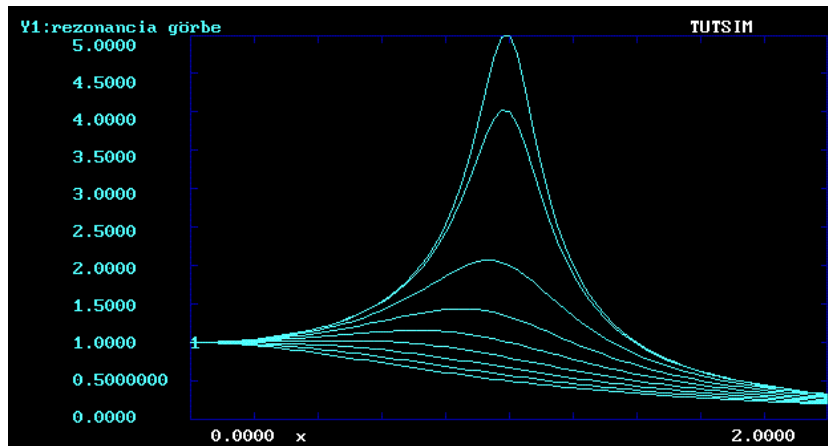
ahol  $x = \frac{\omega}{\alpha}$  az ún. relatív  $\rightarrow$  körfrekvencia,

$\alpha = \sqrt{\frac{k}{m}}$  a csillapítatlan lengőrendszer saját körfrekvenciája és

$\zeta = \frac{b}{2\sqrt{km}}$  az ún. csillapítási fok.

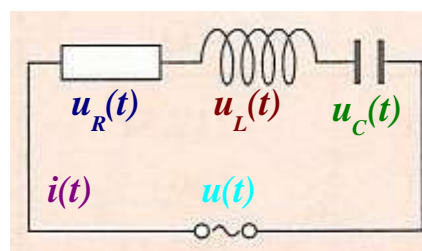
Az alábbi ábrán a  $\sim$  görbesereg grafikonja látható a relatív körfrekvencia függvényében, és fentről lefelé a csillapítási fok értékei:

$$\frac{1}{10}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{2}, \frac{5}{8}, \frac{3}{4}, \frac{7}{8} \text{ és } 1.$$

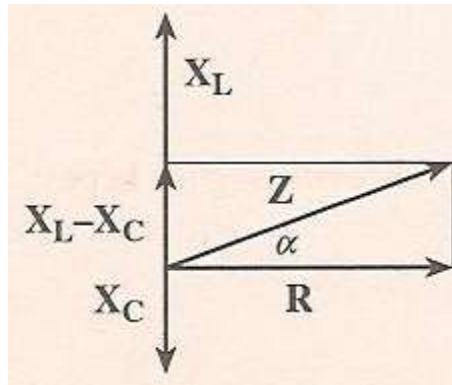


Bizonyítható, hogy  $\zeta = \frac{\sqrt{2}}{2}$  felett nincs amplitúdó-erősítés.

(2). elektrodinamikai  $\sim$ ;  $\rightarrow$  vektordiagramoknál látjuk, ha egy soros RLC áramkörre egyetlen szinuszos  $\rightarrow$  feszültségforrást kapcsolunk, az alábbi ábrának megfelelő módon,



akkor a vektordiagramnak megfelelően az  $\rightarrow$  áram fázisa megegyezik az  $R \rightarrow$  impedancia fázisával, a feszültség fázisa pedig megegyezik a  $Z$  impedancia fázisával.



Az eredő impedanciára felírhatjuk:

$$Z = \sqrt{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2}$$

Az eredő impedancia akkor a legkisebb (és az áramkör árama akkor a legnagyobb), ha  $Z=R$ , azaz

$$0 = \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Ekkor RLC áramköri ~ről beszélünk. Mivel  $\omega = 2\pi f$ , ebből az  $f$  ~frekvencia kiszámolható.

**rés** (fiz) → optikai rés

**részecske-hullám kettős természet** (fiz) a ~ a fizikai objektumoknak azon kvantummechanikai tulajdonsága, amely során az objektum egyszerre mutat részecskére, valamint hullámra vonatkozó tulajdonságokat is (anyaghullámok,  $\lambda = h/p$  és  $v = E/h$ ). Felismerése DE BROGLIE-től származik (1924).

Megjegyzés: Louis-Victor-Pierre-Raymond, DE BROGLIE (1892. aug. 15, Dieppe – 1987. márc. 19, Louveciennes), NOBEL-díjas (1929) francia fizikus.

**RIEMANN geometria** (mat, fiz) a fizika szempontjából annyiban fontos, hogy az → általános relativitáselmélet matematikai apparátusa. A ~t Georg Friedrich Bernhard RIEMANN (Breselenz, 1826. szept. 17. – Selasca, 1866. júli. 20.) német matematikus dolgozta ki. Ennek a bonyolult – nem euklideszi – geometriának a kifejtése helyett a belőle levonható következtetéseket foglaljuk össze. Az általános relativitáselmélet két axiómájára épülő, a matematikai apparátusból adódó fizikai tartalom:

- A tér-idő négyesnek struktúrája van, (a klasszikus newtoni fizika mind a teret, mind az időt abszolútnak, mindentől függetlennek tekintette)
- A tér-idő struktúráját a benne levő tömegeloszlás határozza meg, mégpedig olyképpen,
- hogy az adott tér-időben magára hagyott test abban geodetikus pályán – azaz a két pont közti legrövidebb úton mozog. (A két pont közti legrövidebb távolság csak az euklideszi geometriában az egyenes.)

A → tömegek által „görbített” tér-idő négyest helyesen leíró geometria, a ~.

**RLC áramkör** (fiz) sorosan kapcsolt ohmikus-, induktív-, és kapacitív → [impedancia](#) → [feszültség](#)- és → [áram](#)viszonyait lásd a → [rezonancia](#) címszó alatt.

**R, L, C áramköri elemek** lásd: → [impedancia](#)

**rotáció** (fiz, mat)

(1). (fiz) → [forgómozgás](#)

(2). (mat) vektortérben értelmezett matematikai művelet, amelynek során a vektor-vektor függvényt vektoriálisan megszorozzák a nabla szimbolikus vektorral (vektor-operátorral):

$$\mathbf{rotv} \hat{=} \nabla \times \mathbf{v} \hat{=} \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

**rotációmentes áramlás** (fiz, hidr) olyan áramlás, amelyben az → [áramlási sebesség](#) rotációja azonosan zérus:  $\mathbf{rotv} \equiv 0$ .

**rotációs gyorsulás** (fiz) → [szöggyorsulás](#)

**rugalmas alakváltozás** (fiz, műsz) esetén a → [deformáció](#) arányos az azt létrehozó → [igénybevétel](#)lel, és az igénybevétel megszűnése után visszaáll az eredeti alak. → [HOOKE-törvény](#).

**rugalmassági határ** (fiz, műsz) az a → [feszültség](#), amelynél (és a kisebb abszolút értékűnél is) a test → [deformációja](#) → [rugalmas alakváltozás](#). A → [szakítódiaagram](#)on ennek meghatározása nem egyértelmű, mert függ a rugalmas viselkedés kritériumainak mérési hibájától.

**rugalmassági modulus** (fiz) (jele:  $E$ , mértékegysége: 1 Pa, de általában MPa-ban adják meg) a → [HOOKE-törvény](#)nek engedelmeskedő anyagok egyik fontos jellemzője, amely megmutatja, hogy a → [húzófeszültség](#) ( $\sigma$ ) és az általa előidézett → [mérnöki nyúlás](#) ( $\varepsilon$ ) között milyen viszony áll fenn:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

**rugalmas szál** (fiz, műsz) a → [prizmatikus rúd](#) keresztmetszeteinek geometriai → [súlypontj](#)án áthaladó, a → [hajlító nyomaték](#) hatására elgörbülő vonal.

**rugalmas szál differenciálegyenlete** (fiz, műsz) → [prizmatikus rúd](#)ak haránt irányú  $y=y(x)$  → [alakváltozás](#)át leíró közönséges, másodrendű differenciálegyenlet:

$$\frac{1}{\rho} = \left| \frac{y''}{\sqrt{(1+y'^2)^3}} \right| = \frac{M_h}{EI_z} \Rightarrow y'' \approx \frac{M_h}{EI_z},$$

ahol  $M_h$  a → [hajlító nyomaték](#),  
 $\rho = \rho(x)$  a rúd görbületi sugara  $x$  helyen,  
 $E$  a → [rugalmassági modulus](#) és  
 $I_z$  a → [másodrendű nyomaték](#).

**rugó** (műsz) passzív mechanikai → [rendszerelem](#), → [Á típusú energiatároló](#). Két rendszertípusban fordul elő, a mechanikai translációs és a mechanikai rotációs rendszerekben. A ~ idealizált elemként → [modell](#)ezhető, ekkor a fizikai egyenlete translációnál (az → [erő](#)re kifejezve):

$$F_k(t) = k \cdot \Delta x + F_{k0} = \int_{t_0}^t k \cdot v_{ij}(\xi) d\xi + F_k(t_0),$$

ahol  $k$  a  $\rightarrow$  rugómerevség,  
 $\Delta x$  a  $\sim$  végeinek relatív  $\rightarrow$  elmozdulása,  
 $t_0$  a kezdeti időpont,  
 $F_{k0}$  a  $\sim$  előfeszítésétől függő kezdeti erő és  
 $v_{ij}$  a  $\sim$  végeinek sebességkülönbsége.

$\rightarrow$  rotációnál pedig a  $\rightarrow$  forgatónyomatékra kifejezett fizikai egyenlet:

$$M_K(t) = K \cdot \Delta \varphi + M_{K0} = \int_{t_0}^t K \cdot \omega_{ij}(\xi) d\xi + M_K(t_0),$$

ahol  $K$  a torziós rugómerevség,  
 $\Delta \varphi$  a torziós  $\sim$  végeinek relatív szögelfordulása,  
 $t_0$  a kezdeti időpont,  
 $M_{K0}$  a torziós  $\sim$  előfeszítésétől függő kezdeti forgatónyomaték és  
 $\omega_{ij}$  a torziós  $\sim$  végeinek szögsebesség-különbsége.

Megjegyzés: ha egy forgótengelyt modellezünk torziós  $\sim$ ként, akkor azt  $M_K \rightarrow$  csavaró igénybevételnek teszi ki.

A valóságban minden rugalmas test teljesítményvesztéssel is rendelkezik, ezért a nyúlás és a húzófeszítés között  $\rightarrow$  fáziskülönbség van. Pl. a KELVIN modellben az ideális  $\sim$ val párhuzamosan egy  $\rightarrow$  mechanikus csillapítót is feltüntetnek.

**rugóállandó** (fiz) (jele:  $k$  vagy más jelöléssel  $D$ , mértékegysége: 1 N/m v. 1 kg/s<sup>2</sup>) A  $\rightarrow$  rugó merevségének mértéke. A nem előfeszített rugó ereje a rugómerevség és a rugó két végének egymáshoz képesti  $\rightarrow$  elmozdulásának szorzata:  $F_k = k \Delta l$ .

Megjegyzés: korábbi szakkönyvekben a  $\sim$  a rugómerevség reciproka volt és  $c$ -vel jelölték. A rugó egységnyi  $\rightarrow$  erő hatására történő megnyúlásával definiálták. A  $\rightarrow$  HOOKE-törvény  $\rightarrow$  érvényességi körén belül a megnyúlás a  $\sim$  és az erő szorzata volt:  $\Delta l = c F_k$ .

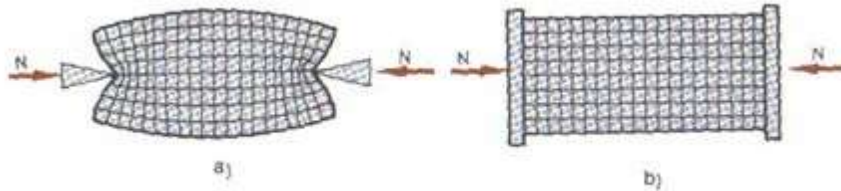
**rugóerő** (fiz)  $\rightarrow$  HOOKE-törvény

**rugómerevség** (fiz)  $\rightarrow$  rugóállandó

**RUTHERFORD-féle atommodell** (fiz) az alfa-szórás kísérletből leszűrt megállapítások alapján RUTHERFORD olyan atommodellt javasolt, amelyben a központi atommag körül bármilyen pályán keringhetnek az  $\rightarrow$  elektronok. Az elképzelés hasonlít egy miniatűr Naprendszerhez. Ezt az atommodellt nevezzük bolygómodellnek. A  $\sim$ ben az elektronokat az atommag elektromos vonzása tartja a mag körül. Ellentmondásban van a klasszikus elektrodinamikával, mivel egy gyorsuló villamos töltés sugároz, így állandóan energiát veszít, végül spirális pályán belezuhan a pozitív atommagba. A tapasztalat azt mutatja, hogy ez nem történik meg, tehát a  $\sim$  ellentmond a klasszikus fizika törvényeinek. Az ellentmondást N. BOHR oldotta fel kvantált atommodelljével.

**SAINT-VENANT-elv** (fiz, műsz) A  $\sim$  szerint valamely test vagy szerkezet egy bizonyos szakaszára a működő teher eloszlásának módja lényeges mértékben befolyásolja a teher közvetlen környezetében létrejövő  $\rightarrow$  feszültségek és  $\rightarrow$  alakváltozások eloszlását, azonban elenyésző hatást gyakorol a távolabbi részek feszültségi és alakváltozási állapotára. Pl. az

→erőbevezetéstől erőmegoszlásnyi – ez most a b) ábrán vázolt test függőleges kiterjedése – tengelyirányú távolságban már csak kb. 3%-nyi eltérés mutatkozik, vagyis kellő távolságban a mérnöki gyakorlat számára mindkét eloszlás egyenletesnek tekinthető. Az a) ábra szerinti teher eloszlásának hatása, csak a teher közvetlen környezetében érvényesül számottevően, kellő távolságban megegyezik a b) ábrán vázoltéval.



**sajátfrekvencia** (fiz) (jele:  $f_s$ , mértékegysége: 1 Hz) a magára hagyott (autonóm), szabadon rezgő → rendszer rezgési → frekvenciája. A rendszer a  $\sim$ jú, v. annak közelében lévő frekvenciájú gerjesztésre különösen nagy amplitúdójú rezgéssel reagál (→ rezonancia). Pl., ha egy autonóm mechanikai lengőrendszer mozgásegyenlete:  $m\ddot{v}_m + b\dot{v}_m + kv_m = 0$ , akkor a  $\sim$ :

$$f_s = \frac{\alpha\sqrt{1-\zeta^2}}{2\pi},$$

ahol  $\alpha = \sqrt{\frac{k}{m}}$  a csillapítatlan lengőrendszer saját körfrekvenciája és  $\zeta = \frac{b}{2\sqrt{km}}$  az ún. csillapítási fok.

Ha ugyanezt a lengőrendszert gerjesztik, és mozgásegyenlete:  $m\ddot{v}_m + b\dot{v}_m + kv_m = kv_f$ , akkor rezonanciafrekvenciája:

$$f_s = \frac{\alpha\sqrt{1-2\zeta^2}}{2\pi}.$$

**SCHRÖDINGER-egyenlet** (fiz) a  $\sim$  olyan sajátérték-egyenlet, amely időfüggetlen és időfüggő alakban létezik. Az időfüggetlen esetben egy kvantumrendszer energiáját határozza meg (→ SCHRÖDINGER-féle energiasajátérték-egyenlet), az időfüggő esetben egy kvantumrendszer tulajdonságainak vizsgálatára, értelmezésére szolgál (→ SCHRÖDINGER-féle hullámegyenlet).

Megjegyzés: Erwin Rudolf Josef Alexander SCHRÖDINGER (1887. aug. 12, Bécs-Erdberg – 1961. jan. 4, Bécs), NOBEL-díjas (1933) osztrák fizikus.

**SCHRÖDINGER-féle energiasajátérték-egyenlet** (fiz)

$$H\Psi = E\Psi$$

ahol

H – HAMILTON-operátor  
 $\Psi$  - hullámfüggvény  
 E – energia

**SCHRÖDINGER-féle hullámegyenlet** (fiz)

$$H\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}$$

ahol

H – HAMILTON-operátor  
 $\Psi$  — hullámfüggvény  
 i – imaginárius egység ( $i = \sqrt{-1}$ )

$\hbar = h/2\pi$  - a redukált  $\rightarrow$  PLANCK-állandó v. másik nevén DIRAC-állandó, értéke:  
 $1,054571628 \times 10^{-34}$  Js

$\frac{\partial}{\partial t}$  – idő szerinti parciális derivált

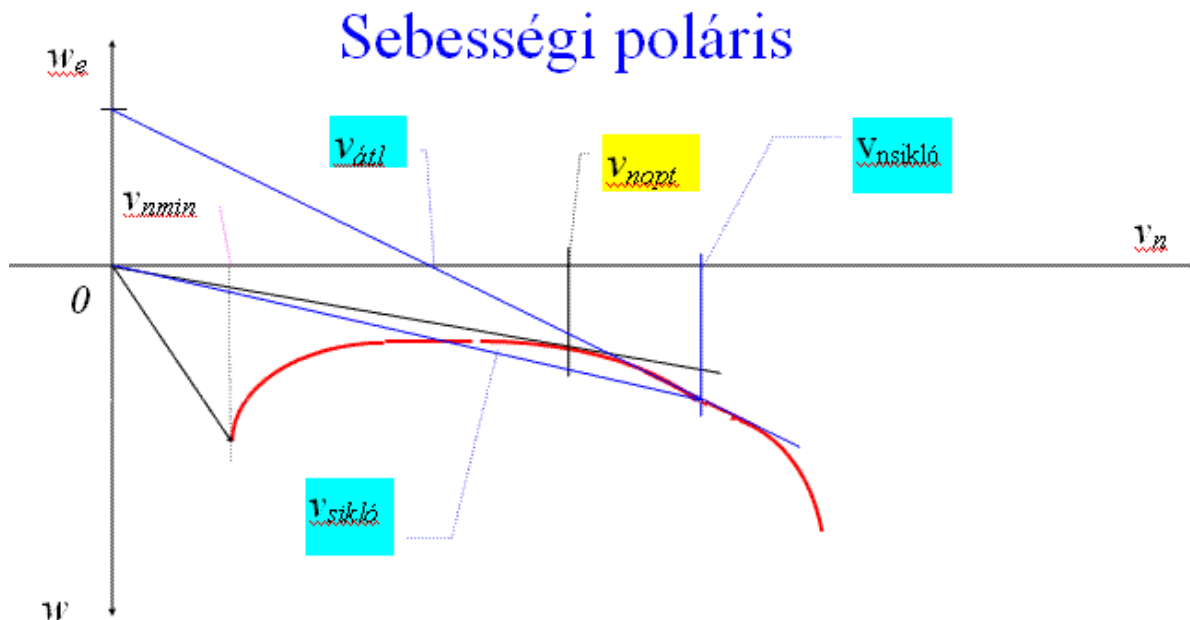
Megjegyzés: William Rowan HAMILTON (1805. aug. 4, Dublin – 1865. szept. 2, Dublin), ír matematikus, fizikus, csillagász.

**sebesség** (fiz) (jele:  $v$ , mértékegysége: m/s) Egységnyi idő alatt megtett út. A pillanatnyi ~ számítása  $t$  időpontban:

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{x}}{\Delta t}$$

**sebességgenerátor** (műsz) a mechanikai transláció  $\rightarrow$  rendszer idealizált  $\rightarrow$  K-típusú forrása, amelynek a belső ellenállása zérus, és amely a névleges forrásértékét minden ( $\rightarrow$  erő) terhelésnél megtartja,  $\rightarrow$  teljesítménye pedig végtelen. A valós keresztváltozó források, így a ~ esetében is, ez csak korlátozottan teljesül. ~ként  $\rightarrow$  modellezhető például a szerszámgépek alapozására ható talajrezgés, v. a földemek mozgása, de ilyen típusú forrás lehet egy olyan összetett rendszer is, amelyben állandó  $\rightarrow$  fordulatszámú hajtás mozgat karos mechanizmust, kulisszás hajtóművet v. excentert.

**sebességi poláris** (rep) a vitorlázó repülőgép merülési  $\rightarrow$  sebességét (jele:  $w$ ) ábrázolja vízszintes v. navigációs sebesség (jele:  $v_n$ ) függvényében, ill. a  $\rightarrow$  siklósebesség és a  $\rightarrow$  siklószög összetartozó értékeinek mértani helye. Ez utóbbi optimális értékét, vagyis a legkisebb siklószöghöz tartozót, az origóból szerkesztett érintő érintési pontja jelöli ki. A ~ számos egyéb szempont figyelembevételével végrehajtott  $\rightarrow$  optimalizálásra is alkalmas.



**sebességkomponens** (fiz) (jele:  $v_{ind}$ , mértékegysége: 1 m/s) a  $\rightarrow$  sebességvektor egyik összetevője. Az index arra az irányra utal, amelynek egységvektorával szorozva szerepel a ~ a sebességvektorban.

**sebességvektor** (fiz) (jele:  $\mathbf{v}$ , mértékegysége: 1 m/s) a  $\rightarrow$  helyzetvektor idő szerinti deriváltja. A térbeli  $\rightarrow$  pálya  $s$  ívhosszával paraméterezett helyzetvektor:  $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = \mathbf{r}(t(s))$ , amelynek az ívhossz szerinti deriváltja:



$$\mathbf{r}' = \frac{d}{ds} \mathbf{r}(t(s)) = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \cdot \frac{dt}{ds} = \frac{\dot{\mathbf{r}}}{\dot{s}} = \frac{\dot{\mathbf{r}}}{|\dot{\mathbf{r}}|}$$

Ez az egységnyi abszolút értékű vektor a ~ irányába mutató, érintő irányú egységvektor, amelyet  $\mathbf{e}$ -vel szoktak jelölni. Maga a ~ kifejezhető a pályasebességgel is:  $\mathbf{r}' = \dot{\mathbf{s}}\mathbf{e}$ .

**semleges szál** (fiz, mech, hidr)

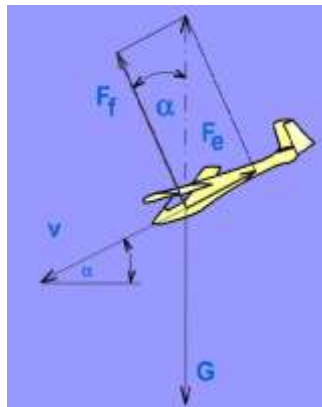
(1). az  $\rightarrow$ igénybevételnek kitett  $\rightarrow$ prizmatikus rúd ama vonala, amelynek a hossza változatlan marad a rúd  $\rightarrow$ alakváltozása során.

(2). A  $\rightarrow$ torlópontba tartó, ill. onnan kiinduló  $\rightarrow$ áramvonal.

**siklósebesség** (rep) a repülőgép  $\rightarrow$ sebessége a hajtómű kikapcsolásakor v. a vitorlázó repülőgép sebessége. A vitorlázó repülőgép vezetője ennek  $\rightarrow$ optimalizálására törekszik távrepüléskor, hogy  $\rightarrow$ átlagsebessége maximális legyen.

**siklószám** (műsz, rep) (jele:  $\varepsilon$ ) a merülési  $\rightarrow$ sebesség és a navigációs sebesség, v. az  $\rightarrow$ ellenállás-tényező és  $\rightarrow$ felhajtóerő-tényező hányadosa. A vitorlázó repülőgép siklásakor a ~ kifejezhető  $\rightarrow$ siklószög tangenseként is:  $\varepsilon = \tan \alpha$ . A ~ reciproka megmutatja, hogy a repülőgép, pl. 1 km magasságvesztés árán, hány km távolságra jut el kikapcsolt motorral. A ~ azt is megadja, hogy a repülőgép  $\rightarrow$ súlyának hányszorosa a vízszintes repüléshez szükséges vonóerő v. tolóerő. Ha pl.  $\varepsilon = 0,16$ , akkor egy  $G = 100$  kN súlyú repülőgép hajtóműve éppen  $F_V = 16$  kN vonóerőt fejt ki. A hajtómű kikapcsolása után 1600 m magasról 10 km távolra siklana, ha a repülőgép ~a változatlan maradna.

**siklószög** (fiz, rep) (jele:  $\alpha$ , mértékegysége:  $1^\circ$  v. 1 radián) a repülőgép nyugvó levegőhöz viszonyított  $\rightarrow$ sebességének a vízszintessel bezárt szöge. Folyamatos siklásnál a ~ megegyezik a  $\rightarrow$ felhajtóerő és az  $\rightarrow$ eredő légerő által bezárt szöggel.



**SI mértékegységrendszer** (fiz) *Systeme International d'Unité* (fr.) Nemzetközi Mértékegységrendszer, amely koherens  $\rightarrow$ mértékegységrendszer, hét  $\rightarrow$ alapegységen, két kiegészítő egységen és az ezekből levezetett egységeken alapul. Az ~t az Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet hagyta jóvá 1960-ban. Hazánkban a 8/1976 (IV. 27.) MT rendelet alapján ez a törvényes mértékegységrendszer, amelynek hazai használata 1980 óta kötelező. Életbeléptetésével számos régi mértékegység tiltottá, néhány pedig még megengedetté vált, továbbá léteznek az ~ kívüli – speciális területeken – használatos mértékegységek is.

**sima felület** (fiz) az elválasztó (törő, visszaverő) felületet simának nevezzük, ha a felület egyenetlenségének átlagos mérete sokkal kisebb az alkalmazott fény  $\rightarrow$ hullámhosszánál.

**sikáramlás** (fiz, hidr) olyan áramlás, amelynél van olyan sík, amelyre merőleges  $\rightarrow$ sebességkomponens értéke zérus, és amely síkkal párhuzamos valamennyi síkban az áram-

kép azonos. ~ban a **rotv** vektornak csak az áramlás síkjára merőleges komponense különbözhet zérustól:

$$(\text{rotv})_z = \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \neq 0$$

**síkbeli hajítás** (fiz) olyan mozgás, amely a  $\rightarrow$ [gyorsulásvektor](#)ra illeszkedő síkban zajlik le. Általában adott az elhajított v. kilőtt tárgy kezdeti helye és kezdősebessége, amelynek vektora szintén erre a síkra illeszkedik.

**síkbeli hullám** (fiz) v. síkhullám olyan rugalmas, elektromágneses stb. hullám, amelynek egyenlő fázisú pontjai síkokat alkotnak, és e síkok merőlegesek az aktuális terjedési irányra **k**-ra. Ha a hullám az  $x$  tengely irányába terjed, akkor

$$\mathbf{k} = \begin{bmatrix} k \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

és

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} 0 \\ E(x,t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ B(x,t) \end{bmatrix}$$

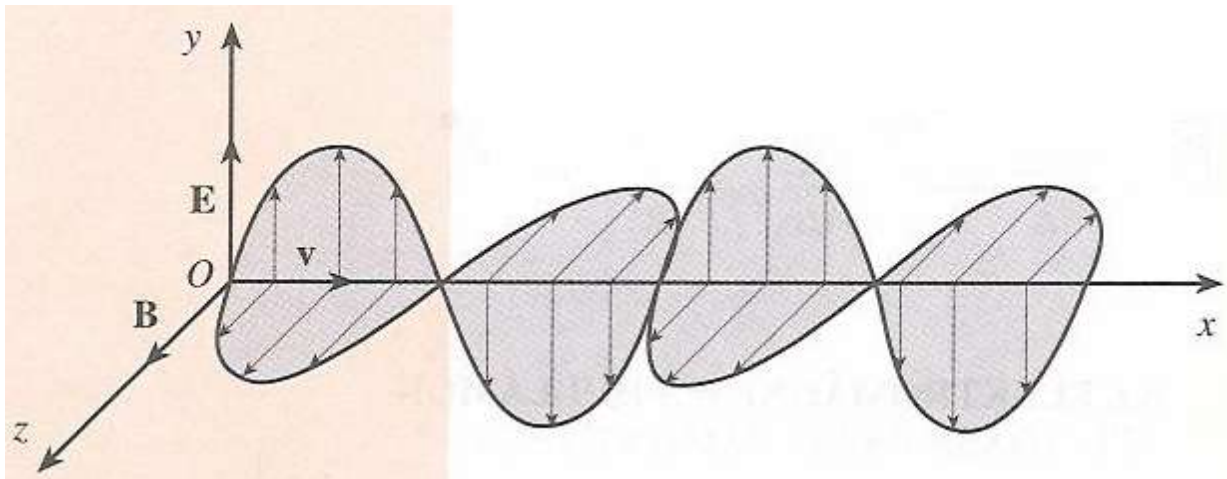
**síkhullám** (fiz) Az  $\rightarrow$ [elektromágneses hullámegyenlet általános megoldása](#) során kapjuk az **E**-re és **B**-re vonatkozó összefüggéseket. Vákuumban az elektromágneses hullám terjedési sebessége  $c_0$ , hullámvezető közegben pedig  $c$ . Jelölje ki a hullám terjedési irányát **n** normálvektor, illetve a rá illeszkedő **k** hullámszám vektor.

~ esetén **k** térben és időben állandó, nagyságára felírható, hogy  $|\mathbf{k}| = 2\pi/\lambda$ , ahol  $\lambda$  a  $\rightarrow$ [hullámhossz](#). Ekkor - bevezetve az  $\omega = |\mathbf{k}|c \rightarrow$ [körfrekvenciát](#) - felírhatjuk az  $\rightarrow$ [elektromos térerősség](#) vektorra és a  $\rightarrow$ [mágneses indukcióvektorra](#), hogy:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{E} \left( t - \frac{\mathbf{rn}}{c} \right) = \mathbf{E}_0 \cdot e^{i(-\mathbf{kr} + \omega t)}$$

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{B} \left( t - \frac{\mathbf{rn}}{c} \right) = \mathbf{B}_0 e^{i(-\mathbf{kr} + \omega t)}$$

Az **E**, **B** és **k** vektorok egymásra merőlegesek (az ábrán a terjedés **v** sebessége **k**-ra illeszkedik)



Ha a  $\sim$  az  $x$  tengely irányába terjed, akkor:

$$\mathbf{k} = \begin{bmatrix} k \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

és igazak a következő egyenletek:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y(x,t) \\ E_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_0 \cdot e^{i(-kx+\omega t)} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_0 e^{i\omega\left(t-\frac{x}{v}\right)} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z(x,t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ B_0 \cdot e^{i(-kx+\omega t)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ B_0 \cdot e^{i\omega\left(t-\frac{x}{v}\right)} \end{bmatrix}$$

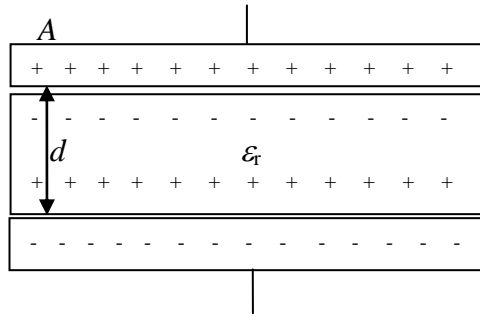
ahol

$$v = \frac{\omega}{k}$$

**síkhullámok** (fiz) a legegyszerűbb és legalapvetőbb  $\rightarrow$  elektromágneses hullámok  $\rightarrow$  transzverzális  $\sim$ . Homogén,  $\rightarrow$  izotróp, töltésmentes közegben a  $\rightarrow$  MAXWELL-egyeletek legegyszerűbb megoldását  $\rightarrow$  monokromatikus  $\rightarrow$  síkhullám formájában tudjuk megadni.

**síkkondenzátor** (fiz) Két párhuzamos, egyenlő  $A$  felületű, egymástól kicsiny  $d$  távolságra lévő fémlemez alkotja a síkkondenzátort, amelynek a  $\rightarrow$  kapacitása:

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$$

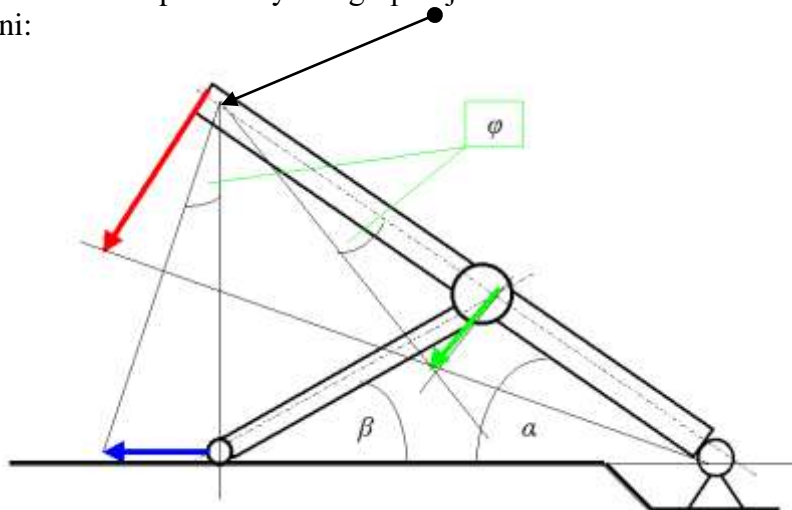


Megjegyzendő, hogy a fenti képletben az A felület *csak az egyik* fegyverzet felületét jelenti.

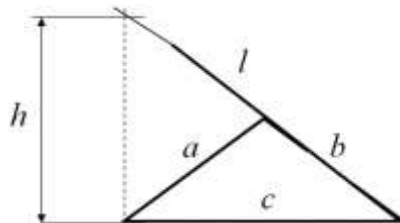
**síkmozgás** (fiz, műsz)

- (1). → tömegpont olyan mozgása, amelynek → pályája síkgörbe (pl. → ferdehajítás);
- (2). merev test olyan mozgása, amelynél a test minden pontjának pályája párhuzamos egy állandó helyzetű síkkal. Erre a ~-ra az jellemző, hogy mindig található egy pillanatnyi forgáspont, amely körül a test pontjai elfordulnak. Ha ez a pont nyugalomban van, akkor → körmozgásról van szó.

Pl. egy festékfelvivő kar pillanatnyi forgáspontját az alábbi vázlaton látható módon lehet megszerkeszteni:



Felvetődhet a kérdés, hogy állandó vízszintes → sebességhez mekkora → kerületi sebesség és → szögsebesség szükséges? Arányossági szerkesztéssel a feladat bármely helyzetben megoldható, és az eredmény a piros → sebességvektor. A szögsebesség-függvény megoldása számítással:



$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos[180^\circ - (\alpha + \beta)] \quad \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{b}{a} \Rightarrow \beta = \arcsin\left(\frac{b \sin \alpha}{a}\right)$$

$$h = c \cdot \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_{\text{kék}}}{h}$$

$$v_{\text{zöld}} = (l-b) \operatorname{tg} \varphi = \frac{(l-b)v_{\text{kék}}}{h}$$

$$v_{\text{piros}} = \frac{l}{b} v_{\text{zöld}} = \frac{l(l-b)v_{\text{kék}}}{bh}$$

$$\omega = \frac{v_{\text{zöld}}}{b} = \frac{(l-b)v_{\text{kék}}}{bh}$$

$$\alpha(t) = \alpha_0 - \int_0^t \omega(\tau) d\tau \Rightarrow TUTSIM$$

(Blokorientált szimulációval oldjuk meg.)

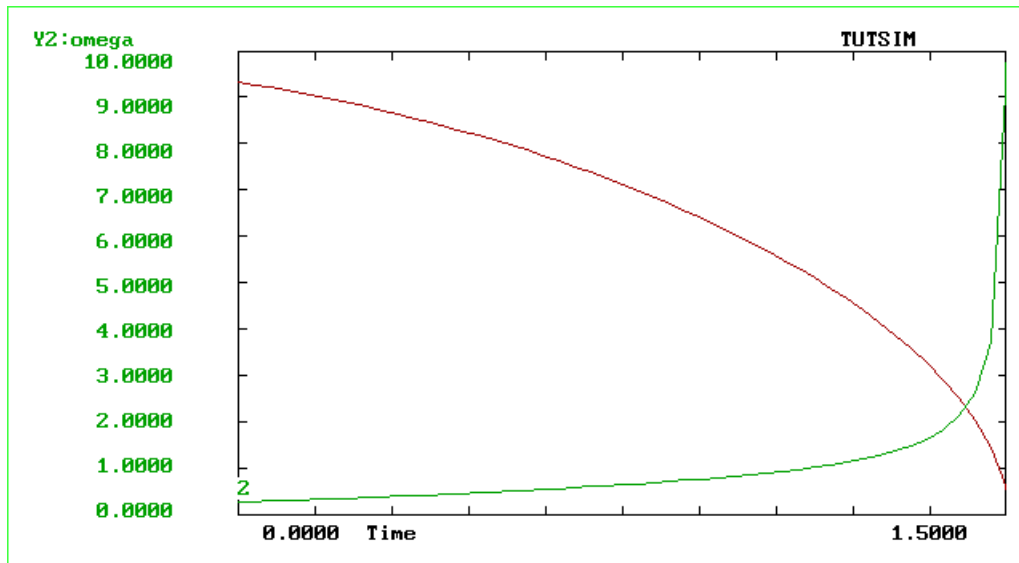
A példa paraméterei, kezdő- és végértékei:

$$a = 1,5 \text{ m} \quad b = 1 \text{ m} \quad l = 3 \text{ m}$$

$$\alpha_0 = 1,3963 \text{ radián} \approx 80^\circ \quad v_{\text{kék}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_0 = 0 \quad \Delta t = 0,03125 \text{ s} \quad t_{\text{max}} = 1,5 \text{ s}$$

A megoldást szemlélteti az alábbi ábra, ahol a barna görbe a szöghelyzet, a zöld pedig a szögsebesség grafikonja az idő függvényében:



**skin-effektus** (fiz) A ~ felületi áramvezetést jelent. Váltakozó  $\rightarrow$  áramok esetén (AC) az  $\rightarrow$  áramsűrűség a fémes  $\rightarrow$  vezető felületéhez közel nagyobb, mint a vezető belsejében. Az áramsűrűség a vezető felületén a legnagyobb és a felületre merőleges irányba exponenciálisan csökken:

$$\mathbf{j} = \mathbf{j}_0 \cdot e^{-d/\delta},$$

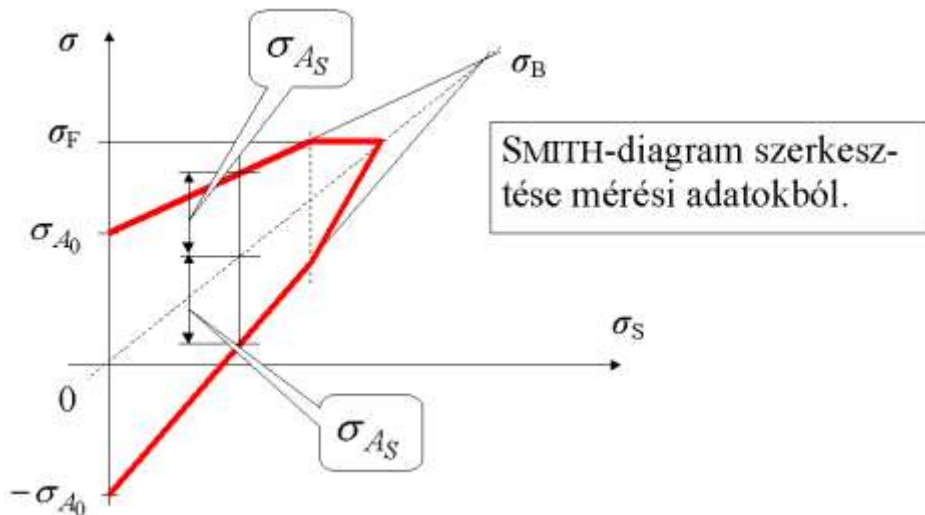
ahol  $d$  a felszíntől mért távolság,  $j_0$  az áramsűrűség a felületen,  $\delta$  pedig skin-állandó.

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

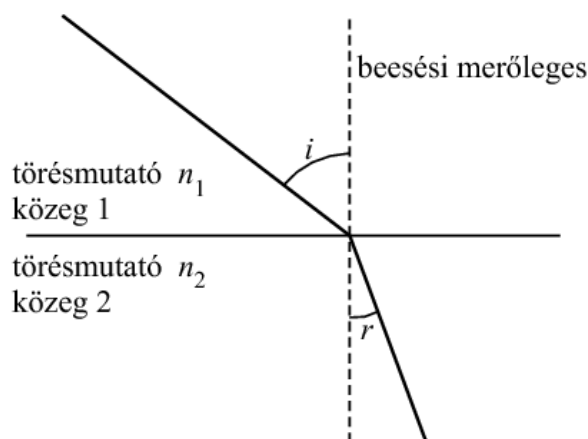
$\rho$  a  $\rightarrow$  fajlagos vezetőképesség,  $\omega$  a váltakozó áram  $\rightarrow$  körfrekvenciája,  $\mu$  a vezető  $\rightarrow$  mágneses permeabilitása. A skin-állandó értéke a  $\rightarrow$  frekvencia növekedésével csökken, ami azt jelenti, hogy nagyobb frekvenciájú áram többnyire a vezető felülete mentén folyik. Pl. rézvezetőnél

60 Hz-es váltóáram esetén a skin-állandó 8,5 mm. A ~ az oka, hogy jóminőségű, kis  $\rightarrow$ [ellenállás](#)ú vezető kábel többszálás, sodrott erű vezetékéből készíthető.

**SMITH-diagram** (műsz, mech) lehetővé teszi az adott  $\rightarrow$ [statikus közép feszültség](#)re superponálható  $\rightarrow$ [váltakozó feszültség](#) amplitúdójának meghatározását. A ~ pontjait mérésel szokták meghatározni, de közelítőleg megszerkeszthető a  $\sigma_F \rightarrow$ [folyáshatár](#), a  $\sigma_B \rightarrow$ [szakítószilárdság](#) és a  $\sigma_{A_0} \rightarrow$ [lengőszilárdság](#) mért értékeiből is. A  $\sigma_S$  statikus közép feszültséget a ~ vízszintes tengelyére kell felmérni, és a pirossal jelölt határon belül kiadódik a megengedett  $\sigma_{A_S}$  váltakozó feszültség.



**SNELLIUS-DESCARTES-törvény** (fiz) az optikában a hullám irányváltozását a ~ írja le, azaz, ahol  $n_1$  és  $n_2$  a beeső sugárnak, ill. a megtört sugárnak a normálissal bezárt szöge (a normális egy képzeletbeli egyenes, amely merőleges a két közeg határfelületére);  $n_1$  és  $n_2$  pedig a két közeg  $\rightarrow$ [törésmutató](#)ja. Ez az egyik törési törvény. A másik törési törvény pedig az, hogy a beeső sugár, a megtört sugár és a törési pontban vett normális egy síkban fekszik. A terjedési irány megváltozása a sebesség megváltozásának eredménye, amellyel természetesen a  $\rightarrow$ [hullámhossz](#) megváltozása is együtt jár (lásd az ábrát).



**specifikus gázállandó** (műsz, fiz) (jele:  $R$ ) az  $\rightarrow$ [univerzális gázállandó](#) és a molekulaszám hányadosa.

Pl. a levegő molekulaszáma 29 g-nyi tömeg, ezzel  $\sim$ -ja: 
$$R = \frac{\Re}{M_{\text{levegő}}} = \frac{8,31432}{0,029} \approx 286,7 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

**spektroszkópia** (fiz) → [színkép](#) (spektrum) előállítása és elemzése spektroszkóp, spektrométer, spektrográf és spektrofotométer segítségével. Az így előállított színkép értelmezése hasznos a kémiai analízisben, az atomok és molekulák energiaszintjeinek és a molekulaszervezetnek a vizsgálatában, valamint az égítetek alkotóelemeinek, távolságának és mozgásának meghatározásában (→ [vöröseltolódás](#)).

**spinkvantumszám** (fiz) az → [elektron](#)oknak a pályamozgáson kívül saját impulzummomentumuk is van, azaz az elektron úgy viselkedik, mint egy elemi mágnes. Külső mágneses térben kétféleképpen állhat be: az erővonalakkal ellentétesen v. velük megegyező irányban. Jele:  $m_s$ . Értéke  $-\frac{1}{2}$  v.  $+\frac{1}{2}$  lehet.

**spin-pálya csatolás** (fiz) a spektrumvonalak → [finomszerkezet](#)e két mágneses dipólmomentum kölcsönhatása következtében jön létre; az egyik az elektronspinből a másik a pályamenti mozgásból származik. A két momentum kölcsönhatása a  $\sim v$ . → [L-S csatolás](#).

**stabilitás** (aut, fiz, mat) a → [rendszer](#)ek egyik fontos tulajdonsága, amely a rendszer viselkedését leíró matematikai → [modell](#) (rendszerint differenciálegyenlet-rendszer) megoldásai v. annak struktúrája és paraméterei alapján minősíthető. Ha a modell kisváltoztatása a megoldást is kissé változtatja, akkor a megoldást stabilnak tekintjük. Ha a független változó növekedésével a megoldás az eredeti modelléhez tart, akkor aszimptotikusan stabilnak tekintjük. A  $\sim$  egyszerű meghatározása: ha a rendszer → [egyensúlyi](#) állapotából kimozdítva visszatér eredeti egyensúlyi állapotába, akkor stabil. Ha onnan kimozdítva új egyensúlyi állapotba kerül, akkor közömbös v. metastabil, de ha a legcsekélyebb elmozdítás nyomán sem kerül egyensúlyi állapotba (eltávolodik eredeti állapotától a szerkezetadta határokig, v. azt is lerombolva, ill. akörül felhintázódó lengést végez), akkor labilis.

**stacionárius áramlás** (fiz, hidr, rep) v. időálló (állandósult) áramlás jellemzői nem függenek az időtől. Pl. a → [sebesség](#)teret az  $\mathbf{v}=\mathbf{v}(\mathbf{r})$  vektortér, a → [sűrűséget](#) a  $\rho=\rho(\mathbf{r})$  skalár-vektor függvény írja le. A  $\sim$  legfontosabb jellegzetessége az, hogy az adott → [koordinátarendszer](#)ből nézve a → [sebességvektor](#) a tér adott pontjában változatlan.

**Standard Modell** (fiz) a  $\sim$  (SM) az elektromágneses, az → [erős](#) és a → [gyenge kölcsönhatás](#) egyesített kvantumtérelmélete. Jól egyezik a kvantumelmélettel és a speciális relativitáselmélettel. A jelenleg ismert legpontosabb elmélet egyike. Megjósolja a nulla spinű, nulla töltésű → [HIGGS-bozon](#) ( $H$ ), mint a tömegért felelős részecske létezését, amelyet [jelenleg kívánnak kimutatni](#) a CERN 14 TeV csúcsergiájú, LHC (Large Hadron Collider) elnevezésű szupergyorsítója segítségével.

**statika** (fiz, műsz) a mechanika tudományának az az ága, amely a nyugalomban lévő → [merev test](#)ekkel, és a rájuk ható → [erők](#)kel foglalkozik.

**statikai egyenletek** (műsz) a nyomatéki és az erőegyensúlyt kifejező algebrai egyenletek: Az → [erők](#) → [egyensúly](#)a képletben:

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = 0.$$

A → [nyomaték](#)ok eredője is zérus:

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{M}_i = 0.$$

**statikai egyensúly** (fiz) a nyugalomban lévő, illetve egyenes vonalú, egyenletes mozgást végző → mechanikai rendszerre jellemző állapot, amikor a ráható külső → erők eredője (→ eredő erő) és eredő → forgató nyomatéka is zérus.

**statikailag határozatlan szerkezet** (műsz) ismeretlen reakcióerő-komponenseinek és reakciónyomaték-komponenseinek összegzett száma nagyobb a független → statikai egyenletek számánál. Ilyenkor alakváltozási egyenleteket is fel kell használni.

**statikailag határozott szerkezet** (műsz) ismeretlen reakcióerő-komponenseinek és reakciónyomaték-komponenseinek összegzett száma egyenlő a független → statikai egyenletek számával.

**statikus közép feszültség** (műsz) (jele:  $\sigma_s$ , mértékegysége: 1 Pa, de általában MPa-ban adják meg) a változó terhelés időbeli átlaga.

**statikus nyomás** (műsz) (jele:  $p$ ) a kvázi nyugalomban lévő cseppfolyós és légnemű folyadékok részecskéinek a szilárd testekre nyomást gyakorló, minden irányban csillapítatlanul terjedő (ez → PASCAL törvénye) hatásának jelenségszintű leírására alkalmas skaláris → fizikai mennyiség, amelynek ellentettje jellemző → intenzív mennyiség. Pl. egy hidraulikus sajtóban adott erővel létrehozott nyomás az → erő és a sajtó dugattyúja felületének a hányadosaként számítható ki. A ~ mértékegysége: 1 Pa, azaz 1 N/m<sup>2</sup>. Blaise PASCAL (Clermont-Ferrand, 1623. júni. 19. – Párizs, 1662. aug. 19.) francia matematikus, fizikus, vallásfilozófus munkásságának tiszteletére lett a nyomás mértékegysége pascal.

**STEFAN-BOLTZMANN-törvény** (fiz) a PLANCK-féle sugárzási törvény az érintkezés nélküli → hőmérséklet mérés legalapvetőbb elvét képviseli és számos nagy jelentőségű összefüggés származtatható belőle, ezek közül az egyik: a tárgyak által kibocsátott teljes sugárzás mértéke kiszámítható a spektrális sugárzási → intenzitás minden hullámhosszra történő összegzéséből (integrálásából). Ezt nevezik ~nek. Melegebb → fekete test minden → frekvencián ( $f$ ) jobban sugároz (több energiát bocsát ki).

1879-ben Jožef STEFAN mérte meg először a fekete test által az összes → hullámhosszon kisugárzott → energiát. Azt tapasztalta, hogy ez arányos az → abszolút hőmérséklet negyedik hatványával. Ezt később elméleti úton magyarázta meg Ludwig BOLTZMANN, ezért hívják a törvényt ~nek:

$$R = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

ahol  $R$  a teljes fajlagos kisugárzás v. emittancia ( $W$ ), vagyis az abszolút fekete test által egységnyi idő alatt, egységnyi felületen, valamennyi hullámhosszon kisugárzott összes energia,  $T$  az abszolút hőmérséklet ( $K$ ), és  $\sigma$  a STEFAN-BOLTZMANN-állandó, amelynek értéke:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5,672 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

A spektrális eloszlás tehát nem függ az anyagi minőségétől, csak az abszolút hőmérséklettől. Ez pedig csak úgy lehetséges, ha igen alapvető jelenséggel állunk szemben.

Megjegyzés: Jožef STEFAN (1835. márc. 24, St. Peter – 1893. jan. 7, Bécs), szlovén/osztrák fizikus, matematikus, költő, Ludwig Eduard BOLTZMANN (1844. febr. 20, Bécs – 1906. szept. 5, Duino), osztrák fizikus, filozófus,

**STEINER-tétel** (fiz, műsz) Jakob STEINER (1796. márc. 18 – 1863. ápr. 1) svájci matematikus, 1834-től haláláig a berlini tudományegyetem tanára nevét viselő, a → merev testek → tehetetlenségi nyomatékára vonatkozó tétel. Egy test valamely tengelyre vonatkozó tehetetlenségi



nyomatéka  $\Theta = \Theta_0 + ml^2$ , ahol  $\Theta_0$  a test  $\rightarrow$  tömegközéppontján átmenő, az előzővel párhuzamos tengelyre számított tehetetlenségi nyomaték,  $m$  a test tömege és  $l$  a két tengely távolsága.

Megjegyzés: a  $\sim$ -lel analóg módon számítják ki az egyik  $\rightarrow$  keresztmetszeti jellemzőt, a  $\rightarrow$  tengelyes másodrendű nyomatékot is. Pl. mekkora lenne  $I_x$ , ha az  $S$  súlyponttól  $t$  távolságra lévő, de a vízszintes tengellyel párhuzamos egyenesre szeretnénk kiszámítani? (Felhasználjuk, hogy  $S$ -re az elsőrendű nyomaték zérus.)

$$I_x^* = \int_A y^{*2} dA = \int_A (y \pm t)^2 dA = \int_A (y^2 \pm 2ty + t^2) dA = \\ = \int_A y^2 dA \pm 2t \int_A y dA + t^2 \int_A dA = I_x + t^2 A$$

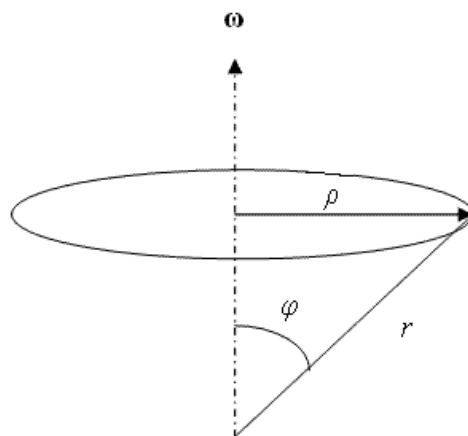
**STOKES-gömb** (fiz)  $\rightarrow$  közegellenállásának képlete:  $F_e = 3\pi d\eta v$ ,  $\rightarrow$  dimenzióanalízis

**STOKES képlete** (fiz, hidr) a gömb  $\rightarrow$  közegellenállásának kis  $\rightarrow$  REYNOLDS-szám esetén érvényes képlete, amelyet STOKES a  $\rightarrow$  NAVIER-STOKES-egyenletből vezetett le:  $F_e = 3\pi d\eta v$   $\rightarrow$  dimenzióanalízis

**sugárzás-időszak** (foton-kor). (fiz, kozmológia) az  $\rightarrow$  Ősrobbanás utáni első 3 percben jönnek létre a legkönnyebb  $\rightarrow$  nukleonok, majd a 10 s és 380 000 év közötti időszakban az egyszerű atomok: a hidrogén, a hélium és a lítium. Ekkor (380 000 év)  $\rightarrow$  csatolódtott szét az Univerzumban az anyag és a sugárzás, és lett az Univerzum „átlátszó” a  $\rightarrow$  fotonok számára.

**súly** (fiz) egy adott test  $\sim$ át definíciószerűen a rá ható  $\mathbf{G}$   $\rightarrow$  gravitációs erővel tekintjük egyenlőnek. A  $\sim$  meghatározható rugós erőmérő segítségével, ha a test nyugalomban van, ugyanis ekkor a megfeszített rugó által kifejtett erő nagysága megegyezik a Földtől a testre ható gravitációs erővel. A test  $\sim$ a úgy számítható a test  $\rightarrow$  tömegéből ( $m$ ), hogy megszorozzuk azt a  $\rightarrow$  gravitációs gyorsulás ( $g$ ) adott helyen vett értékével, tehát  $\mathbf{G} = m \cdot \mathbf{g}$ . Fontos megjegyeznünk, hogy a  $\sim$  helytől függően változik, mivel a  $g$  adott helyen mért értékétől függ.

**súlyerő** (fiz) a Föld nehézségi erőtere miatt fellépő  $\rightarrow$  gravitációs erő és a Föld tengely körüli forgásából származó  $\rightarrow$  tehetetlenségi erők eredője.



Az  $\mathbf{r}$  helyen tartózkodó (a Földhöz képest nyugalomban lévő),  $m$   $\rightarrow$  tömegű testre ható  $\sim$ :

$$\mathbf{G} = m \left( \boldsymbol{\rho} \omega^2 - \gamma \frac{M \mathbf{r}}{r^3} \right)$$

ahol  $\gamma$  az  $\rightarrow$  univerzális gravitációs állandó és  $M$  a Föld tömege.

A Földhöz képest  $\mathbf{v}'$  sebességgel mozgó testre még a  $-2m(\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}')$   $\rightarrow$  CORIOLIS-erő is hat. Pl. egy 100 kg tömegű, sétáló sebességgel haladó ember súlya kb. 0,01 N-nal kisebb kelet felé haladva, mint nyugatra. Mozgó rendszeren végzett  $\rightarrow$  gravitációs gyorsulás-méréseknél ezt az EÖTVÖS-effektusnak nevezett hatást figyelembe kell venni.

### súlypont

(1). (fiz) valamely testnél a nehézségi erő ( $\rightarrow$  súlyerő) támadáspontja. Homogén nehézségi  $\rightarrow$  erőtérben egybeesik a  $\rightarrow$  tömegközépponttal.

(2). (mat) Ha a  $P_1, P_2, \dots, P_n$  pontok helyvektorai rendre  $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_n$ , akkor e pontok  $\sim$ ja az az  $S$  pont, amelynek helyvektora:

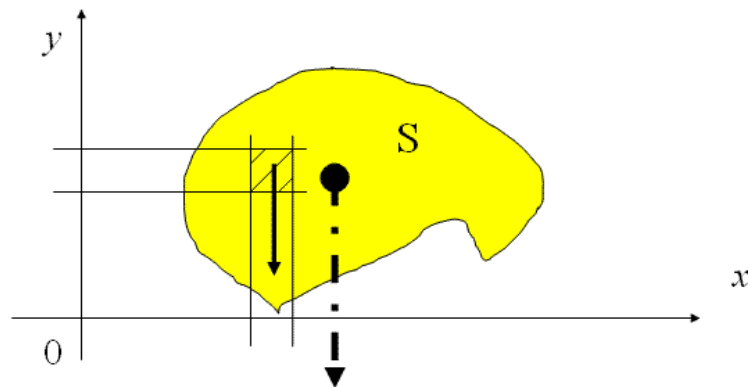
$$\mathbf{r}_S = \frac{\sum_{i=1}^n \mathbf{r}_i}{n}$$

A mértani pontrendszer  $\sim$ ja független az origó választásától. Ha a pontokhoz valós  $f_i$  számokat rendelünk, amelyek összege nullától különbözik, akkor a ponthalmaz  $\sim$ ját a súlyozott közép adja eredményül:

$$\mathbf{r}_S = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \mathbf{r}_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

Megjegyzés: a háromszög és a tetraéder csúcshalmazának  $\sim$ ja megegyezik a homogén anyagú háromszög-lemez, ill. tetraédertest fizikai  $\sim$ jával. Más alakzatok esetén ez általában nem áll fenn. A háromszög és a tetraéder  $\sim$ ja azonos súlyvonalaik metszéspontjával.

súlypontszámítás (fiz, műsz) a  $\rightarrow$  súlypont koordinátáinak meghatározása.



A  $v$  vastagságú,  $\rho$   $\rightarrow$  sűrűségű lemez súlypontjában hat az  $\rightarrow$  eredő erő, amelynek abszolút értéke:

$$R = \iint \rho g v dy dx = \rho g v \int_A dA$$

Ezt az  $\rightarrow$  erőt a súlypontra illeszkedő, de ellentétes erő  $\rightarrow$  egyensúlyban tartja, ha a nyomatéki egyenlet is teljesül:

$$R x_S - \rho v g \iint x dy dx = 0$$

$$x_s = \frac{\rho v g \iint x dy dx}{R} = \frac{\rho v g \int x dA}{\rho v g \int dA} = \frac{\int x dA}{A}$$

A súlypont másik koordinátája ehhez hasonló levezetés után:

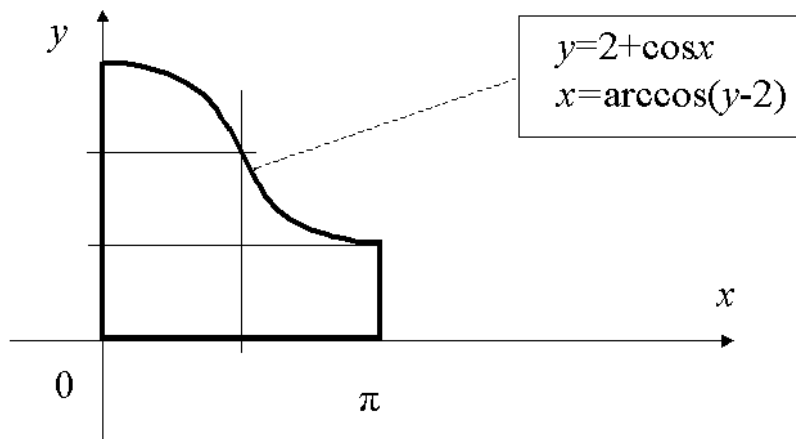
$$y_s = \frac{\int y dA}{A}$$

Mindkét számlálóban elsőrendű nyomaték van.

Fontos tudni, hogy a súlypontra számított elsőrendű nyomatékok értéke zérus.

Például, ha  $y_s=0$ , akkor a számlálója is nulla, tehát  $\int y dA = 0$

A fentieket szemlélteti az alábbi számpélda:



A lemez területe:

$$A = \int_0^{\pi} \int_0^{2+\cos x} dy dx = \int_0^{\pi} (2 + \cos x) dx =$$

$$= 2\pi + [\sin x]_0^{\pi} = 2\pi$$

A súlypont abszcisszája (x koordinátája):

$$x_s = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \int_0^{2+\cos x} x dy dx = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (2x + x \cos x) dx =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \left\{ [x^2]_0^{\pi} + [x \sin x]_0^{\pi} - \int_0^{\pi} \sin x dx \right\}$$

$$x_s = \frac{1}{2\pi} \left\{ \pi^2 + [\cos x]_0^\pi \right\} = \frac{1}{2\pi} (\pi^2 - 2) =$$

$$= \frac{\pi}{2} - \frac{1}{\pi} \approx 1,2525$$

A súlypont ordinátája (y koordinátája):

$$y_s = \frac{1}{2\pi} \left\{ \int_0^1 \pi y dy + \int_1^3 y \int_0^{\arccos(y-2)} dx dy \right\}$$

$$y_s = \frac{1}{4} + \frac{1}{2\pi} \int_1^3 y \arccos(y-2) dy =$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{2\pi} \int_1^3 \frac{\pi y}{2} dy - \frac{1}{2\pi} \int_1^3 y \arcsin(y-2) dy$$

A részletes számítások helyett numerikus analízis segítségével, azaz számítógéppel számítjuk ki a harmadik integrált.

$$y_s = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \left[ \frac{y^2}{2} \right]_1^3 - \frac{1}{2\pi} \int_1^3 y \arcsin(y-2) dy \cong$$

$$\cong \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \left( \frac{9}{2} - \frac{1}{2} \right) - \frac{0,79}{2\pi} = 1,25 - \frac{0,79}{2\pi} \approx 1,1243$$

Megjegyzés: A súlypont helyét szerkesztéssel is megállapíthatjuk. A tetszőleges alakú,  $d$  vastagságú, homogén lemezt bármely pontjában függesszük fel és jelöljük ki a súlyerő hatásvonalát! Egy másik pontra megismételve az eljárást; a két hatásvonal metszéspontja a lemez súlypontja.

**súrlódás** (fiz, műsz) számos fizikai jelenség gyűjtőfogalma. A ~ a szilárd testek folyadékokban (v. légnemű anyagban) való mozgásakor fellépő → közegellenállás különféle fajtái, valamint az egymással érintkező testeknek az érintkező felület mentén való viszonylagos → elmozdulásával, ill. ennek megakadályozásával kapcsolatos jelenségek összefoglaló megnevezése. A ~-nak több fajtája van (csúszási, ill. → tapadási ~, gördülési és folyadékokban az ún belső ~). A ~ a mozgást nemcsak akadályozza, hanem képes az akadályozó ~ leküzdésére, sőt még gyorsításra is. Pl. a közúti járművek kerekénél ható tapadási ~ ellensúlyozza a → menetellenállást, és ha azt meghaladja, akkor képes gyorsítani is a járművet.



**súrlódási erő** (fiz) (jele:  $F_s$ ) Ha két test csúszik egymáson, akkor kölcsönösen súrlódási  $\rightarrow$ erőt fejtenek ki egymásra. A  $\sim$  alapvető tulajdonságai:

(1) Mindig a csúszó felületek közös érintősíkjába esik és iránya ellentétes az adott test másik testhez viszonyított relatív sebességének irányával.

(2) Jó közelítéssel független az érintkezési felületek nagyságától és a sebességtől (kis sebességeknél).

(3) Arányos a csúszó testek között fellépő erő normál (merőleges) irányú összetevőjével:

$$\boxed{F_s = \mu \cdot K} \quad \text{ahol } K - \text{ a csúszó felületre merőleges irányú } \rightarrow \text{ kényszererő } \\ \mu - \rightarrow \text{ csúszási súrlódási együttható }$$

(4) Nem-konzervatív erő

A  $\sim$  által végzett munka mindig negatív (1) miatt, mivel mindig ellentétes irányú az elmozdulással ( $\varphi = 180^\circ \rightarrow \cos \varphi = -1$ ):

$$\boxed{W_{súrl} = \mathbf{F}_s \cdot \mathbf{s} = F_s \cdot s \cdot \cos \varphi = -F_s \cdot s}$$

**súrlódásmentes áramlás** (fiz, hidr) olyan  $\rightarrow$ modellközeg (pl. ideális folyadék) áramlása, amelyben a deformáció-sebesség hatására nem jön létre  $\rightarrow$ csúsztatófeszültség a folyadékban. A valóságos folyadékok nem ilyenek, de esetükben sokszor a belső  $\rightarrow$ súrlódás hatása elhanyagolható az egyéb erőhatásokhoz képest. A  $\rightarrow$ határrétegen kívül, különösen nagy  $\rightarrow$ REYNOLDS-szám esetén a  $\sim$  feltételezése indokoltan jó közelítése a valóságnak. A  $\sim$  leírására alkalmas a  $\rightarrow$ BERNOULLI-egyenlet és az  $\rightarrow$ EULER-egyenlet.

Megjegyzés: a  $\sim$ ra ún. örvénytételek is érvényesek (THOMSON-tétel, HELMHOLTZ I. és II. tétele).

**súrlódásos áramlás** (fiz, hidr) a deformáció-sebesség hatására  $\rightarrow$ csúsztatófeszültség keletkezik a valóságos folyadékban. Ez okozza annak belső  $\rightarrow$ súrlódását. A  $\sim$  leírására alkalmas a veszteséges  $\rightarrow$ BERNOULLI-egyenlet és a  $\rightarrow$ NAVIER-STOKES-egyenlet.

**sűrűség** (fiz, hidr) (jele:  $\rho$ , mértékegysége:  $1 \text{ kg/m}^3$ )  $\rho = \rho(\mathbf{r}, t)$  függvény jellemzi a kiterjedt fizikai testek tömegeloszlását. A  $\sim$  meghatározása az alábbi módon történik:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow V_{\min}} \frac{\Delta m}{\Delta V},$$

ahol  $\Delta V$  az  $\mathbf{r}$   $\rightarrow$ helyzetvektor közelében lévő elemi  $\rightarrow$ térfogatrész,

$\Delta m$  az elemi térfogatrész  $\rightarrow$ tömege és

$V_{\min}$  az a kicsiny térfogat, amelyen belül az anyag atomszerkezetének az a tulajdonsága még nem számottevő, hogy tömegének zöme az atom magjában koncentrálódik, miközben az atom térfogatának legnagyobb része (elektronfelhő) alig rendelkezik tömeggel. (Ezért a gyakorlatban nem lehet a határértékben nullára összehúzni  $\Delta V$ -t, mert nem mindegy, hogy hová húzzuk össze.) Tehát  $V_{\min}$ -en belül a tömegeloszlást egyenletesnek tekinthetjük.

**szabad entalpia** (fiz) termodinamikai állapotfüggvény  $G$ , néha GIBBS-féle szabad energiának vagy röviden  $\rightarrow$ termodinamikai potenciálnak is nevezik. A  $\sim$  a  $H$   $\rightarrow$ entalpia, az  $S$   $\rightarrow$ entrópia és a  $T$   $\rightarrow$ abszolút hőmérséklet segítségével a  $G = H - TS$  összefüggéssel fejezhető ki. A  $\sim$  elnevezés onnan ered, hogy izoterm-izobar folyamat esetén nem folytatható a teljes  $H$  entalpia rovására munkavégzés, hanem erre csak a  $H - TS$  rész használható fel. Szokás a  $TS$  entalpia-részt kötött entalpiának is nevezni.

Megjegyzés: Josiah Willard GIBBS (1839. febr. 11, New Haven – 1903. ápr. 28, New Haven), amerikai elméleti fizikus, kémikus és matematikus.

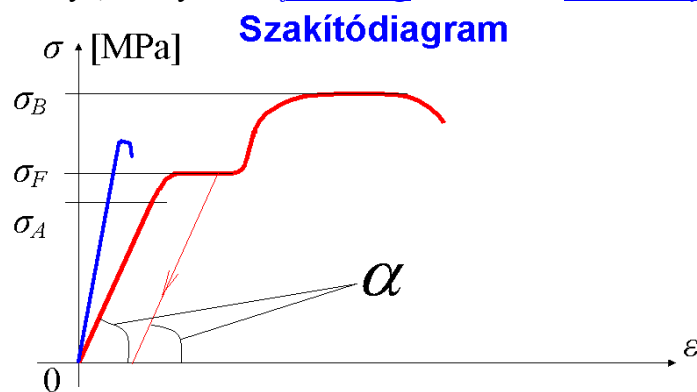
**szabaderők** (fiz) az egyaránt zavartalanul szuperponálódó kölcsönhatási  $\rightarrow$ erők. Tegyük fel, hogy egy zárt (egyéb objektumok hatásaitól elszigetelt)  $\rightarrow$ rendszerben lévő  $m \rightarrow$ tömegű,  $\mathbf{p}=m\mathbf{v} \rightarrow$ impulzusú  $\rightarrow$ tömegpont rendszeren belüli környezetének impulzusa  $\mathbf{P}$ . Az impulzusmegmaradás elve ( $\rightarrow$ NEWTON I. törvénye) szerint a rendszer impulzusa állandó:  $\mathbf{p}+\mathbf{P}=\text{const}$ . De akkor a változásnak olyannak kell lennie, hogy érvényes legyen a  $\dot{\mathbf{p}}+\dot{\mathbf{P}}=\mathbf{0}$  is. Innen  $-\dot{\mathbf{P}}=\dot{\mathbf{p}}$ . Ha  $\sum \mathbf{F}=-\dot{\mathbf{P}}$  a környezet fizikai sajátosságaitól függ, akkor komponenseit erőknek, pontosabban  $\sim$ nek nevezzük.

**szabadságfok** (fiz, mech) azoknak a független skalár adatoknak a száma, amelyek egy test vagy szerkezet helyzetét egyértelműen meghatározzák. Az alábbi táblázat tartalmazza az egyszerű alakzatok  $\sim$ át.

Megnevezés	Síkon	Térben
Tömegpont	2	3
Kiterjedt test	3	6

**szabadsági fok** (fiz)  $\sim$ nak a függetlenül változtatható  $\rightarrow$ állapothatározók számát tekintjük. Törvény: szabadsági fokok száma + fázisok száma = komponensek száma + 2.  
lásd még:  $\rightarrow$ szabadságfok

**szakítódiagram** (fiz, műsz) valamely próbatest ún. szakítógéppel végzett kísérleti vizsgálatának szemléletes eredménye, amelyen a  $\rightarrow$ feszültség látszik a  $\rightarrow$ mérnöki nyúlás függvényében.



A  $\sim$  jellegzetes pontjai az anyagvizsgálatnál ma már nem használt arányossági határ:  $\sigma_A$ , v.  $\sigma_P$ , amely helyett a 2%-nyi maradó alakváltozáshoz tartozó  $\sigma_R$  v.  $\sigma_E$  rugalmassági határt alkalmazzák, a folyáshatár:  $\sigma_F$  és a szakítószilárdság:  $\sigma_B$ .

**szakítószilárdság** (fiz, műsz) (jele:  $\sigma_B$ , mértékegysége: 1 Pa, de (mivel ez túl kicsi egység) általában MPa-ban adják meg) a  $\rightarrow$ szakítódiagram maximális  $\rightarrow$ feszültsége, ill. az a feszültség, amelynél a szerkezeti anyag eltörik, v. elszakad.

Megjegyzés: a B index a Bruchfestigkeit = szakítószilárdság német, tükörfordított szakkifejezésre utal.

**szállító sebesség** (fiz) annak a  $\rightarrow$ koordinátarendszernek a  $\rightarrow$ sebessége az  $\rightarrow$ abszolút nyugalomhoz v. egy alkalmas  $\rightarrow$ vonatkoztatási rendszerhez képest, amelyhez viszonyítva  $\rightarrow$ relatív mozgást végez egy objektum.

Pl. a koordinátarendszert egy folyóhoz rögzítjük, amelynek  $\rightarrow$ átlagsebessége a parthoz viszonyítva  $5 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . A folyó sebességét vízlépcső alkalmazásával  $2 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ -ra lassítják. Egy szállítóhajó,

amelynek a vízhez viszonyított átlagsebessége  $10 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ , ingajáratban közlekedik a folyó 300

km-es szakaszán. A zsilipelés időszükséglete  $51'40''$ . Mennyi a megtakarított idő a vízlépcsőzés előtti helyzethez képest?

Kidolgozás: A zsilipelés ideje:  $t_{zs}=60 \cdot 51+40=3100[s]$

A relatív sebességek:  $w_{1,2} = \pm 10 \left[ \frac{m}{s} \right]$

A szállító sebességek:  $v = 5 \left[ \frac{m}{s} \right]$  és  $v_{zs} = 2 \left[ \frac{m}{s} \right]$

A folyón történő  $\rightarrow$  elmozdulások:  $s_{1,2} = \pm 300 [km]$

A ciklusidők:

$$t_1 = \frac{s_1}{w_1 + v} + \frac{s_2}{w_2 + v} = \frac{3 \cdot 10^5}{15} + \frac{3 \cdot 10^5}{5} = 8 \cdot 10^4 [s]$$

$$t_2 = \frac{s_1}{w_1 + v_{zs}} + \frac{s_2}{w_2 + v_{zs}} = \frac{3 \cdot 10^5}{12} + \frac{3 \cdot 10^5}{8} = 62500 [s]$$

Az időkülönbség:  $\Delta t = t_1 - t_2 - t_{zs} = 80000'' - 62500'' - 3100'' = 14400'' = 4^h$ .

**Tehát a vízlépcsőzés négy órával csökkenti a fuvarozás ciklusidejét.**

**száloptika** (fiz) (fiberoptika, fényvezető kábel). Vékony, hajlékony, fényvezető szálakból álló fénytovábbító eszköz; működése a  $\rightarrow$  teljes visszaverődésen alapul. Fényvezető anyagként leggyakrabban az üveget használják. Az üvegszálba bebocsátott fénysugár az üvegszál hajlataiban a  $\rightarrow$  teljes visszaverődés határszögénél nagyobb szögben esik az üvegszál oldalfalára, és így arról teljes visszaverődéssel halad tovább az üvegszálban, tehát követi az üvegszál kanyarodásait, mégpedig lényeges  $\rightarrow$  intenzitáscsökkenés nélkül. A  $\sim$  rendszerint koaxiális szerkezetű; a belső magot egy nagyobb  $\rightarrow$  optikai törésmutatójú palást veszi körül, és erre kerül a szilikon gumi külső védőburkolat. Ha több szálát fognak össze (akár több tízezer), és úgy rendezik el, hogy a köteg két végén ugyanaz a szál ugyanarra a helyre kerüljön, akkor a köteg egyik végére vetített kép raszteres formában megjelenik a másik végen, tehát kép továbbítására is alkalmas (orientált száloptika). Kiterjedten használják a hírközlésben, orvosi diagnosztikában (endoszkóp, kolonoszkóp), műtéti technikákban, járműiparban stb.

**számítógépes szimuláció** (műsz) a  $\rightarrow$  rendszer matematikai  $\rightarrow$  modelljéből indul ki, és a különböző gerjesztések és kezdeti feltételek mellett a leíró differenciálegyenlet paramétereit addig változtatják, ameddig a modell a megkívánt dinamikus viselkedést nem mutatja. A  $\sim$  tehát a rendszeregyenlet megoldása a paraméterek és feltételek változtatása mellett. A  $\sim$  elvégezhető analóg számítógép, digitális számítógép és hibrid számítógép segítségével. Pl. a síkbeli  $\rightarrow$  ferdehajítást a  $\rightarrow$  közegellenállás figyelembevételével nemlineáris közönséges differenciálegyenlet-rendszerrel írtuk le, és ezt digitális  $\sim$  segítségével oldottuk meg.

**szárny húrholtsza** (műsz, rep) (jele:  $h$ , mértékegysége: 1 m) a szárnyprofil belépő és kilépő éle közötti távolság.

**szárny karcsúsága** (műsz, rep) a véges szárny fontos dimenziótlan mutatója. A geometriai karcsúság (jele:  $\lambda_{geom}$ ), vagy oldalviszony a fesztávolság négyzetének és a szárnyfelületnek a hányadosa. Téglalap alakú szárny esetén ez egyenlő a fesztávolság és a  $\rightarrow$  szárny húrholtsza hányadosával. Az  $\rightarrow$  indukált ellenállás képletében szereplő effektív karcsúságot az alábbi képlettel lehet kiszámítani:

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{1}{\frac{1}{40} + \frac{1}{\lambda_{\text{geom}}}}$$

**szétszóródás** (fiz) az a folyamat, melynek során a kvantumfizikai interferencia széteszik a (külső) környezetben található részecskék között úgy, hogy a kvantumfizikai információ szétszóród az összes többi folyamat zajában.

**szférikus aberráció** (fiz) (gömbi eltérés) Nagy átmérőjű fénynyaláb esetén létrejövő *leképezési hiba*, amely esetben a tárgy pont képe nem egyetlen pont, hanem kiterjedt folt.

A ~ → [lencse](#) vagy görbült → [tükör](#) képhibája. Tükrök esetében ezt a hibát szigorúan párhuzamosan beeső fénynyaláb esetén a gömbfelület helyett paraboloid alakú felületet alkalmazva lehet korrigálni. Lencsék gömbi eltérését azzal lehet javítani, hogy a lencse két oldalát azonosan munkálják meg. Meglévő gömbi eltérést pedig úgy lehet csökkenteni, hogy (fényvesztés mellett) diafragmával letakarják a peremét, és a fényt csak a lencse középső részén bocsátják át, ahol a ~ elhanyagolható

**szigetelő** rossz → [vezető](#). ~nek általában azokat az anyagokat tekintjük, amelyek → [fajlagos ellenállás](#)  $\rho \geq 10^8 \Omega\text{m}$ .

**szilárdságtan** (fiz, műsz) a mechanika tudományának az az ága, amely a nem → [merev test](#)eket vizsgálja.

**szimmetria** (fiz) lásd. [Szimmetria a fizikában](#) c. szakcikket.

**szimuláció** (tud, műsz) → [számítógépes szimuláció](#)

**szivárvány** (fiz) a ~ olyan légköri [optikai](#) jelenség, amelyet az [eső](#)- v. pára cseppek okoznak, amikor a [fény](#) → [prizma](#) szerűen megtörik rajtuk (bennük), és → [színe](#)ire bomlik (lásd → [színkép](#)). Az ún. fő-ívnek külső része vörös, míg a belső íbolya. Előfordul az ún. dupla ~ (mellék~) is, amelynél egy másik, halványabb ív is látható, nagyobb átmérőben és fordított sorrendű színekkel. A másodlagos ~t az okozza, hogy a fény a vízcsepp belsejében kétszer verődik vissza, és a vízcseppből - a beeső sugárhoz képest - 50°-53°-ban távozik. Ha a Nap 42°-nál magasabban van, ~ nem látható, mivel a horizont alatt keletkezik. A szivárvány a horizont alatt is folytatódik; repülőgépről teljes, kör alakú ~t látunk. A ~ jelenségét vízesések mellett v. kerti locsoláskor is észlelhetjük.

A vékony hártyák, a szitakötők szárnya, a vizes felületen szétfutó olajfoltok, a fémek felületén kialakuló színjátzó oxidrétegek, a szappanbuborékok ugyancsak a színkép színeiben pompáznak, de ezek oka az → [interferencia](#)-jelenség.

**szín** (fiz) fényérzetünk akkor van, ha szemünkre különböző hullámhosszú fénysugarak esnek. Bár a látható spektrum a vörös és az íbolya között folytonosan változik, általában hét színre szokás felbontani, amelyek → [hullámhossz](#) tartománya a következő: vörös: 780–620 nm narancs: 620–585 nm sárga: 585–575 nm zöld: 575–500 nm kék: 500–445 nm indigókék: 445–425 nm íbolya: 425–380 nm. Ez a felbontás természetesen szubjektív. Ha ezek a ~ek (→ [monokromatikus](#) elektromágneses hullám) olyan arányban keverednek, mint ahogy a napfényben, akkor fehér ~t kapunk. Az ún. dikromát színvakok csak két ~t látnak, a trikromátok hármát. Az összes ~ előállítható fenti alapszíneknek megfelelő arányú (→ [additív](#) v. → [szubsztraktív](#)) keverésével.

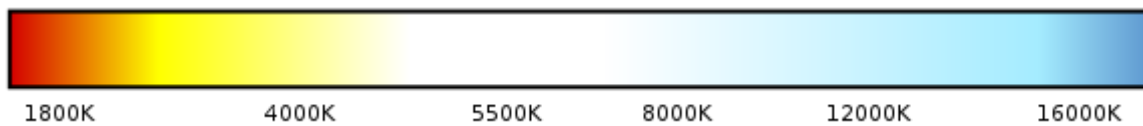
**színérzet** (fiz) az a fiziológiai benyomás, amelyet a → [színek](#) keltenek a látószervben. A ~ három fő jellemzője: (1) a *színezet* (vörös, narancs, sárga, zöld, kék, lila és bíbor), (2) a *telítettség*



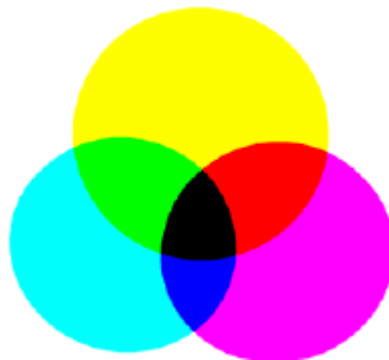
ség (a telített színek és a semleges színek közti árnyalat), és (3) a *világosság* (végpontjai a fehér és fekete, és minden színezetnek vannak világos és sötét árnyalatai).

**színhiba** (fiz) (kromatikus aberráció, színi eltérés) fennállása esetén a leképezett képnek színes szegélye van, bár a tárgynak nincs. Ennek oka, hogy a  $\rightarrow$ [lencsék](#), akárcsak a  $\rightarrow$ [prizmák](#), másképp törik meg a különböző  $\rightarrow$ [hullámhosszúságú](#) ( $\rightarrow$ [színű](#)) fénysugarakat. A  $\sim$  javítása úgy történik, hogy különböző  $\rightarrow$ [törésmutatójú](#), pl. korona- és flintüvegből készített ([http://www.kislexikon.hu/fenyteni\\_uveg.html](http://www.kislexikon.hu/fenyteni_uveg.html)) gyűjtő- és szórólencsét tesznek egymás mögé, így az ellentétes  $\rightarrow$ [diszperziók](#) kompenzálják a  $\sim$ -t.

**színhőmérséklet** (fiz) a  $\sim$ -et az általa okozott  $\rightarrow$ [színérzet](#) és egy fekete test által létrehozott színérzet alapján határozzák meg. A  $\sim$  a  $\rightarrow$ [WIEN-törvény](#) gyakorlati alkalmazása. Az ábrán a különböző színek színhőmérséklete látható *K*-ben.



**színkeverés** (fiz) A  $\sim$ -nek két módszere lehetséges; az  $\rightarrow$ [additív](#) (összeadódó) és a  $\rightarrow$ [szubtraktív](#) (kivonódó)  $\sim$ . A két kifejezés mindig a  $\sim$  módszerére utal. Az  $\rightarrow$ [additív színkeverés](#)nél a  $\rightarrow$ [szín](#)árnyalatokat színes fények ( $\rightarrow$ [monokromatikus](#) elektromágneses hullámok) egymásra vetítésével, összeadásával állítjuk elő. Ehhez kék, zöld és vörös színű fényforrásokra van szükségünk, amelyekkel különböző erősségű megvilágításokat kell létesíteni. Az egyenlő erősségű kék, zöld és vörös sugarak egymásra vetítve fehér fényt adnak. Kék és zöld fény keverésével zöldeskéket, a zöld és a vörös egymásra vetítésével sárgát, a kék és a vörös keverésével bíbort kapunk. Ezeket a színeket az alapszínek *komplementereinek*, kiegészítő színeinek nevezzük. Az alapszínek és komplementereik: kék-sárga, zöld-bíbor, vörös-kékeszöld. A  $\rightarrow$ [szubtraktív színkeverés](#)hez egyetlen fehér fényű fényforrás szükséges.



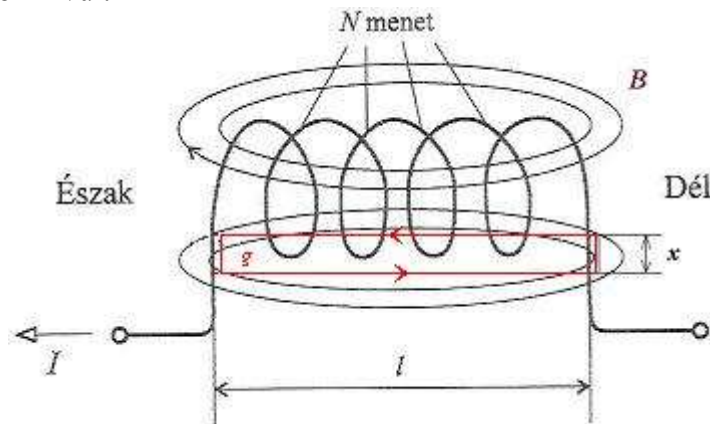
A fényáramba közvetlen egymás után három, ún. szubtraktív szűrőt helyezünk el, amely a fehér fény kék, zöld és vörös összetevőit a kívánt arányban csökkenti. A kék összetevő erősségét sárga színű, a zöld összetevő erősségét bíborszínű, a vörös összetevő erősségét zöldeskék színű szűrővel lehet gyengíteni. A szubtraktív szűrőzéshez tehát háromféle színszűrőre van szükség, és mindegyikből többféle fokozatra. A sárga szubtraktív szűrők ideális esetben maradéktalanul átengedik a vörös és zöld színű sugarakat, de erősségüknek megfelelő mértékben nyelik el a kék színű sugarakat. A bíbor szubtraktív szűrők ideális esetben maradéktalanul átengedik a vörös és a kék sugarakat, de erősségüknek megfelelő mértékben nyelik el a zöld színű sugarakat. A zöldeskék szubtraktív szűrők ideális esetben maradéktalanul átengedik a zöld és a kék színű sugarakat, de erősségüknek megfelelő mértékben nyelik el a vörös színű fénysugarakat. Az előzők szerint tehát három különböző erősségű szubtraktív színszűrő segítségével minden színárnyalat - beleértve a szürkét és feketét is - előállítható.

**színkép** (fiz) elektromágneses  $\rightarrow$  energiák sorozata csökkenő v. növekvő  $\rightarrow$  frekvenciaértékek szerint rendezve (elektromágneses spektrum). Egy test vagy egy anyag emissziós spektruma azoknak a jellegzetes sugárzásoknak a sorozata, amelyet a test melegítése,  $\rightarrow$  elektronokkal v. ionokkal történő bombázása vagy  $\rightarrow$  fotonok elnyelésének hatására kibocsát. Az abszorpciós spektrum úgy áll elő, hogy a vizsgálandó anyagon és a  $\rightarrow$  spektroszkópon egy folytonos spektrumú sugárzást bocsátunk keresztül. A folytonos spektrumban fekete vonalak és sávok jönnek létre ott, ahol a megfelelő energiákat az abszorbeáló anyag elnyeli. Az emisszióra is képes anyagok abszorpciós spektruma esetében a fekete vonalak és sávok helye pontosan megegyezik az emissziós spektrum vonalaival és sávjaival.

Az emissziós és az abszorpciós spektrum egyaránt lehet *folytonos*, *vonalas* v. *sávós* szerkezetű. A folytonos spektrum egy széles frekvencia-tartományban szakadásmentes: izzó fémek, folyadékok és összenyomott gázok adnak ilyen ~et. Vonalas ~et adnak a gerjesztett állapotból alacsonyabb energiájú szintre visszatérő atomok és ionok. A sávós ~ (egymáshoz nagyon közeli vonalcsoportok) a molekuláris szerkezetű gázokra és a kémiai vegyületekre jellemző.

**színképelemzés** (fiz) ( $\rightarrow$  spektroszkópia) A ~ a  $\rightarrow$  színkép vizsgálatával, tágabb értelemben a teljes elektromágneses színkép és mindenféle sugárzás (például: részecskesugárzások) spektrumának elemzésével foglalkozó, különösen annak  $\rightarrow$  energia ( $\rightarrow$  hullámhossz,  $\rightarrow$  frekvencia) szerint felbontott összetevőinek tulajdonságait vizsgáló tudományág.

**szolenoid** (fiz) a ~ egyenes huzaltekercs. Lazán tekercselt, átmérőjükhöz képest rövid tekercsek mágneses erőterét bonyolult kiszámítani; az ideális ~ átmérőjéhez képest hosszú, szorosan tekercselt tekercs. A  $\rightarrow$  mágneses erőterét a ~ belsejében lényegében homogén és sokkal nagyobb, mint a ~on kívül.



$$B = \frac{\mu_0 NI}{l}$$

**szöggyorsulás** (fiz) (jele:  $\beta$ , mértékegysége:  $1 \text{ rad/s}^2$ ) a  $\rightarrow$  szögsebesség ( $\omega$ ) idő szerinti deriváltja, annak időbeni változását fejezi ki:

$$\beta = \frac{d\omega}{dt}$$

A test (érintőirányú)  $\rightarrow$  tangenciális gyorsulását kiszámíthatjuk a ~ből:

$$a_t = \beta r,$$

ahol  $r$  a  $\rightarrow$  körmozgást végző test pályájának sugara.

**szöggyorsulás-vektor** (fiz) (jele:  $\boldsymbol{\beta}$ , mértékegysége:  $1 \text{ rad/s}^2$ ) a  $\rightarrow$  szögsebesség-vektor ( $\boldsymbol{\omega}$ ) idő szerinti deriváltja, annak időbeni változását fejezi ki:

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} = \frac{d(\mathbf{e}_r \times \dot{\mathbf{e}}_r)}{dt} = \dot{\mathbf{e}}_r \times \dot{\mathbf{e}}_r + \mathbf{e}_r \times \ddot{\mathbf{e}}_r = \mathbf{e}_r \times \ddot{\mathbf{e}}_r$$

A ~ szerepe a  $\rightarrow$  körmozgást végző,  $\mathbf{r}$   $\rightarrow$  helyzetvektorú  $\rightarrow$  tömegpont eredő  $\rightarrow$  gyorsulás-vektorában ( $\mathbf{r}$  origója a forgástengelyre illeszkedik, de nincs az  $r$  sugarú pálya síkjában):

Kerületi sebességvektor :  $\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$

Szöggyorsulás - vektor :  $\boldsymbol{\beta} = \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} = \dot{\boldsymbol{\omega}}$

Eredő gyorsulás - vektor :  $\mathbf{a}_e = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \dot{\boldsymbol{\omega}} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times \dot{\mathbf{r}} = \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}) \equiv \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega}(\mathbf{r} \cdot \boldsymbol{\omega}) - \mathbf{r}(\boldsymbol{\omega} \cdot \boldsymbol{\omega}) =$   
 $= \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{r} - \mathbf{r}_r \omega^2 = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_{cp}$

Felhasználtuk, hogy  $\mathbf{r} = \mathbf{r}_r + \mathbf{p}_{ax} = r\mathbf{e}_r + \mathbf{e}_{ax}|\mathbf{r}|\cos\varphi$  és így  $\omega = |\boldsymbol{\omega}|$  jelöléssel

$\boldsymbol{\omega}(\mathbf{r} \cdot \boldsymbol{\omega}) = \omega|\mathbf{r}|\omega\cos\varphi = \omega\mathbf{p}_{ax} = \mathbf{p}_{ax}\omega^2$  és  $-(r\mathbf{e}_r + \mathbf{p}_{ax})(\boldsymbol{\omega} \cdot \boldsymbol{\omega}) = -(r\mathbf{e}_r + \mathbf{p}_{ax})\omega^2$ , tehát

$\boldsymbol{\omega}(\mathbf{r} \cdot \boldsymbol{\omega}) - \mathbf{r}(\boldsymbol{\omega} \cdot \boldsymbol{\omega}) = \mathbf{p}_{ax}\omega^2 - (r\mathbf{e}_r + \mathbf{p}_{ax})\omega^2 = -r\mathbf{e}_r\omega^2 = -\mathbf{r}_r\omega^2$

Tangenciál is gyorsulás :  $a_t = |\mathbf{a}_t| = r\beta$

ahol  $r$  a pályasugara és

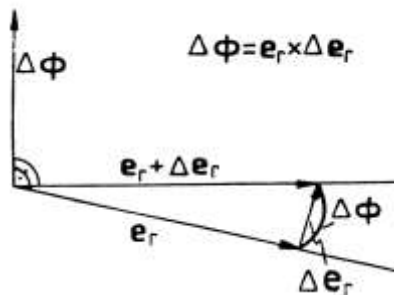
$\beta$  a szöggyorsulás.

Centripetális gyorsulás :  $a_{cp} = |-\mathbf{r}_r\omega^2| = r\omega^2 = \frac{v^2}{r}$ ,

ahol  $\omega$  a szögsebesség.

**szögsebesség** (fiz) (jele:  $\omega$ , mértékegysége: 1 rad/s) Egységnyi idő alatt végbemenő szögefördülés. ( $\rightarrow$  körmozgás)

**szögsebesség-vektor** (fiz) (jele:  $\boldsymbol{\omega}$ , mértékegysége: 1 rad/s) a forgástengelyre illeszkedő, a  $\rightarrow$  szögsebességgel megegyező abszolút értékű pszeudovektor, amelynek értelme a  $\sim$ t definiáló képlete segítségével, v. a jobbkéz-szabállyal határozható meg. Az elemi szögefördülés-vektor:



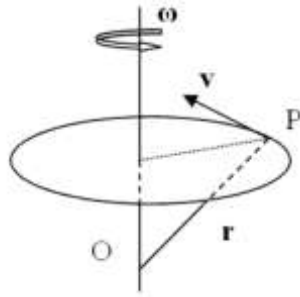
Forrás: Dr. Gibert János és szerzőtársai: *Fizika mérnököknek I, II. (A műszaki fizika alapjai)*, Bp. Műegyetemi Kiadó, 1999. 2. kiadás alapján készült oktató CD (BME-GDF közös kiadás) 49. old. 2.6. ábra

A ~ képlete a pályasugarára illeszkedő  $\mathbf{e}_r$  egységvektor és időszerinti deriváltja vektori szorzatával adható meg:

$$\boldsymbol{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbf{e}_r \times \Delta \mathbf{e}_r}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \mathbf{e}_r \times \frac{\Delta \mathbf{e}_r}{\Delta t} = \mathbf{e}_r \times \dot{\mathbf{e}}_r = \mathbf{e}_r \times \frac{\mathbf{v}}{r},$$

ahol  $\mathbf{v}$  a kerületi sebesség és

$r$  a pálya görbületi sugara.



A → forgómozgást végző test valamely  $\mathbf{r}$  → helyzetvektorral adott mozgó P pontjának pillanatnyi  $\mathbf{v}$  → sebessége a forgástengelyre illeszkedő  $\sim$ -ral is meghatározható:

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$$

Egy → tömegpont mozgásakor is értelmezhető a  $\sim$ . Legyen a pillanatnyi forgáspontból a tömegpontra mutató vektor  $\mathbf{r}$ , ekkor a  $\sim$  képlete:

$$\boldsymbol{\omega} = \frac{\mathbf{r} \times \mathbf{v}}{r^2}$$

**szökési sebesség** (fiz) → második kozmikus sebesség

**szubtraktív színkeverés** (fiz) régebben *szubsztraktív* jelzővel illetett, ún színkivonó → színkeverés

**szuperpozíció** (mat, fiz) egyenes arányosság melletti összegzés. Lásd → a szuperpozíció elve és → NEWTON-féle IV. axióma!

**szupravezető** (fiz) A  $\sim$  anyag olyan tulajdonsággal rendelkezik, hogy ha → hőmérséklete egy bizonyos - arra az anyagra jellemző - érték alá süllyed, akkor villamos → ellenállása rendkívüli mértékben és hirtelen lecsökken, akár zérusra. Például egy ólomgyűrűben, amennyiben 7,2 K alá hűtik, akkor a mágnesrúd kihúzásakor a gyűrűben indukált → áram több nap alatt sem csökken. Egy másik alapvető, az előzőekből nem levezethető tulajdonsága a  $\sim$ -nek az, hogy a jellemző hőmérséklet alatt a  $\sim$ -k belsejében nem lehet jelen mágneses tér. Az indukciós vonalak mintegy „kiszorulnak” az anyag belsejéből, ebben az állapotban zérus a  $\sim$  → relatív permeabilitása, tökéletes → diamágnes anyagként viselkedik. Ez alapján arra lehet következtetni, hogy a vezetést létrehozó, delokalizált → elektronok kettesével összekapcsolódnak, mintegy „molekulát” alkotva.

**tag** (műsz) az irányítási → rendszer valamely szerve egyik részének absztrakt → modellje.

**tangenciális gyorsulás** (fiz) (jеле:  $\mathbf{a}_t$ ) nem egyenletes → körmozgás során fellépő érintő irányú gyorsuláskomponens. Ha a test → sebességének nagysága nő, akkor a  $\sim$  a mozgás irányába mutat, ha csökken, akkor a mozgás irányával ellentétes, tehát alapvetően a sebesség nagyságának a változását jelzi.

$$\mathbf{a}_t = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

**tapadó súrlódási tényező** (fiz) (jеле:  $\mu_0$ ) a nyugalomnál, vagy tiszta gördülésnél ébredő, legnagyobb abszolút értékű → súrlódási erő abszolút értékének és a felületi normális irányú szorítóerőnek (→ kényszererőnek) a hányadosa. A  $\sim$  általában nagyobb a csúszási súrlódási tényezőnél. A nem jól kent, összeszorított felületeknél a mozgás során hirtelen fellépő tapadás, majd az ezt követő csúszás a súrlódási erő periodikus váltakozása miatt nem kívánatos → rezgéssel jár. Ha ez a jelenség szerszámgépnél fordul elő, akkor az selejtet eredményez, ezért ennek elkerülése – gördülőelemekkel v. megfelelő kenéssel – a tervezők egyik fontos feladata.

**tartósszilárdság** (műsz) → kifáradási határ

**tartószerkezet** (műsz) a → kényszerekkel alkalmas módon egymáshoz és a nyugvó környezethez kapcsolt olyan testek összessége, amelyek → erőfelvételre v. továbbításra alkalmasak.

**tágulási munka** (fiz) ha egy adott térfogatú gáz a környezeténél nagyobb nyomású, akkor a nyomás-kiegyenlítődés során kitágul, s eközben → munkát végez. Ha a folyamat úgy megy végbe, hogy a → rendszerbeli → nyomás minden pillanatban csak elhanyagolható mértékben különbözik a környezeti nyomástól, akkor szigorúan → reverzibilis folyamatok esetén a  $\sim \delta W = -pdV$ , ahol  $p$  a nyomás,  $dV$  a → térfogatváltozás

**támadáspont** (fiz) az a képzeletbeli pont, ahol az → erőt kifejtő test érintkezik egy másikkal, v. ahová a → térfogati erő eredőjét koncentráltuk.

**tárgytávolság** (fiz) a valódi v. → virtuális tárgy és a leképező eszköz közötti távolság.

**tároló** (műsz) alatt az irányítástechnikában energia, v. információ időleges megőrzésére szolgáló eszközt értenek. Az → energia tárolására, attól függően, hogy a tárolás átmenő, v. keresztváltozó révén történik, → A, illetve → K típusú tárolók szolgálnak. Az információ tárolását memóriák, a beírást és a kiolvasást egyaránt lehetővé tevő aktív elektronikus eszközök (RAM), továbbá háttértárolók (mágneslemez, mágnesszalag) segítségével oldják meg.

**távcső** (fiz) berendezés, amely egy távoli objektumból érkező sugárzást összegyűjti azért, hogy képet készítsen arról v. hogy lehetővé tegye a távolból érkező sugárzás részletes vizsgálatát. Az optikai ~nek két fő típusa van, a → lencsés ~ (refraktor) és a → tükrös ~ (reflektor).

**távolható erők** (fiz) olyan „nem érintkezési” → erők, melyek egymástól távol lévő testek közötti kölcsönhatás eredményeként jönnek létre. Pl.: → gravitációs erő.

**tehetetlenségi erő** (fiz) → D'ALEMBERT-elv és lásd még → CORIOLIS-erő!

**tehetetlenségi nyomaték** (fiz) → merev test forgásállapota megváltozásával szembeni tehetetlenségének mértéke. (jele:  $\Theta$  v.  $J$ , mértékegysége:  $1 \text{ kgm}^2$ ) (EULER már 1758-ban megalkotta a ~ fogalmát.) Egy adott  $t$  tengelyre vonatkozó ~ot úgy számítják ki, hogy a testet képzeletben → tömegpontokra bontják, és ezek ( $m_i$ ) → tömegét megszorozzák a tömegpont  $t$ -től mért ( $l_i$ ) távolságának négyzetével, és ezeket a szorzatokat összeadják:

$$\Theta_t = \sum_{i=1}^n m_i l_i^2$$

A pontos számítást térfogati integrállal végzik. Ha a test egy  $\mathbf{n}$  egységvektorra illeszkedő tengely körül végezhet → forgómozgást, akkor a ~:

$$\Theta_{\mathbf{n}} = \int_V \rho(\mathbf{r}) \cdot (\mathbf{n} \times \mathbf{r})^2 dV = \int_V \rho l^2 dV,$$

ahol  $\rho = \rho(\mathbf{r})$  a → sűrűség.

**tehetetlenségi tenzor** (fiz) (jele:  $\Theta$ , mértékegysége:  $1 \text{ kgm}^2$ ) a kiterjedt → merev test → forgómozgásakor tapasztalható tehetetlenségének mértéke. Számítási képlete kontinuumra és közelítése → pontrendszerre:

$$\Theta = \int_V \rho(\mathbf{r}^2 \mathbf{E} - \mathbf{r} \circ \mathbf{r}) dV \approx \sum m_i (r_i^2 \mathbf{E} - \mathbf{r}_i \circ \mathbf{r}_i)$$

ahol  $\rho = \rho(\mathbf{r})$  a → sűrűség, mint skalár-vektor függvény,  
 $\mathbf{r}$  a → merev test → súlypontjából indított → helyzetvektor,

**E**           egységtenzor,  
 $m_i$        a  $\rightarrow$ [tömegpont](#)ként  $\rightarrow$ [modell](#)ezett  $i$ -dik  $\rightarrow$ [tömeg](#)rész tömege,  
 $r_i=|\mathbf{r}_i|$    az  $i$ -dik  $\rightarrow$ [tömeg](#)rész súlypontjába mutató helyzetvektor abszolút értéke és  
 °           a diadikus szorzás jele.

A  $\sim$  szimmetrikus. Főátlójában tehetetlenségi nyomatékok vannak, a többi helyen pedig az ún. deviációs nyomatékok.

$$\Theta = \begin{bmatrix} \Theta_x & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yx} & \Theta_y & D_{yz} \\ D_{zx} & D_{zy} & \Theta_z \end{bmatrix}$$

A  $\sim$  hat komponense a merev test tömegeloszlásának egyik jellemzője. Felvehető olyan koordináta-rendszer is, amelyben felírva a  $\sim$ -t, csak a főátlójában lesznek nullától különböző komponensek:

$$\Theta = \begin{bmatrix} \Theta_p & 0 & 0 \\ 0 & \Theta_q & 0 \\ 0 & 0 & \Theta_r \end{bmatrix}$$

A  $p$ ,  $q$  és  $r$  irányokat főtehetetlenségi tengelyeknek nevezik. Bizonyítható, hogy stabil pörgés csak a legnagyobb és a legkisebb főtehetetlenségi nyomaték tengelye körül alakulhat ki.

**tehetetlen tömeg** (fiz) a  $\sim$  egy objektum gyorsítással szemben kifejtett ellenállásának a mértéke. A súlyos tömeg és a  $\sim$  - mai ismereteink szerint  $< 10^{-13}$  relatív hibával megegyezik. Az azonosságot először EÖTVÖS és munkatársai (PEKÁR Dezső és FEKETE Jenő), 1909-ben  $10^{-8}$  relatív pontossággal mutatták ki. Eredményére A. EINSTEIN is hivatkozott a relativitáselmélet kidolgozásakor.

Megjegyzés: EÖTVÖS Loránd Ágoston (1848. júl. 27, Buda – 1919. ápr. 8, Budapest), magyar fizikus, Albert EINSTEIN (1879. márc. 14, Ulm – 1955. ápr. 18, Princeton), NOBEL-díjas (1921) német/svájci/amerikai elméleti fizikus,

**teleszkóp** (fiz) végtelen  $\rightarrow$ [gyűjtőtávolságú](#), összetett optikai eszköz;  $\rightarrow$ [távcső](#),  $\rightarrow$ [nyaláb-tágító](#)

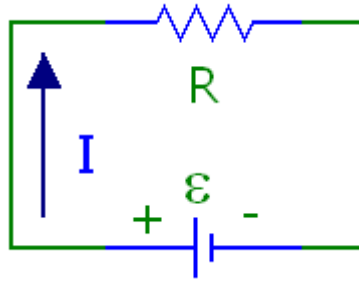
**teljesítmény** (fiz)

(1). Mechanikai  $\sim$  ( jele:  $P$ , mértékegysége:  $W$  – watt = J/s) egységnyi idő alatt végzett  $\rightarrow$ [munka](#), más néven a „munka sebessége”. Ha az  $\mathbf{F} \rightarrow$ [erő](#) a  $\Delta\mathbf{r}$  elmozdulás során  $\Delta t$  idő alatt  $\Delta W$  munkát végez, akkor a  $\sim$ :

$$P = \frac{\mathbf{F} \cdot \Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad \text{vagy más elrendezésben:} \quad P = \mathbf{F} \cdot \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

(Mindkét kifejezés tartalmazza két vektor skaláris szorzatát, amely az  $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \cdot \cos\varphi$  azonosság alapján fejthető ki, ahol  $|\mathbf{a}|$  az adott vektor abszolút értéke,  $\cos\varphi$  pedig a két vektor által közrezárt szög. Pl.: a második kifejezésben  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = F \cdot v \cdot \cos\varphi$ .)

(2). Villamos  $\sim$  meghatározásakor ma is a még Benjamin FRANKLIN (1706. jan. 17, Boston – 1790. ápr. 17, Philadelphia) által bevezetett [konvenciót](#) követjük, amely szerint a  $\rightarrow$ [feszültségforrás](#)on kívül az  $I \rightarrow$ [áram](#) a nagyobb  $\rightarrow$ [potenciálú](#) hely felől a kisebb potenciálú hely felé folyik. Ezt technikai áramiránynak nevezzük.



Az  $\varepsilon$  elektromotoros erő a  $\Delta q$  töltésen  $\Delta W$  munkát végez:

$$\Delta W = \varepsilon \Delta q$$

A feszültségforrás által végzett munka időszerinti deriváltja a teljesítmény:

$$P = \frac{dW}{dt} = \varepsilon \frac{dq}{dt} = \varepsilon I$$

$P$  a feszültségforrás  $\sim e$ . A feszültségforrás az  $\rightarrow$ ellenálláson végez  $\rightarrow$ munkát, ott termel  $\rightarrow$ hőt. Mivel  $U = \varepsilon$ , így az ellenálláson  $T$  idő alatt végzett munka, és  $\sim$  felírható:

$$P = \frac{dW}{dt} = UI$$

$$W = \int_0^T UI dt = UIT$$

**teljes visszaverődés** (fiz)  $\rightarrow$ totális reflexió. Az a jelenség, amikor a fénynyaláb az  $\rightarrow$ optikailag sűrűbb ( $n_1$  törésmutatójú) közegből az  $\rightarrow$ optikailag ritkább ( $n_2$  törésmutatójú,  $n_1 > n_2$ ) közeghez a határszögnél nagyobb  $\rightarrow$ beesési szöggel érkezik, akkor a fénynyaláb teljes mértékben visszaverődik;  $\sin \alpha_{\text{határ}} = 1/n_2$ . A  $\sim$  E. C. VITELLO fedezte fel a XIII. században. A fénytörés alapján 1611-ben Johannes KEPLER adott magyarázatot a jelenségre. A határszög és a törésmutató közti összefüggést 1802-ben W. H. WOLLASTON ismerte fel. Gyakorlati alkalmazásai pl. a  $\rightarrow$ száloptika.

Megjegyzés: Erasmus Ciolek VITELLO (1230, Borek – kb. [1280-1314]), lengyel fizikus, matematikus, filozófus, teológus, William Hyde WOLLASTON (1766. aug. 6, East Dereham – 1828. dec. 22, London), anglikán lelkész, fizikus, kémikus.

**tengelyes másodrendű nyomaték** (fiz, műsz) (jele:  $I_x, I_y$  v.  $I_z$ , mértékegysége:  $1 \text{ m}^4$ ) a keresztmetszetre illeszkedő, általában annak  $\rightarrow$ súlypontján átmenő, és egymásra merőleges tengelyekre számított  $\rightarrow$ másodrendű nyomaték.

**terhelési függvény** (műsz) írja le a vonalmenti  $\rightarrow$ megoszló terhelést. Jele:  $q(x)$ , de egyes szakkönyvekben a  $p(x)$  jelölés is előfordul. Mértékegysége:  $1 \text{ N/m}$ .

**terjedési sebesség** (fiz)  $\rightarrow$ hullámterjedési sebesség

**természetes fény** (fiz) polarizálatlan fény, amelyben az egyes hullámvonulatok  $\rightarrow$ polarizációs síkjai statisztikusan rendezetlenek.

**termik** (fiz, rep) lásd légköri  $\rightarrow$ konvekció! A földfelszín egyenetlen fény-, ill. hőelnyelő-képessége (albedója<sup>9</sup>) következtében kialakulnak a környezetüknél melegebb zónák. Ezek

<sup>9</sup> Az **albedó** <lat.> jelentése: *fehérség*. A nem tükröző felületek sugárzás-visszaverő képességét kifejező mérőszám, amely a felületről visszavert (szórt) fény erősségének és a felületre merőlegesen beeső fény erősségének a hányadosa. Ez a mérőszám az abszolút fehér felületeknél 1, az abszolút fekete felületeknél pedig 0 (pl. a hó albedója közelíti az 1-et). Az albedót értelmezni szokták földre, talajra is. Kultúrnövennyel fedett szántóföldre pl. az albedó 0,2-0,3, erdőre pedig 0,1. Az

felett a levegő hamarabb fölmelegszik, csökken a  $\rightarrow$ [sűrűsége](#), és idővel megindul a föláramlás, azaz kialakul a  $\sim$ . Azonos albedójú, kiterjedt terület felett is létrejöhet  $\sim$ . Ha a konvekciós réteg eléri a kondenzációs szintet, akkor felhő képződik, és ez jól jelzi a  $\sim$  helyét. (A felhő vastagsága a konvekciós és a kondenzációs szint különbségétől függ.) Ha a légkörben viszonylag alacsonyan, még a kondenzációs szint alatt található ún. inverzió, amelyre az jellemző, hogy a magasság növekedésével melegebb légrétegbe kerülhetünk, akkor nem alakul ki felhő. Ilyenkor a repülőgép-vezetők talajra helyezkednek, ismerve annak albedóját.

A  $\sim$ -eket kihasználva a vitorlázó repülőgépek több száz kilométert is meg tudnak tenni egyhuzamban.



**termikus hatásfok** (műsz, fiz) (jele:  $\eta_t$ ) a  $\rightarrow$ [hatásfok](#)nak az a speciális fajtája, amikor a befektetett  $\rightarrow$ [munka](#) helyén a bevezetett  $\rightarrow$ [hőmennyiség](#) szerepel.  $\rightarrow$ [CARNOT-körfolyamat](#) esetén a  $\sim$ -ot a hőelvezetés és a hőbevezetés  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#)ével is ki lehet számítani:

$$\eta_t = \frac{T_{be} - T_{el}}{T_{be}} = 1 - \frac{T_{el}}{T_{be}}$$

A képletből látszik, hogy a  $\sim$  a hőbevezetés hőmérsékletének emelésével növelhető. A  $\sim$  a  $\rightarrow$ [hőerőgép](#) tényleges hatásfokának felső határa, mert a  $\sim$ -ből még le kell vonni a  $\rightarrow$ [súrlódás](#) és egyéb veszteségek hatását is.

**termikus kölcsönhatás** (műsz, fiz) tiszta formában akkor fordul elő, ha az energián kívül más  $\rightarrow$ [extenzív mennyiség](#) nem áramlik. Ilyenkor a  $\sim$  jellemző extenzív mennyiségének, azaz az  $\rightarrow$ [entrópiának](#) forrása van.

**termisztor** (fiz)  $\rightarrow$ [hőmérséklet](#) mérésre- és szabályozásra használt,  $\rightarrow$ [félvezető](#)ből készült eszköz. Működésének fizikai alapját a hőmérsékletváltozással (növekedéssel, ill. csökkenéssel) kapcsolatos  $\rightarrow$ [ellenállás](#)-változás képezi.

**termodinamika** (fiz) makroszkopikus  $\rightarrow$ [rendszer](#)ek  $\rightarrow$ [energia](#)cserével és  $\rightarrow$ [munka](#)végzéssel járó folyamatait –, a  $\rightarrow$ [hő](#)- és egyéb mozgások összefüggéseit – leíró, valamint a kapcsolódó

---

albedó frekvenciafüggő. Pl., üreges test albedója látható fényre lehet 1-közeli, de hősugarakra 0-közeli. Ilyen anyag pl. a zúzmar. A Föld átlagos albedója 0,39.



makroszkopikus mennyiségek változását vizsgáló tudomány. Lényeges, hogy a  $\sim$  a  $\rightarrow$  [hőmérséklet-arányokat](#) rögzíti.

**termodinamika főtételei** (fiz) az anyagi rendszerben lezajló  $\rightarrow$  [energia](#) cserélő, ill. a munkavégzést is magában foglaló energia-átalakító folyamatokra vonatkozó alaptörvények (alapgazságok, axiómák). A  $\rightarrow$  [termodinamika nulladik főtétele](#) a  $\rightarrow$  [termodinamikai rendszer](#)  $\rightarrow$  [egyensúly](#) ával foglalkozik. Kimondja az egyensúly létezését és a termikus egyensúly tranzitivitását, azaz ha az **A** rendszer termikus egyensúlyban van a **B** és a **C** rendszerekkel, akkor a **B** rendszer termikus egyensúlyban van a **C** rendszerrel. Ez utóbbi teljesülése nagyon fontos a  $\rightarrow$  [hőmérséklet](#) mérés szempontjából. A  $\rightarrow$  [termodinamika első főtétele](#) az  $\rightarrow$  [energiamegmaradás](#) törvénye, amely kimondja, hogy a test  $\rightarrow$  [belső energiája](#)  $dU$  munkavégzéssel  $\delta W$  és hőközléssel  $\delta Q$  változtatható meg:  $dU = \delta W + \delta Q$ . Pusztán a belsőenergia változásból nem lehet következtetni, hogy milyen arányú munkavégzés és/vagy hőközlés történt ( $\rightarrow$  [munka](#) és  $\rightarrow$  [hő](#) egyenértékűsége) a rendszeren. E főtétel értelmében nem lehet olyan gépet építeni, amely energia-befektetés nélkül képes volna munkát végezni. (Nem létezik elsőfajú perpetuum mobile.) A  $\rightarrow$  [termodinamika második főtétele](#) a termodinamikai folyamat irányára vonatkozik. Több, egymással egyenértékű, megfogalmazása létezik. A THOMSONTól eredő megfogalmazás szerint nem létezik olyan folyamat, amely pusztán abból állna, hogy a test lehül, és az így vesztett hő munkává alakulna. A CLAUSIUSTól eredő megfogalmazás szerint a természetben nem létezik olyan folyamat, amelyben a hő önmagától, külső munkavégzés nélkül a hidegebb helyről a melegebbre helyre menne át. További megfogalmazások: Zárt rendszerben a folyamatok mindig úgy mennek végbe, hogy a rendszer  $\rightarrow$  [entrópiája](#) növekedjen. E főtétel értelmében nem lehet olyan periodikusan működő gépet építeni, amely egy hőtartály energiáját teljesen munkává alakítaná. A  $\rightarrow$  [termodinamika harmadik főtétele](#) kimondja, hogy a hőmérséklettel az  $\rightarrow$  [abszolút nulla fok](#)hoz közelítve a rendszer entrópiája zérushoz tart.

**Megjegyzés:** Lord KELVIN (született William THOMSON, 1824. június 26. – 1907. december 17.) angol matematikus, mérnök, a XIX. század meghatározó fizikusa.

**Háttér:** Az energia-megmaradás tételének fontossága miatt érdemes megvizsgálni, hogyan látták azt maguk a főszereplők, és itt elsősorban a józan, reális, az angol empirista hagyományokon nevelt JOULE-ra gondolunk. Az 1850-ben írt visszaemlékezéséből megtudhatjuk, hogy ő maga is érettnak látta már az időt arra, hogy az energia-megmaradás tétele megfogalmazódjék. Ennek ellenére a tudományos közvélemény igen nehezen fogadta el. JOULE első bejelentése teljes közönybe fulladt volna, ha egyetlen ember nem figyel fel rá, és hitetlenkedve ugyan, de megsejti a felfedezés fontosságát. Ez a lelkesedő fiatalember William THOMSON volt, a későbbi Lord Kelvin. W. THOMSON a következőket írta erről [1], [2]:

"A valóságos gépekben, amelyekben a hő segítségével mechanikai munkát akarunk nyerni, az erő forrását nem a hő abszorpciójában vagy átalakításában kell keresnünk, hanem csupán a hő átfolyásában... a hő mechanikai munkává való átalakítása minden valószínűség szerint lehetetlen, legalábbis eddig még nem fedezték fel.

(Lábjegyzetben:) Ezt a véleményt vallják lényegében egyöntetűen mindazok, akik erről a témáról eddig írtak. Mindazonáltal van ellenkező vélemény is: ezt hirdeti Mr. JOULE Manchesterből, aki kísérleteket végzett magneto-elektromos gépekkel, amelyek - úgy tűnik - olyasmire utalnak, hogy a mechanikai munka teljesen hővé alakul át."

A lábjegyzet előtti rész mai tudásunk szerint képtelenség, de akkoriban az egyetemi professzorok többségének ez volt a felfogása. William THOMSON 1846-tól nyugalomba vonulásáig a glasgow-i egyetem tanára volt. Nevét elsősorban hőtani vizsgálatai őrizték meg. (JOULE-THOMSON-hatás, abszolút hőmérsékleti skála bevezetése 1848-ban); de az elektromos rezgőkör frekvenciáját megadó képlet is őrzi nevét, csakúgy mint az 1853-ban az Atlanti-óceán alá telepített távközlési kábel (THOMSON-formula illetve THOMSON-kábel). Termodinamikai vizsgálatait 1851-ben kiadott *On the dynamical theory of heat* című művében foglalta össze.

**Irodalom:**

1. THOMSON, W.: *Reprint of Papers on Electrostatics and Magnetism*, London, 1872.
2. Mathematical and Physical Papers. 1-6. Cambridge, 1911.

**termodinamikai egyensúly** (fiz) a környezetétől teljesen elszigetelt (izolált)  $\rightarrow$  [rendszer](#), v. adott, időben nem változó környezettel kölcsönhatásban álló  $\rightarrow$  [termodinamikai rendszer](#) olyan, időben állandó (stacionárius) állapota, amelyben az  $\rightarrow$  [állapothatározók](#) időtől függetlenül állandók.

**termodinamikai folyamat** (fiz) a  $\rightarrow$ termodinamikai rendszer  $\rightarrow$ állapotváltozása. Ha a rendszer  $\rightarrow$ egyensúlyi állapotok sorozatán keresztül fejlődik, akkor a folyamatot kvázisztatikusnak nevezik. Speciális fajtái:  $\rightarrow$ izoterm (állandó hőmérsékletű),  $\rightarrow$ izochor (állandó  $\rightarrow$ térfogatú),  $\rightarrow$ izobár (állandó nyomású),  $\rightarrow$ izentalp (állandó entrópiájú). A legáltalánosabb folyamat neve  $\rightarrow$ irreverzibilis (nemegyensúlyi termodinamikai) folyamat.

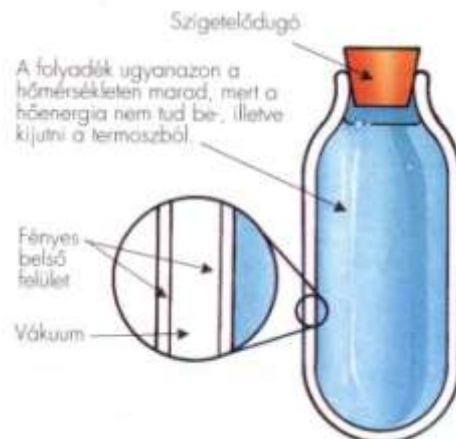
**termodinamikai hőmérséklet** (fiz)  $\rightarrow$ abszolút hőmérséklet (jele  $T$ , mértékegysége: 1 K)

**termodinamikai potenciál** (fiz) (fundamentális függvények) Olyan energiajellegű mennyiségek, amelyek egyensúlyi állapotban minimálisak. Csak térfogati munkát feltételezve: (1)  $\rightarrow$ belső energia  $U = TS - pV$ , megváltozása  $dU = TdS - pdV$ , természetes változói  $U = U(S, V)$ . (2)  $\rightarrow$ entalpia  $H = U + pV$ , megváltozása  $dH = TdS + Vdp$ , természetes változói  $H = H(S, p)$ . (3) szabadenergia  $F = U - TS$ , megváltozása  $dF = -SdT - pdV$ , természetes változói  $F = F(T, V)$ . (4)  $\rightarrow$ szabadentalpia  $G = H - TS$ , megváltozása  $dG = dH - TdS - SdT = TdS + Vdp - TdS - SdT = Vdp - SdT$ , természetes változói  $G = G(T, p)$ .

**termodinamikai rendszer** (fiz) az olyan makroszkopikus testeknek és tereknek az összessége, amelyek egymással és környezetükkel  $\rightarrow$ energiájukat  $\rightarrow$ munka és  $\rightarrow$ hő formájában cserélnek ki. A  $\sim$  állapota a  $\rightarrow$ termodinamikai  $\rightarrow$ állapothatározókkal adható meg. Főbb osztályozások: (1) Zárt  $\sim$ -ről beszélünk, ha a  $\rightarrow$ rendszer és környezete között nincs anyagcsere. (2) adiabatikusan zárt, ha nincs sem anyagcsere sem hőcsere. (3) Mechanikailag zárt, ha csak hőcsere van. (4) Nyitott, ha anyag- és energiacsere egyaránt lehetséges.

**termodinamikai valószínűség** (fiz) egy  $\rightarrow$ rendszer adott makroállapotát megvalósító mikroállapotok száma. A  $\sim$  a klasszikus valószínűség (termodinamikai értelmezésben egy adott energiaállapotban lévő molekulák száma a többihez viszonyítva) és a termodinamikai test összes mikroállapotai számának (jele:  $W$ ) a szorzata. Tehát a  $\sim$  nem a  $[0, 1]$ , hanem a  $[0, W]$  intervallumba eső mértéke a valamilyen szempontból kedvező események száma és a lehetséges összes esemény száma hányadosának.

**termosz** (fiz, műsz) A  $\sim$  kettős falú edény, amelynek két fala között vákuum van. Tulajdonképpen palack a palackban úgy, hogy csak a két edény nyílása érintkezik. A palackok között a  $\rightarrow$ hő se  $\rightarrow$ vezetéssel, se  $\rightarrow$ konvekcióval (keveredéssel) nem áramolhat, csupán  $\rightarrow$ hősugárzással juthat át az egyikből a másikba. Ez a hatás is jelentősen csökkenthető, ha a palackok felületét olyan anyaggal (pl. Al) borítják, amely erősen visszaveri a sugárzást. A  $\sim$ -ban a meleg v. a hideg ételek nagyon sokáig megtartják eredeti  $\rightarrow$ hőmérsékletüket.



**termosztát** (fiz,műsz) a ~ → hőmérséklet szabályozására szolgál, amelyet beállíthatunk a kívánt hőfokra, és ha eléri a hőmérséklet ezt a hőfokot, kikapcsol a fűtés. Minden ~nak van hiszterézise. Általában mechanikus, folyadék v. elektronikus ~ok használatosak.

**tetőpont** (fiz) → hajításnál a → pálya legmagasabb pontja, ahol a → helyzeti energia felveszi maximumát.

**térbeli hullámok** (fiz) → gömbhullám

**térfogat** (fiz, mat) (jele:  $V$ , mértékegysége:  $1 \text{ m}^3$ ) a különböző alakzatok térbeli méreteit jellemző mennyiség, amely megmutatja, hogy az adott alakzat hányszor nagyobb az egységnyi élhosszúságú kockánál. Additív tulajdonsága miatt a → termodinamikában fontos → extenzív állapothatározó. A ~ az áramlásos mechanikai kölcsönhatás egyik jellemző → extenzív mennyisége.

**térfogatáram** (műsz) (jele:  $Q$  v.  $\Phi_V$ ) az áramlásos (fluid) kölcsönhatás jellemző → extenzív mennyisége, vagyis a → térfogat (jele:  $V$ ) áramsűrűség-vektorának az áramlási keresztmetszetre számított felületi integrálja. A rendszertechnikában az áramlásos rendszerek → Á-típusú változója. Mértékegysége:  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

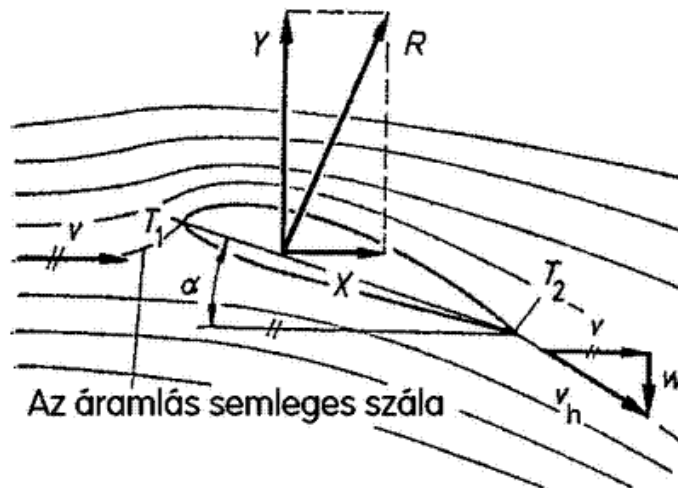
**térfogatáram-forrás** (műsz) a fluid rendszerek idealizált átmenő változó forrása, amelynek belső → ellenállása végtelen, és amely a névleges forrásértékét minden nyomáskülönbségnél megtartja, teljesítménye pedig végtelen. Valóságos ~ esetében tökéletesen egyik feltételezés sem teljesülhet, hiszen közel állandó → térfogatáramot pl. csak egy korlátozott teljesítmény tartományú fogaskerék szivattyú képes szolgáltatni, ráadásul volumetrikus vesztesége függ a → nyomástól.

**térfogati erő** (fiz) a – hangsúlyozottan csak munkahipotézisként használható – végtelen nagy → terjedési sebességű és így a → térfogat minden pontjába egyszerre érkező impulzusközlést ~hatásnak nevezzük, magát az → erőt pedig → távolható erőnek is nevezik. ~ pl. a → gravitációs erő és a → tehetetlenségi erők is.

**térfogati töltéseloszlás** → töltés eloszlás

**TOE** (fiz) **T**heory **O**f **E**verything (Minden dolgok Elmélete). Lásd: → GUT. A ~ a gravitáció beolvasztása lenne a GUT-ba. A ~ elmélet megalkotásának legfőbb nehézsége, hogy a gravitációnak nincs meg a kvantummechanikával összhangban lévő, általánosan elfogadott elmélete (kvantumgravitáció).

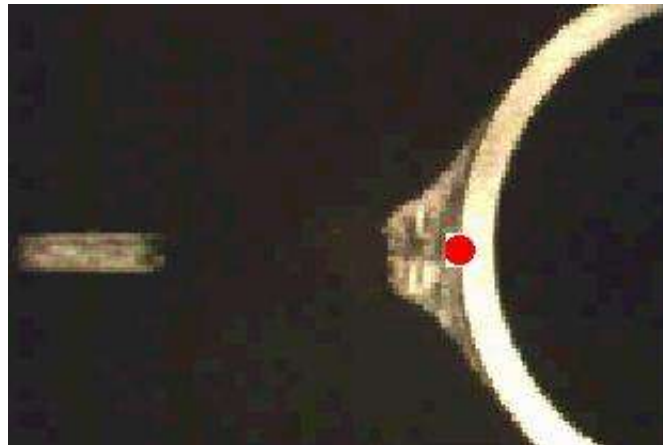
**torlópont** (fiz, hidr) az áramlásba helyezett szilárd test felületének az a pontja, ahol az → áramvonal úgy ütközik a felületbe, hogy az → áramlási sebesség zérussá válik. Az alábbi ábrán egy szárnyprofil körüli áramlás áramvonalai láthatók. Közülük azt, amelyik a  $T_1$  ~ba befut, ill. amelyik a  $T_2$  hátsó ~ból kiindul, az áramlás → semleges szálának nevezik.



Felhajtóerő keletkezése aszimmetrikus szárnyszelvényen

Forrás: [http://www.cavalloni.hu/2000\\_3/repuleselmelet2.htm](http://www.cavalloni.hu/2000_3/repuleselmelet2.htm)

Az alábbi felvétel egy videofilm részlete, amint elektromos kisüléssel keltett buborék szilárd gömbfelületbe ütközik, és ott szétterül. (A kép bal oldalán a következő buborék látszik.) A ~-ot a piros pont jelöli.



Forrás: Lajos Tamás: *Az áramlástan alapjai*, 4. kiadás, Bp. 2008. DVD melléklet M.2.1.21.

**torlóponti nyomás** (fiz, hidr) → össznyomás

**toroid** (fiz) A rendszerint tóruszra tekercselt → áramvezetőt, ha a tekercselés iránya állandó, ~-nak nevezzük. Felfogható egy körgyűrűvé hajlított → szolenoid-nak is. A ~ mágneses erőterét az → AMPÉRE-törvény alapján számíthatjuk a tekercs középvonalában. A középvonal kör alakú, amelynek a sugarát  $R$ -el jelöljük, a menetek száma  $N$ , az → áramerősség  $I$ , és ebben az esetben az indukció nagysága  $B$ :

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$$



Négyszög keresztmetszetű toroid-transzformátor

Forrás: <http://toroid-transzformator.hu/>

**TORRICELLI-kísérlet** (fiz) Evangelista TORRICELLI (1608. okt. 15. – 1647 okt. 25.) olasz fizikus, matematikus elsőként észlelte és mérte meg a fölöttünk lévő levegőoszlop → nyomását 1643-ban. G. GALILEI ötletét megvalósítva, de víz helyett higannyal töltött, egyik végén zárt, kb. 1 m hosszú csövet nyitott végével lefelé higannyal teli edénybe merített. A csőben és az edényben lévő higany szintkülönbsége kb. 76 cm volt. A higany felett zárt légüres tér alakult ki (ez a TORRICELLI-féle űr). TORRICELLI és Vincenzo VIVIANI (1622-1703) a ~ alapján alkotta meg a higanyos → barométert. A → légnomás egyik mértékegységét TORRICELLI tiszteletére torr-nak hívják. 1 torr egyenlő 1 mm magas higany nyomásával. 2009-ben magyar fizikatanárok Svájcban reprodukáló kísérletsorozatát végeztek TORRICELLI nyomán a légnomás mérésére.



Forrás: Dr. Jarosievitz Beáta főiskolai docens (GDF) szerkesztette cern2009 diasorozat 8. diája, az ő engedélyével

**TORRICELLI-tétel** (fiz) összefüggés folyadékok kis nyíláson át – gravitáció hatására – történő kiáramlásának  $v$  → sebessége és a nyílás fölötti folyadékoszlop  $h$  magassága között. A ~t Evangelista TORRICELLI állapította meg 1646-ban:

$$v = \sqrt{2gh},$$

ahol  $g$  a  $\rightarrow$ [nehézségi gyorsulás](#).

**TORRICELLI törvénye** (fiz)  $\rightarrow$ [TORRICELLI-tétel](#)

**torzió** (fiz)  $\rightarrow$ [csavarás](#)

**torziós inga** (fiz) csavarási inga, torziós mérleg: (fiz) a  $\rightarrow$ [csavarás](#) törvényein alapuló, nagyon kis abszolút értékű  $\rightarrow$ [erők](#) és  $\rightarrow$ [nyomatékok](#) mérésére alkalmas eszköz. A felső végén befo-gott,  $d$  átmérőjű, vékony,  $l$  hosszúságú,  $G \rightarrow$ [csúsztató rugalmassági modulus](#)ú rúd v. huzal, amelynek alsó végéhez todalékot (vízszintes helyzetű rudat, korongot stb.) rögzítenek: az erre kifejtett  $\rightarrow$ [erőrendszer](#)  $M_t \rightarrow$ [csavaró nyomatéka](#) a függőleges huzal  $\varphi$  elcsavaródását okozza. A huzalra erősített tükör fényvisszaverődését kihasználva a  $\varphi$  szög pontosan mérhető, és ebből következtetni lehet a nyomatéokra, ha a  $\rightarrow$ [deformáció](#) az  $\rightarrow$ [arányossági határon](#) belül marad:  $M_t = D\varphi$ , ahol

$$D = \frac{\pi G d^4}{32l}$$

az ún. direkciós nyomaték. Amennyiben az  $M_t$  nyomatékkal csavaró  $\rightarrow$ [lengés](#) jön létre, és a legnagyobb szögelfordulás is kicsi, akkor harmonikus lengést kapunk, amelynek perióduside-je:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta}{D}},$$

ahol  $\Theta$  a todalék  $\rightarrow$ [tehetetlenségi nyomatéka](#).

Ch. A. COULOMB az elektrosztatikus erőtvény vizsgálatára ( $\rightarrow$ [COULOMB-törvény](#)), H. CA-VENDISH az  $\rightarrow$ [univerzális gravitációs állandó](#) mérésére és EÖTVÖS Loránd gravitációs méré-seihez (pl.  $\rightarrow$ [EÖTVÖS-féle ~ kísérlet](#)) használt  $\sim$ t.

**totális reflexió** (fiz)  $\rightarrow$ [teljes visszaverődés](#).

**tökéletesen rugalmas ütközés** (fiz) A  $\sim$  olyan  $\rightarrow$ [ütközés](#), ahol a vizsgált rendszer összes  $\rightarrow$ [mozgási energiája](#) megmarad, vagyis ütközés előtt és után megegyezik. Ennek feltétele, hogy a rendszer legyen  $\rightarrow$ [konzervatív](#).  $\sim$  a makroszkopikus világban gyakorlatilag nem jöhet létre, egyes eseteket azonban ide sorolunk (pl.: biliárdgolyók ütközése), mivel a mechanikai energia „vesztése” elhanyagolható.

$\rightarrow$ [energia-](#) és  $\rightarrow$ [impulzus-megmaradás](#)  $\sim$  esetén:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

Ahol  $u_1$  az egyik  $u_2$  a másik test ütközés utáni  $\rightarrow$ [sebessége](#). E két kifejezés egymásba helyet-tesítésével levezethető  $u_1$  és  $u_2$ , ezek az  $\rightarrow$ [egyesített ütközési képlet](#)ből ugyanúgy számíthatók  $k=1$  értéke mellett.

**tökéletesen rugalmatlan ütközés** (fiz) A  $\sim$  olyan  $\rightarrow$ [ütközés](#), ahol rendszer mozgási energiá-jának egy része mindig „elvész” azaz átalakul belső energiává hő vagy  $\rightarrow$ [deformáció](#) révén, valamint az ütköző testek az ütközés lezajlása után együtt maradva közösen mozognak to-vább. Csak  $\rightarrow$ [impulzus-megmaradás](#) esetén a  $\sim$ -re érvényes, hogy:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 > \frac{1}{2} (m_1 + m_2) u_k^2$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u_k$$

ahol  $u_k$  a két test ütközés utáni közös sebessége. A második kifejezésből  $u_k$  kifejezhető, ill. az  $\rightarrow$ egyesített ütközési képletből is kiszámítható  $k=0$  értéke mellett.

**töltés**  $\rightarrow$ elektromos töltés

**töltésáramlás** (fiz) ha a  $\rightarrow$ vezető belsejében folyamatosan  $\mathbf{E}$  elektromos térerősség van jelen, akkor a  $\rightarrow$ töltésekre  $\mathbf{F} = q\mathbf{E} \rightarrow$ erő hat. A rugalmas erővel helyhez kötött  $\rightarrow$ pozitív töltések a kristályrácsban nem mozdulnak el, a negatív töltésű  $\rightarrow$ elektronok viszont szabadon mozoghatnak. Egy nagyon leegyszerűsített leírás szerint az elektronokat az erőtér gyorsítja mindaddig, amíg egy helyhez kötött pozitív ionnal össze nem ütköznek, az ütközés során a sebességük valamelyes lecsökken. Ezután újra gyorsulnak a következő ütközésig. Sok elektront egyszerre szemlélve, az elektronok az erőtér irányába (huzal hossza mentén)  $v_d$  átlagos sebességgel „vándorolnak”. Az ütközések során az elektronok mozgási energiájuk egy részét a pozitív ionok által elfoglalt rácspontoknak adják át, amelytől a vezető huzal melegszik (JOULE hő). Tekintsük a huzal egy  $\Delta l = v_d \cdot \Delta t$  darabját, amelynek egyik határoló  $A$  felülete a huzalra merőleges  $P$  síkon van. Az  $A\Delta l \rightarrow$ térfogatban lévő összes töltés mennyisége  $\Delta Q$ :

$$\Delta Q = neA\Delta l,$$

ahol  $n$  az egységnyi térfogatban lévő vezetési elektronok száma [ $m^{-3}$ ],  $e$  az elektronok töltése [ $C=As$ ] és  $A$  a huzal keresztmetszete [ $m^2$ ]. Ekkor az áram:

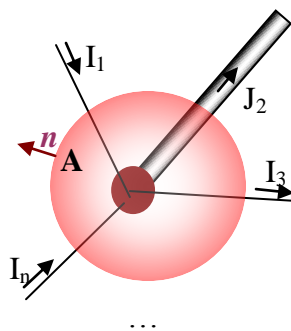
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nev_d A$$

**töltés eloszlás** (fiz) Megkülönböztetünk vonalmenti-, felületi- és  $\rightarrow$ térfogati töltéseloszlásokat, vagy töltéssűrűségeket. Az egyes töltéseloszlásokat az alábbi táblázat foglalja össze:

Töltéseloszlás	Töltéssűrűség	SI mértékegység	Töltéselem
Vonalmenti	$\lambda$ , egységnyi hosszra jutó töltés	C/m	$dQ = \lambda dx$
Felületi	$\sigma$ , egységnyi felületre jutó töltés	C/m <sup>2</sup>	$dQ = \sigma dA$
Térfogati	$\rho$ , egységnyi térfogatra jutó töltés	C/m <sup>3</sup>	$dQ = \rho dV$

**töltés megmaradás** (fiz) Jelenlegi ismereteink szerint egyedi  $\rightarrow$ töltés nem keletkezik, és nem semmisül meg. (Az ún. párkeltés során azonos + és – töltés keletkezik!)

Vizsgáljunk meg egy olyan csomópontot, amelybe több vezeték csatlakozik, és vegyük körül egy olyan  $A$  zárt felülettel, amelyen belül van a csomópont (a csomópont nem része a felületnek).



Az  $A$  zárt felületen belül a töltés mennyisége csak áramlással változhat meg. Ha  $t=0$  s pillanatban az  $A$  felületen belül az eredő töltés  $0$  C volt, akkor sztatikus áramlási térben később is  $0$  C lesz.

$$0 = \frac{dQ}{dt} = \oint_A \mathbf{J} d\mathbf{A} = \sum_{i=1}^n I_i + \int_{A_2} \mathbf{J}_2 d\mathbf{A}$$

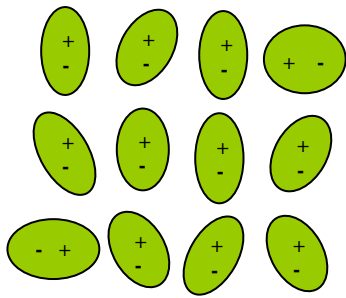
Az  $\mathbf{A}$  felület normálisa ( $\mathbf{n}$ ) kifelé mutat. Ha a technikai áram iránya megegyezik  $\mathbf{n}$  irányával, akkor  $I$ -t + előjellel adjuk az összeghez, ha ellentétes vele, akkor  $I$ -t – előjellel összegezzük.

Megjegyzendő, hogy mai fizikai és kozmológiai ismereteink szerint az Univerzum össztöltése zérus. Ugyancsak zérus a „normál” atomok kifelé mutatott töltése, ahol a mag pozitív töltését a mag körüli elektronfelhő negatív töltése *leárnýékolja*.

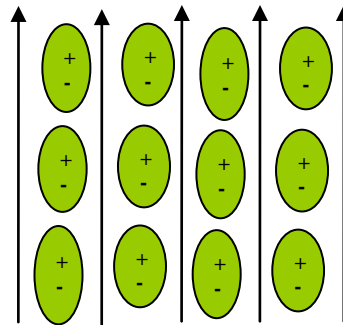
**töltés megosztás** (fiz, vill). A szigetelő anyagokat, dielektrikumokat két csoportba oszthatjuk:

- poláros dielektrikum
- nem poláros dielektrikum

Poláros dielektrikum:

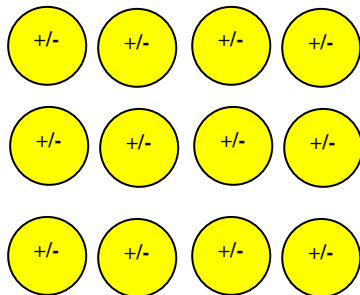


Poláros dielektrikumban (ha nincs külső elektromos erőtér) a molekulák → [elektromos dipólus-momentumai](#) rendezetlenek, véletlenszerűen helyezkednek el.

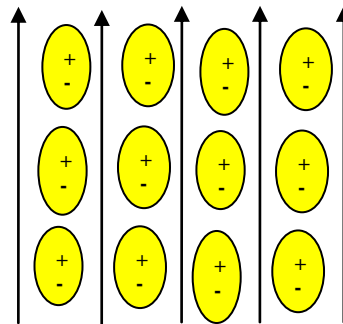


Külső elektromos erőtér jelenlétében a poláros dielektrikum molekuláris elektromos dipólusai az erőtér irányába rendeződnek.

Nem poláros dielektrikum:



Nem poláros dielektrikumban (ha nincs külső elektromos erőtér) a pozitív töltés középpontja egybeesik a negatív töltések középpontjával, így a molekuláknak nincs elektromos dipólus-momentuma.



Ha a nem poláros dielektrikumra külső elektromos erőtér hat, a pozitív és negatív töltés középpontja különválnak, ami által elektromos dipólus-momentum keletkezik, és ez a külső térerősség irányába mutat.



Mint látjuk, az elmélet nem foglalkozik kristályos anyagokkal, eltérő irányú polarizációval (csillámpala) rendelkező anyagokkal, elektromos tér hatására bekövetkező  $\rightarrow$  [alakváltozással](#) (kvarc kristály), elektromos tér hatására bekövetkező vezetőképesség változással (félvezető MOS technológia).

**töltés sűrűség**  $\rightarrow$  [töltés eloszlás](#)

**tömeg** (fiz) (jele:  $m$  mértékegysége: 1 kg  $\rightarrow$  [alapegység](#)) A testek által tartalmazott ( $n$ ) anyagmennyiséggel arányos  $\rightarrow$  [fizikai mennyiség](#). A  $\sim$  okozza a testek gyorsítással szembeni ellenállását (tehetetlen  $\sim$ ), valamint  $\sim$  hozza létre a gravitációs erőt is (súlyos  $\sim$ ), amellyel a testek vonzzák egymást. A tehetetlen és súlyos  $\sim$  arányosságának kérdésével EÖTVÖS már az 1880-as években kezdett foglalkozni. Az elméleti fizikában további megfontolásokat is érdemes figyelembe venni. A  $\rightarrow$  [relativitáselmélet](#)ben az invariáns  $\sim$  nem függ attól sem, milyen  $\rightarrow$  [vonatkoztatási rendszer](#)ből nézzük a testet. A  $\rightarrow$  [Standard Modell](#) szerint a részecskék tömegét a még eddig fel nem fedezett  $\rightarrow$  [HIGGS-bozon](#) kölcsönzi. Az [SI-mértékegységrendszer](#)ben a  $\sim$  egysége a [kilogramm](#) (kg). A  $\sim$   $eV/c^2$  egysége az atom- és részecskefizikában használatos;  $1 eV/c^2 = 1,783 \cdot 10^{-36}$  kg).

Megjegyzés: EÖTVÖS Loránd Ágoston (1848. júl. 27, Buda – 1919. ápr. 8, Pest), magyar fizikus.

**tömegáram** (fiz) (jele:  $\dot{m}$ , mértékegysége: 1 kg/s) a tömegtranszport jellemző  $\rightarrow$  [extenzív mennyiség](#)ének árama, a tömeg áramsűrűség-vektorának az áramlási keresztmetszetre vett felületi integrálja:

$$\dot{m} = \oint_A \rho \mathbf{v} d\mathbf{f},$$

ahol  $\rho$  a  $\rightarrow$  [sűrűség](#) és

$\mathbf{v}$  az  $\rightarrow$  [áramlási sebesség](#).

**tömeg-energia kapcsolat** (fiz) az  $\rightarrow$  [EINSTEIN-féle speciális relativitáselmélet](#) egyik fontos felismerése, amely a fizikai anyagban rejlő hatalmas  $\rightarrow$  [energia](#) kiszámítását teszi lehetővé.

A  $\rightarrow$  [tömegmérés relativitása](#) miatt a tömeg „sebességfüggő”, ezért idő-függő is, és emiatt az EINSTEIN-féle speciális relativitáselméletben módosul  $\rightarrow$  [NEWTON II. törvényének](#) egyszerűsített formulája, vagyis az  $\mathbf{F} = m \mathbf{a}$  képlet. (NEWTON II. törvénye eredeti megfogalmazásában változatlanul érvényes: „A mozgásmennyiség változása arányos a mozgatóerővel és amaz egyenes irányban megye végbe, melynek mentén ez az erő hat”.)

klasszikusan :  $\mathbf{F} = m \mathbf{a}$

$\mathbf{F}$  = erő

$m$  = tömeg

azaz :  $\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt}$

$\mathbf{a}$  = gyorsulás

$\mathbf{v}$  = sebesség

Az eredeti megfogalmazás szerint:

$$\mathbf{F} = \frac{d}{dt} (m\mathbf{v}) = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \mathbf{v} \frac{dm}{dt}$$

Általában erre a formulára van szükségünk, mert ha  $m$  nem független az időtől, akkor időszertinti deriváltja lehet nullától különböző is.

A  $\rightarrow$  [kinetikus energia](#) úgy fogható fel, hogy egyenlő azzal a  $\rightarrow$  [munkával](#), amelyet – abban a  $\rightarrow$  [koordinátarendszer](#)ben, amelyben a test nyugszik – be kell fektetni, hogy a test nyugalomban levő állapotából valamilyen  $\mathbf{v}$  végsebességre gyorsuljon föl. Ebből levezethető, hogy

$$E = mc^2 - m_0c^2, \quad \text{ahol } m \text{ a relativisztikus tömeg}$$

$m_0$  a  $\rightarrow$  nyugalmi tömeg  
 $c$  a vákuumbeli  $\rightarrow$  fénysebesség

$m$  tömegű test energiataralma – abban a koordináta-rendszerben, amelyben  $\mathbf{v}$  sebességgel mozog – egyenlő  $mc^2$  ( $c^2$  nem a test sebessége)

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{\mathbf{v}^2}{c^2}}}$$

relativisztikus kifejezésből látszik, hogy itt az adott koordináta-rendszerben  $\mathbf{v}$  sebességgel mozgó tömegről van szó.

$m_0$  nyugalmi tömegű test energiataralma  $E_0 = m_0 c^2$

$E_0$  nyugalmi energia újfajta energia létének állítása a  $\rightarrow$  relativitáselméletben. Ezen állítás szerint – anyagi minőségtől függetlenül – rendelkeznek a testek ezzel az energiataralommal.

**tömegközéppont** (fiz) az a pont, amelynek  $\rightarrow$  helyzetvektora:

$$\mathbf{r}_{\text{tkp}} = \frac{\sum_i m_i \mathbf{r}_i}{\sum_i m_i} = \frac{\sum_i m_i \mathbf{r}_i}{m},$$

ahol  $m_i$  a  $\rightarrow$  pontrendszer  $i$ -edik  $\rightarrow$  tömegpontjának a  $\rightarrow$  tömege és  $\mathbf{r}_i$  az  $i$ -edik tömegpont helyzetvektora.

Kontinuum  $\sim$ -jét térfogati integrállal számítják:

$$\mathbf{r}_{\text{tkp}} = \frac{\int \rho \mathbf{r} dV}{m},$$

ahol  $\rho = \rho(\mathbf{r})$  a  $\rightarrow$  sűrűség, mint skalár-vektor függvény. Egy kiterjedt test, síkidom vagy görbe vonal (sík, tér)  $\sim$ -ja a kontinuumon kívülre is eshet, vagyis ekkor a  $\sim$  nem tagja a kontinuumot alkotó pontthalmaznak.

**tömegközéppont-tétel** (fiz) kimondja, hogy a  $\rightarrow$  tömegközéppont úgy mozog, mintha az egész  $\rightarrow$  pontrendszer  $\rightarrow$  tömege a tömegközéppontba lenne koncentrálna, és a külső  $\rightarrow$  erők eredőjének ez lenne a  $\rightarrow$  támadáspontja. A  $\sim$  teszi lehetővé, hogy kiterjedt testeket  $\rightarrow$  tömegpontként  $\rightarrow$  modellezhessünk. Homogén  $\rightarrow$  gravitációs mezőben a test  $\rightarrow$  súlypontja és tömegközéppontja egybeesik.

**tömegmegmaradás törvénye** (fiz) az  $\rightarrow$  anyagmegmaradás elvének megfelelő tapasztalati tény a  $\rightarrow$  tömegre vonatkoztatva.  $\rightarrow$  Érvényességi körét a  $\rightarrow$  tömeg-energia kapcsolat alapján úgy határozhatjuk körül, hogy a  $\sim \sum m_i = \text{const.}$  formában csak addig érvényes, ameddig a tömeg gyorsítása során közölt  $\rightarrow$  energia tömeggé akkumulálásának mértéke elhanyagolható, vagyis a gyorsítás végsebessége nagyságrendekkel kisebb a  $\rightarrow$  fénysebességnél. Ugyanakkor a tömeg-energia kapcsolat a  $\sim$ -nek olyan tudományos interpretációját is lehetővé teszi, amely szerint ez a törvény az  $\rightarrow$  energia-megmaradás következménye.

**tömegmérés relativitása** (fiz) a  $\rightarrow$  tömeg  $\rightarrow$  mozgási mérőszámának eltérését fejezi ki  $\rightarrow$  nyugalmi mérőszámához képest. Ahhoz, hogy az  $\rightarrow$  energia megmaradás és az  $\rightarrow$  impulzus megmaradás törvény a  $\rightarrow$  relativitáselméletben is érvényes maradjon, EINSTEIN a következő tömegformulát vezette le:

a relativisztikus tömegformula:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ ahol}$$

$m_0$  = a tömeg nyugalmi → mérőszáma

$m$  = a „→relativisztikus tömeg” a testhez képest  $v$  sebességgel mozgó koordináta-rendszerből mért tömeg.

$m \geq m_0$ , hiszen a nevező kisebb, mint 1; ezért szokás a relativisztikus tömegformulát úgy nevezni, hogy a tömegnövekedést kifejező formula.

**tömegpont** (fiz) a mechanika egyik fontos absztrakt fogalma. Számos esetben a kiterjedt testek →tömegét egyetlen, kiterjedés nélküli pontba koncentráltként →modellezzük, ha a test →tömegközéppontjának mozgásán kívül egyébre nem vagyunk kíváncsiak.

**tömegsűrűség** (fiz) →sűrűség

**tömegszám** (fiz) az atom magjában a →protonok és →neutronok számának az összege,  $A = P + N$ . Izotópok esetén a protonszám ( $P$ ) konstans, a neutronszám ( $N$ ) változó.

**törési szög** (fiz) a megtört fénynyaláb és a →beesési merőleges törési oldalán vett egyenes által bezárt szög. (→beesési szög és beesési merőleges). Két különböző →optikai közeg határfelületén megtörő fénysugárnak és a törési pontban a felületre állított merőleges egyenes (normális) által közbezárt szög.

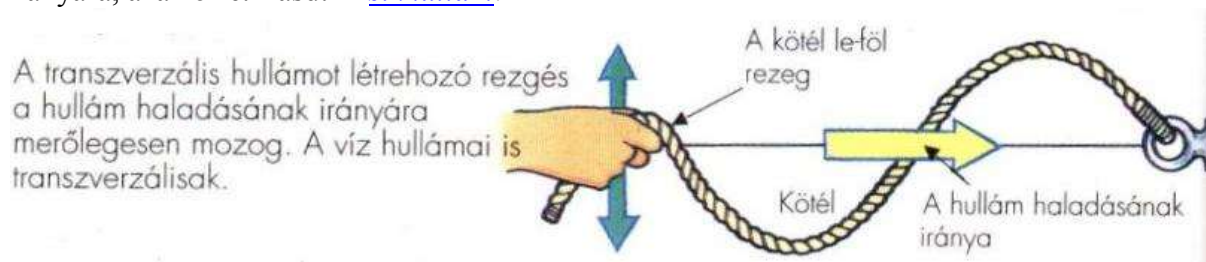
**törésmutató** (fiz) (jele:  $n$ , dimenziótlan) a fény közegbeli terjedésével és két közeg határán létrejövő →fénytöréssel kapcsolatos fizikai adat (→SNELLIUS-DESCARTES-törvény). Az abszolút  $\sim$  a fény vákuumban mért terjedési sebességének és a közegben mért fénysebességnek a hányadosa, míg a relatív  $\sim$  a két közegbeli fénysebesség hányadosa. Mivel a  $\sim$  változik a →hullámhosszal, a  $\sim$  megadásakor a vonatkoztatási hullámhosszat is közölni kell. A  $\sim$ -t általában a sárga fényre (a nátrium D-vonalára; hullámhossza 589,3 nm) vonatkoztatják.

**transzformátor** (műsz) olyan →átalakító, amelynél a bemenő és a kimenő változók típusa és fajtája is azonos. Az átalakítási tényező azonos típusú változók között értelmezett, és egymás reciproka (de előjelfordítás lehetséges). Pl. a →villamos transzformátoron kívül  $\sim$ -nak tekinthető a fogaskerék-hajtás, a hidraulikus sajtó és az →ellenáramú hőcserélő is.

**transzláció** (fiz) haladó mozgás

**transzlációs gyorsulás** (fiz) a test →gyorsulása haladó mozgás közben. Ha a mozgás nem egyenes vonalú, akkor  $\sim$  lép fel; ilyenkor a mozgó test sebesség- és →gyorsulásvektora nullától eltérő szöget zár be.

**transzverzális hullám** (fiz) A  $c$  sebességgel terjedő hullám kitérése merőleges a terjedés irányára, azaz  $c$ -re. Lásd: →sikhullám.



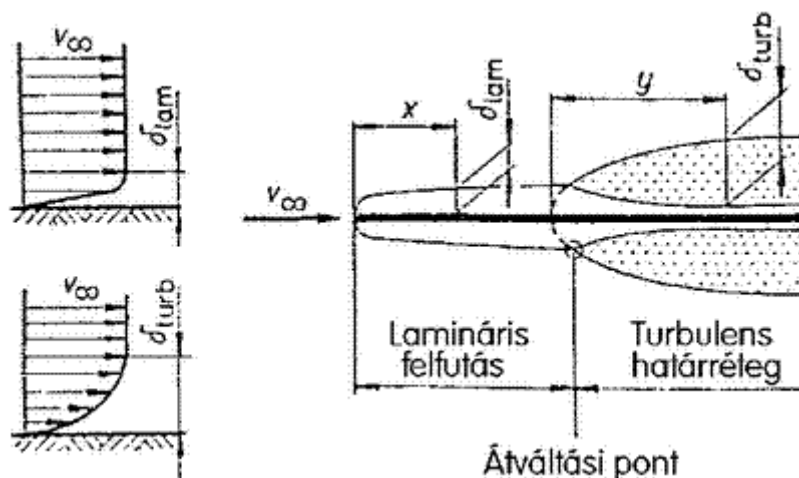
Megjegyzés: a *longitudinális hullám* rezgési iránya a terjedés irányával *megegyező*. A hanghullám longitudinális hullám; a terjedés irányában a hordozó közeg (pl.: levegő, víz, acél) periodikus *nyomáshulláma*. Terjedéséhez hordozó közegre van szüksége. A longitudinális hullám sűrűbb közegben (víz, acél) *gyorsabban*, ritkább közegben (levegő) *lassabban* terjed. Terjedési sebessége a közeg minőségétől, hőmérsékletétől, nyomásától függ.

**tranziens jelenség** lásd pl.: → [bekapcsolási jelenség](#)

**TROUTON–NOBLE-kísérlet** (fiz) célja az volt, hogy egy → két fegyverzete között kimutassák azt a mágneses →ot, amelynek a Föld haladási irányától eltérő helyzetű lemezekon kellett volna keletkeznie. Az 1903-ban elvégzett ~ „negatív eredménye” a zérus értékű nyomatók volt.

**turbulens áramlás** (fiz, hidr) jellemzője, hogy benne makroszkopikus → [impulzustranszport](#) zajlik. Pl. egy csőben vizsgálva a ~t, ha a kifolyó mennyiség időben nem is változik, az áramlási tér pontjaiban a → [sebesség](#) iránya és nagysága számottevően változik (a ~ kvázistacionárius). Megvizsgálva az áramlás struktúráját megállapítható, hogy abban kisebb nagyobb örvények keletkeznek, egymással helyet cserélnek, összeolvadnak, elkeverednek, eltűnnek. A → [lamináris áramlás](#) ~sá válását vizsgálva REYNOLDS arra a következtetésre jutott, hogy az nem csupán az áramlási sebességtől, hanem az áramlás egyéb jellemzőitől is függ (geometriai mérettől és a → [kinematikai viszkozitás](#)tól is), és hogy miként azt a róla elnevezett → [REYNOLDS-szám](#) mutatja meg. Pl. csőáramlásnál  $Re < 2300$  tartományban ~ nem jön létre.

**turbulens határréteg** (fiz, hidr) a → [határréteg](#) falhoz közeli részén mindig marad egy ropant vékony → [lamináris határréteg](#), de a faltól kissé távolabb már kialakul az → [áramlási sebesség](#) irányában egyre vastagodó turbulens része. Az alábbi ábrán az ún. átváltási pont is jól látható.



Forrás: [http://www.cavalloni.hu/2000\\_2/repuleselmelet.htm](http://www.cavalloni.hu/2000_2/repuleselmelet.htm)

A ~ számítására elvileg rendelkezésre áll az instacionárius tagot is tartalmazó → [NAVIER–STOKES-egyenlet](#), de ennek megoldása általában nehézségekbe ütközik, ezért csak időátlagokra, speciális feltételezésekre és elhanyagolásokra hagyatkozhatunk. Síklap mentén a határréteg vastagsága:

$$\delta = \frac{0,14x}{\sqrt[3]{Re_x}},$$

ahol  $Re_x$  a → [REYNOLDS-szám](#).

~nél a helyi  $\tau_0$  fali → [csúsztatófeszültség](#)re jellemző súrlódási tényező:

$$c'_{\text{fali}} \hat{=} \frac{\tau_0}{\frac{\rho}{2} v_{\infty}^2} = \frac{0,025}{\sqrt[7]{\text{Re}_x}}$$

A  $b$  szélességű síklap  $x$  hosszúságú szakaszán ható csúsztatófeszültség  $F_e \rightarrow$  ellenállást okoz, amelynek számításához szükséges  $\rightarrow$  ellenállás-tényező:

$$c_e \hat{=} \frac{F_e}{\frac{\rho}{2} v_{\infty}^2 b x} = \frac{0,03}{\sqrt[7]{\text{Re}_x}}$$

**tükör** (fiz) olyan felület, amely a ráeső fény nagy részét visszaveri. A legjobb tükrök a rájuk eső fény kb. 95%-át verik vissza.

**tükrös távcső** (fiz) a ~vek ( $\rightarrow$  reflektorok) esetében a fénysugaraknak egy görbült felületű (homorú) tükrön való visszaverődése ( $\rightarrow$  reflexiója) révén jön létre a kép. A végtelen távoli tárgyról érkező, párhuzamos fénysugarak a  $\rightarrow$  tükör felületén történő visszaverődés után annak gyújtópontjában fordított állású, valódi képpé egyesülnek. A nagy átmérő (nagyobb fénycyűjtő felület) és a jó leképzés miatt kiválóan alkalmasak halvány csillagászati objektumok (például  $\rightarrow$  galaxisok, üstökösök, változócsillagok) észlelésére. Költséghatékonyság szempontjából kb. 2–2,5 m átmérő felett már csak ~ építése jöhet szóba. A tükör által a gyújtópontban előállított képet a megfigyeléshez ki kell vezetni a  $\rightarrow$  távcső tubusából, ehhez és a kép előállításához többféle tükrörendszert is kifejlesztettek az idők során. A ~ben legalább egy, általában kettő, de akár több tükör is lehet. Ezek közül a főtükör állandó elem (paraboloid v. gömbtükör), a fény összegyűjtésére szolgál. A segédtükör lehet hiperboloid v. ellipszoid alakú, v. egyszerű síktükör, amely kivetíti a fényt a távcső tubusából az okulárhoz. A legelső ~t Isaac NEWTON készítette (1672). A NEWTON-rendszerű ~ felépítése:

a távcsőtubus belsejében elhelyezett, 45°-os szögben megdőntött síktükör (segédtükör) segítségével kivezetik a nagy pontossággal csiszolt homorú parabolatükör (főtükör) által összegyűjtött fénysugarakat a ~ oldalán található okulárba. A beeső fény útjában álló segédtükör - méretétől függően - 5-10%-ot fed le a látómezőből, amely még elfogadható veszteség.

**tükrözés** (fiz) (optikában) Sík vagy görbült felületről létrejövő  $\rightarrow$  fényvisszaverődés.

**ultraviola v. ultraibolya (ibolyántúli v. UV) fény** (fiz) A látható fénynél rövidebb, de a röntgensugárzásnál hosszabb hullámhosszú elektromágneses sugárzás (l.  $\rightarrow$  színkép).

UV-A 315-400 nm hullámhosszúságú, lehatol a bőr legmélyebb rétegeibe, pigmentképző hatású, létrehozza a szép barna bőrszint, elősegíti a D-vitamin-képződést, gyulladást nem okoz, viszont fokozza a bőr öregedési folyamatának sebességét. Elősegíti a kémiai szabad gyökök képződését.

UV-B 208-315 nm hullámhosszúságú.

UV-C kevesebb, mint 280 nm a hullámhossza. Fertőtlenítő és csíraölő hatású.

**umbra** (fiz)  $\rightarrow$  árnyék

**univerzális gázállandó** (műsz, fiz) v. moláris gázállandó a  $\rightarrow$  BOLTZMANN-féle állandó és az  $\rightarrow$  AVOGADRO-féle szám szorzata. Képlete:  $\mathfrak{R} = kN_A = 8,31432 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$  (lásd még  $\rightarrow$  egyetemes gázállandó).

**univerzális gravitációs állandó** (fiz, csill) (jele:  $\gamma$ ,  $\rightarrow$  mérőszám:  $6,6725985 \cdot 10^{-11}$ , mértékegysége:  $\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$  (v.  $\text{m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ ). Lásd még a  $\rightarrow$  NEWTON-féle tömegvonzási törvényt!

**utazósebesség** (műsz, rep) a gépjármű (pl. repülőgép) gazdaságos haladási → sebessége. Optimális értékét tartva lehet adott tüzelőanyaggal a legnagyobb távolságot megtenni.

**ütközés** (fiz) Azon események összessége, amelyeknél két ütköző test között rövid, de intenzív kölcsönhatás lép fel. Az ~ két legfontosabb ismérve:

(1) Az ütköző testek közötti kölcsönhatás hirtelen lép fel és egy meghatározható  $\Delta t$  időintervallum alatt végbemegy. Ezen időintervallum előtt vagy után a testek között nem lép fel kölcsönhatás.

(2) Az ~ következtében fellépő kölcsönhatási → erők olyan nagyok, hogy a rendszerre ható minden egyéb külső erő elhanyagolható.

Az ~ek rugalmasságuk szerint egy skálán helyezhetők el. A két szélsőséges esetet → tökéletesen rugalmas illetve → tökéletesen rugalmatlan ~nek nevezzük. Az alábbi képlet segítségével tetszőleges centrális ~ esetén egyszerűen számíthatóak az ~ utáni → sebességek:

Egyesített ütközési képlet: 
$$u_1 = (1+k) \cdot \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - k \cdot v_1 \quad u_2 = (1+k) \cdot \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - k \cdot v_2$$

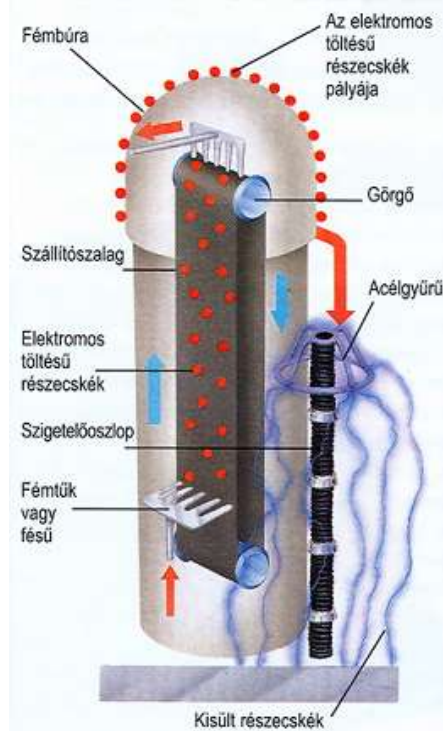
ahol  $u_1$  és  $u_2$  – a két test ~ utáni sebessége.

$k$  – ütközési szám  $k=0$  tökéletesen rugalmatlan esetben

$k=1$  tökéletesen rugalmas esetben

**valódi kép** (fiz) optikai leképezésben létrejövő, ernyőn felfogható kép.

**VAN DE GRAAFF generátor** (fiz, vill) Töltés szétválasztás elvén alapuló eszköz, amely szigetelt fémelektrodát nagy feszültségre, több ezer kilovoltra tölt fel.



Megjegyzés: a VAN DE GRAAFF generátorokat nagynyomású, szigetelő gázzal (nitrogén, széndioxid, freon, kénhexafluorid, vagy ezek keveréke) töltött, nagynyomású, száraz gázközegbe helyezve a terminálon akár 20-25 MV is elérhető.

**van der WAALS-egyenlet** (fiz) Johannes Diderik van der WAALS (Leiden, 1837. nov. 23. – Amszterdam, 1923. márc. 8.) NOBEL-díjas holland fizikus, a termodinamika egyik úttörője kidolgozta a reális gázok viselkedését az → egyesített gáztörvénynél pontosabban leíró állapotegyenlet:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT.$$

A ~ben  $R$  a  $\rightarrow$  specifikus gázállandó,  $a$  és  $b$  anyagjellemző paraméterek,  $p$  a  $\rightarrow$  nyomás,  $v$  a  $\rightarrow$  fajtérfogat és  $T$  az abszolút  $\rightarrow$  hőmérséklet. Az anyagjellemzők a gáz  $\rightarrow$  kritikus állapotának intenzív jellemzőivel is kifejezhetők:  $a = 3p_k v_k^2 = \frac{27}{64} \frac{R^2 T_k^2}{p_k}$  és  $b = \frac{v_k}{3} = \frac{RT_k}{8p_k}$ .

**van der WAALS-erő** (kém) lezárt elektronhéjú atomok v. molekulák között létrejövő  $\rightarrow$  erő, amely az ionos-, ill. kovalens kötést fenntartó erőknél sokkal kisebb.

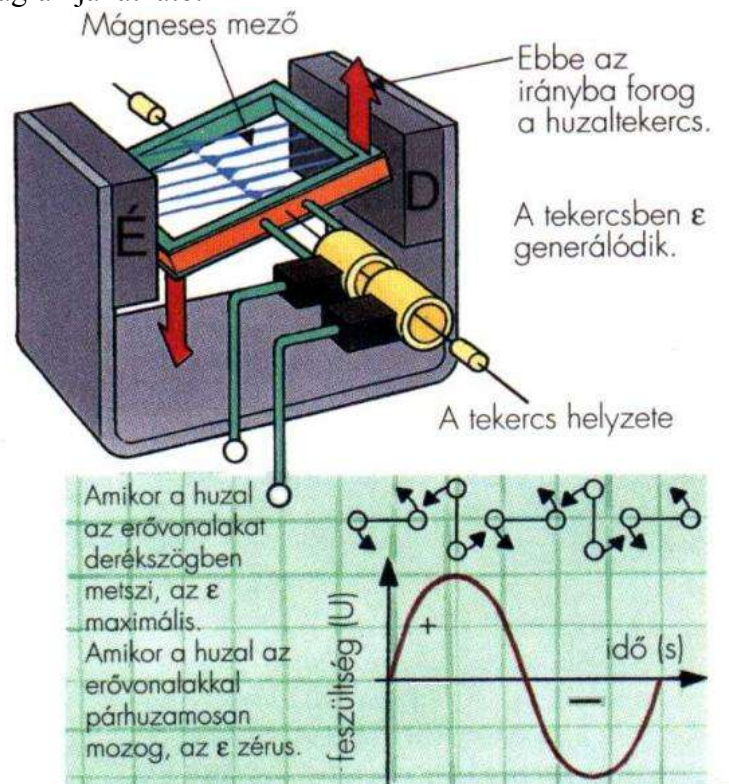
**vákuum dielektromos állandója** (fiz)  $\rightarrow$  COULOMB törvény

$$\epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$$

**vákuum permittivitása**  $\rightarrow$  vákuum dielektromos állandója

**válasz-időfüggvény** (ir): a lineáris  $\rightarrow$  tag jellemzésére használt olyan függvény, amely valamelyik tipikus, a vizsgálathoz célszerűen megválasztott bemenő jel hatására létrejövő kimenő jel lefolyását írja le, és független változója az idő.

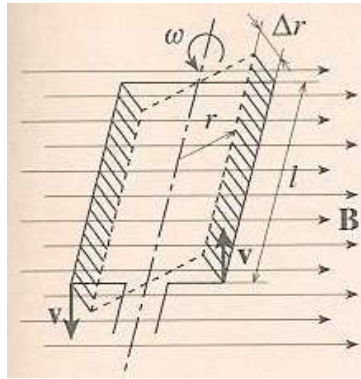
**váltakozó áramú generátor** (fiz) a  $\rightarrow$  mozgási indukció elvén működő villamos forgógép, amely  $\rightarrow$  mozgási energiát  $\rightarrow$  villamos energiává alakít át. A következő ábrán az egyfázisú ~ és feszültség-idődiagramja látható.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 40.

A mozgási indukciós összefüggésből tudjuk, hogy a mágneses térben  $\mathbf{v} \rightarrow$  sebességgel mozgó  $l$  hosszúságú vezetőben az  $\rightarrow$  indukált feszültség:

$$U = \mathbf{l} \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$



Ha egy  $l \cdot 2r$  oldalhosszúságú vezető téglalapot forgatunk  $\rightarrow$  homogén mágneses térben az  $l$  oldalával párhuzamos  $\mathbf{B}$ -re merőleges tengely körül  $\omega$  szögsebességgel egyenletesen, akkor felírhatjuk, hogy

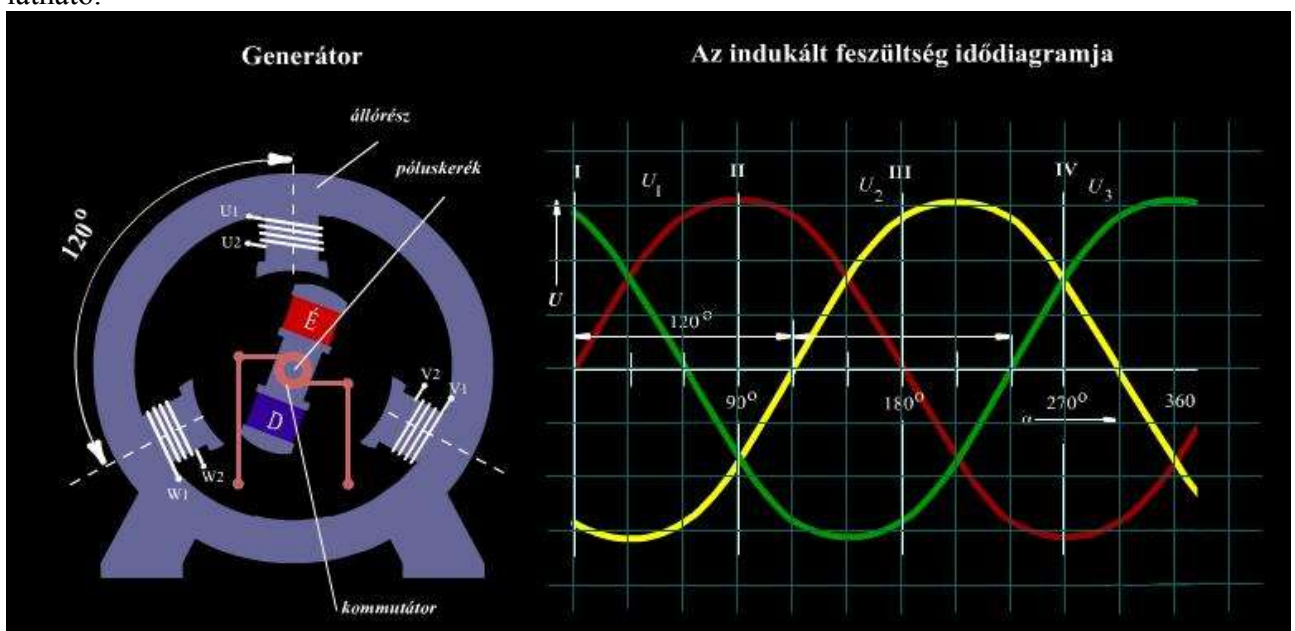
$$u(t) = 2Blv_{\perp}$$

$$v_{\perp} = r\omega \sin(\omega t)$$

Ha nem csak egyetlen vezető keretet forgatunk, hanem  $N$  menetet sorba kapcsolunk, azaz  $N$  menetű tekercset forgatunk a mágneses térben, akkor  $\sim$ ról beszélünk.

$$u(t) = N2Blr\omega \sin(\omega t) = U_0 \sin(\omega t)$$

A  $\sim$  akkor is szinuszos váltakozó  $\rightarrow$  feszültséget állít elő, ha a forgó tekercs nem téglalap alakú, és a mágneses tér nem homogén. Ebben az esetben az  $U_0$  csúcsfeszültséget más módon kell meghatározni. A következő ábrán egy háromfázisú  $\sim$  vázlata és feszültség-idődiagramja látható.



A forgórészben ritkán alkalmaznak állandó mágneseket; általában a külső forrásból bevezetett egyenáram; vagy a rövidre zárt forgórészben kialakult örvényáram gerjeszti a működéshez szükséges mágneses teret. Nagy teljesítményű,  $\sim$ ok forgórészének gerjesztését egy – a generátorral közös tengelyen lévő - egyenáramú forgógép biztosítja (pl. villamos erőművek turbogenerátorai).

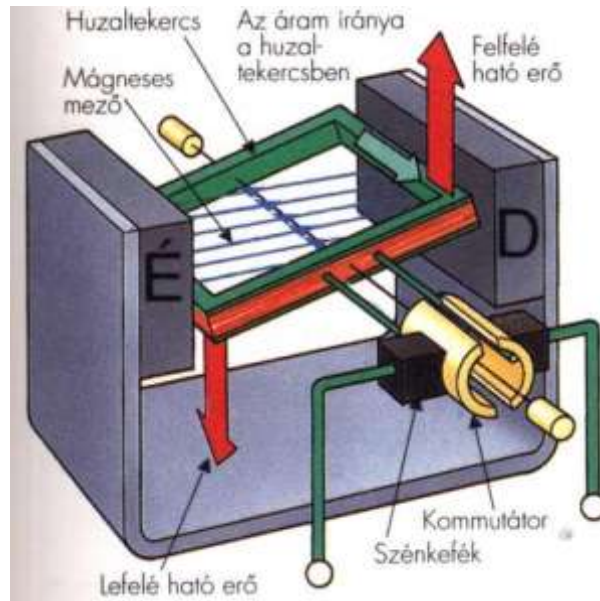
A  $\rightarrow$  generátor előnye a  $\rightarrow$  dinamóval szemben az, hogy az indukált feszültséget keferendszer nélkül közvetlenül az állórészről veszik le, így nagy  $\rightarrow$  áramok esetén sem kell a mozgó alkatrészek (szénkefék) kopásától, sérülésétől, szikrázásától tartani.



A ~ által előállított (általában szinuszos) váltakozó feszültség jellemzői:

1. csúcserték: a feszültség maximális nagysága;
2. pillanatérték: a feszültség pillanatnyi értéke;
3. frekvencia: a másodpercenkénti rezgésszám, a feszültségváltozás periódusidejének reciproka.

Megjegyzés: ha a külső gerjesztésű generátorról a feszültséget kommutátorral veszik le, hogy egyenáramot szolgáltatson, akkor az így kapott *egyenáramú generátort* dinamónak is szokták nevezni, noha nem a → *dinamóelv* alapján működik. Az ábrán egy ún. motorgenerátor látható, amely egyenárammal táplálva → *villanymotor*ként működik, de ha forgórészét külső nyomatékkal forgatják, akkor egyenáramú generátorként → *feszültségforrás*ul szolgál.



Forrás: Philippa WINGATE: *Fizika diákoknak*, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 39.

**váltakozó áramú teljesítmény** (fiz) Egy elektronikai alkatrészen a pillanatnyi ~t az egyenáramoknál megadott módon definiáljuk:

$$P(t) = u(t)i(t)$$

Ohmos → *ellenálláson* nincs → *fáziskülönbség* a → *feszültség* és → *áram* között, így

$$P(t) = u(t)i(t) = Ri^2(t) = R\hat{I}^2 \sin^2(\omega t)$$

Ha a periódusidő egész számú többszörösének megfelelő idő alatt ( $nT$ ) fejlődött → *hőt* (végzett munkát) vizsgáljuk, akkor

$$W = \int_0^{nT} P(t)dt = R\hat{I}^2 \int_0^{nT} \sin^2(\omega t)dt = R\hat{I}^2 \frac{1}{2} = RI_{eff}^2$$

Tehát ohmos ellenálláson szinuszos áram esetén az effektív → *áramerősség* (az az egyenáram erősség, amely ugyanannyi idő alatt ugyanannyi hőt termel)

$$I_{eff} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$$

Ha szinuszos feszültségre nem csak ohmos ellenállást kapcsolunk, akkor a → *generátor* feszültsége és árama különböző fázisú lehet:

$$P(t) = u(t)i(t) = \hat{U} \sin(\omega t) \cdot \hat{I} \sin(\omega t + \delta) = Z\hat{I}^2 \sin(\omega t) \sin(\omega t + \delta)$$

Az elemi trigonometriából tudjuk, hogy:

$$\sin(\omega t)\sin(\omega t + \delta) = \sin^2(\omega t)\cos(\delta) + \frac{\sin(2\omega t)\sin(\delta)}{2}$$

Ha a periódusidő egész számú többszörösének megfelelő idő alatt ( $nT$ ) fejlődött hő (végzett munkát) vizsgáljuk, akkor a második tag integrálja nulla lesz, így

$$W = \int_0^{nT} P(t)dt = R\hat{I}^2 \int_0^{nT} (\sin^2(\omega t)\cos(\delta) + \frac{\sin(2\omega t)\sin(\delta)}{2})dt = R\hat{I}^2 \frac{1}{2} \cos(\delta) = RI_{eff}^2 \cos(\delta)$$

**váltakozó feszültség** (műsz)

(1). (mech) (jele:  $\sigma_A$ , mértékegysége: 1 Pa, de általában MPa-ban adják meg) a váltakozó  $\rightarrow$ igénybevétel hatására kialakuló mechanikai  $\rightarrow$ feszültség átlagértékére szuperponálódó, periodikus komponens.  $A \sim \rightarrow$ amplitúdóját jelölik  $\sigma_A$ -val.

(2). (vill.) (jele:  $U(t)$ , mértékegysége: 1 V) a váltakozó áramú hálózatokban a villamos  $\rightarrow$ feszültség periodikus időfüggvény szerint változik. Képletben:

$$U(t) = U_{max} \sin \omega t, \text{ ahol } \omega = 2\pi f \text{ és } f \text{ a hálózati frekvencia.}$$

A váltakozó áram hőhatása alapján számolt effektív feszültség (szinuszos változás esetén):

$$U = U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}.$$

A magyarországi háztartási villamos hálózatban:  $U=230$  V,  $f=50$  Hz. Az USA-ban (és több más országban)  $U=110$  V,  $f=60$  Hz.

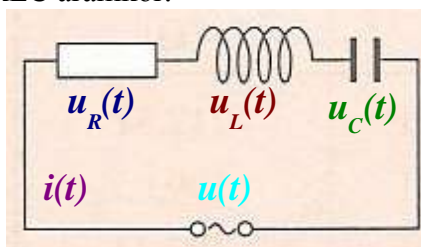
$A \sim$  amplitúdója:  $U_{max} = 325,27$  V.

**váltó** (műsz)

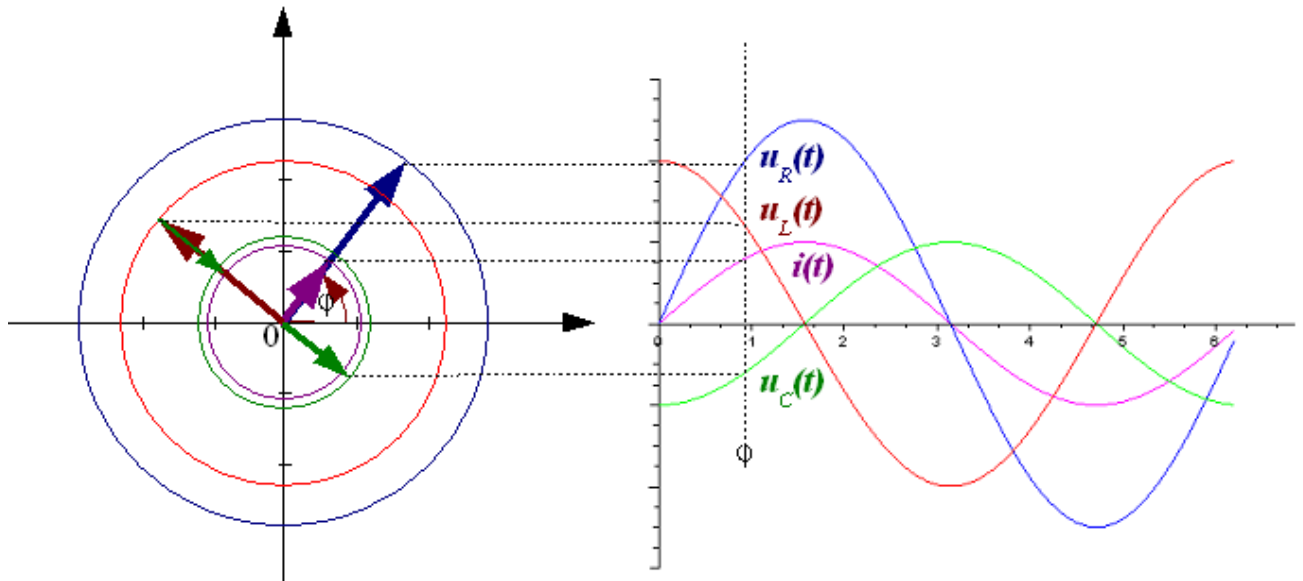
(1). A kibernetikai  $\sim$  olyan  $\rightarrow$ passzív rendszerelem, amely tulajdonképpen négypólus, egy az átalakítók három típusa közül. Lényegében a különböző rendszertípusok közötti energiaátalakítást teszi lehetővé úgy, hogy a  $\sim$  a különböző típusú rendszerrészek bemeneti és a kimeneti  $\rightarrow$ keresztváltzóit, továbbá  $\rightarrow$ átmenő váltzóit rendeli közvetlenül, fizikai törvény alapján egymáshoz. Ilyen  $\sim$  az elektrodinamikus átalakító (mágneses térben mozgó tekercs), v. a fogaskerék-fogasléc mozgás-átalakító.

(2). A vasúti  $\sim$  egyik sínpárról a másikra irányítja a szerelvényt.

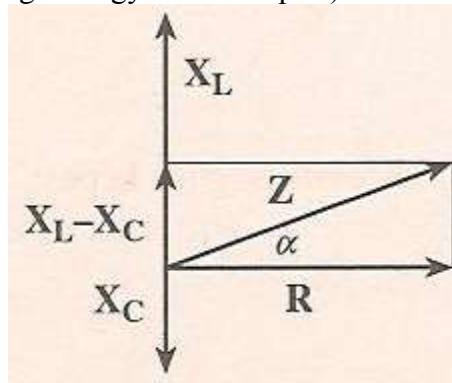
**vektordiagram** (fiz) Ha több alkatrészt tartalmazó áramkörre egyetlen szinuszos  $\rightarrow$ generátort kapcsolunk, akkor minden alkatrészen azonos  $\rightarrow$ frekvenciájú, de esetleg különböző  $\rightarrow$ amplitúdójú és eltérő fázisú váltakozó  $\rightarrow$ feszültségek és  $\rightarrow$ áramok alakulhatnak ki. A legismertebb példája a soros RLC áramkör.



A feszültségek és áramok jól szemléltethetők egy forgó  $\sim$ mal, amelyen az egyes vektorok hossza a harmonikusan változó (szinuszos) feszültségek és áramok csúcserkével arányos, az egymással bezárt szögük pedig állandó. A feszültségek és áramok pillanatnyi értékét e forgó  $\sim$  merőleges vetítésével kapjuk.



A  $\sim$ -ot úgy tudjuk megszerkeszteni, ha az  $\rightarrow$  impedanciákat szerkesztjük először úgy, hogy a kapacitív és induktív impedanciákat merőlegesen szerkesztjük meg az ohmos impedanciára, és ellentétesen ( $180^\circ$ -ban elforgatva egymáshoz képest) az alábbi ábrának megfelelően.



Soros RLC áramkör esetén az eredő  $Z$  impedanciát a PITAGORASZ-tétellel számolhatjuk ki, és trigonometrikus azonossággal megkaphatjuk a generátor feszültsége és árama közötti  $\alpha$   $\rightarrow$  fáziskülönbséget is.

$$\alpha = \text{Arctg} (X_L - X_C)/R$$

A vektordiagram megrajzolható tetszőleges R, L, C elemeket tartalmazó áramkör esetén, azonban nagy körültekintést igényel. Célszerűbb inkább komplex impedanciákkal és komplex KIRCHHOFF-törvényekkel, matematikai módszerekkel számolni.

**vektormodell** (fiz)  $\sim$ -el szemléltethető a kvantummechanika vektormennyiségeinek kvantált térbeli elhelyezkedése.

**vektorsokszög** (mat, fiz) az eredő vektor geometriai meghatározásának szemléletes eszköze, amelynél az összeadandó vektorok nyilait egymáshoz illesztjük, majd az első nyíl kiindulási pontját összekötjük az utolsó végpontjával. Ez az irányított szakasz szemlélteti az eredő vektort. Lásd még  $\rightarrow$  erősokszög!

**VENTURI-cső** (fiz, hidr) valamely csőben áramló folyadék mennyiségének és  $\rightarrow$  sebességének mérésére szolgáló eszköz. Nevét Giovanni Battista VENTURI (1746-1822) olasz fizikusról kapta, aki Modena városállam főmérnöke, később Pavia 1361-ben alapított egyetemének fizikaprofesszora volt. A  $\sim$  egy torokká szűkül össze, majd újra tágul. A torokban és a torok előtt mérik a  $\rightarrow$  nyomást, és a nyomáskülönbségből meghatározható az  $\rightarrow$  áramlási sebesség a

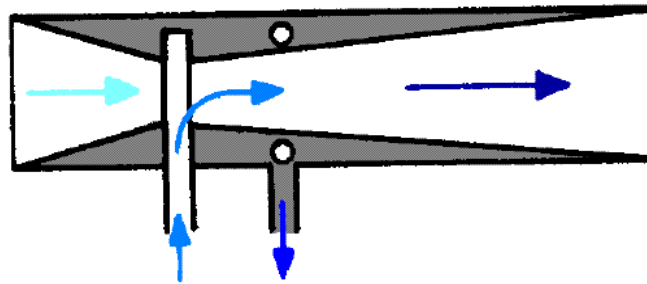
→ BERNOULLI-egyenlet és a → folytonosság tétele segítségével. A nyomáskülönbség mérhető pl. csőrugós (BOURDON-csőves) manométerrel (nyomásmérővel), de ha fordított U-csőves manométert alkalmazunk, amelynek teteje részben levegővel töltött, akkor az áramlás → középsébsége és a → térfogatáram az alábbi képletekkel számítható ki a mért  $h$  szintkülönbségből (az áramló közeg víz):

$$v_k = \sqrt{\frac{2gh \left(1 - \frac{\rho_{\text{lev}}}{\rho_{\text{v\u00edz}}}\right)}{\left(\frac{d_{\text{cs\u0151}}}{d_{\text{Vent}}}\right)^4 - 1}} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad Q = \frac{d_{\text{cs\u0151}}^2 \pi v_k}{4} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right],$$

ahol  $d_{\text{Vent}}$  a ~ legsz\u00fckebb keresztmetszet\u00e9nek \u00e1tm\u00e9r\u0151je,

$Q$  a ~v\u0151n id\u0151egys\u00e9g alatt \u00e1t\u00e1raml\u00f3 folyadék → t\u00e9rfogata.

A rep\u00fcl\u0151g\u00e9pek sebesség\u00e9nek m\u00e9r\u00e9s\u00e9re kifejlesztett ~ k\u00e9t koncentrikus cs\u0151ve k\u00f6z\u00fcl a bels\u0151 el\u0151l nyitott, \u00e9s egy konf\u00fazor-diff\u00fazor p\u00e1rb\u00f3l \u00e1ll. A legsz\u00fckebb keresztmetszeten\u00e9l t\u00f6rt\u00e9nik a depresszi\u0151 \u00e9rz\u00e9kel\u00e9se. A k\u00fcls\u0151 cs\u0151 z\u00e1rt, \u00e9s az oldal\u00e1n l\u00e9v\u0151 furatokon kereszt\u00fcl \u00e9rz\u00e9keli a leveg\u0151 statikus nyom\u00e1s\u00e1t. R\u00e9gebben az elfordul\u00e1s-jelz\u0151 p\u00f6rgetty\u00faj\u00e9t is a ~ \u00e1ltal elsz\u00edvott leveg\u0151vel hajtott\u00e1k, de ma m\u00e1r → villanymotorral forgatj\u00e1k.



Forr\u00e1s: <http://repklub.uw.hu/PDF/Muszertani%20ismeretek.pdf>

Hasonl\u00f3 t\u00edpus\u00fa berendez\u00e9seket haszn\u00e1lnak a bels\u0151\u00e9g\u00e9s\u00fa motorok porlaszt\u00f3iban (karbur\u00e1tor) is.

**VENTURI effektus** (fiz, hidr) a sz\u00fck\u00fcl\u0151 keresztmetszetben felgyorsul\u00f3 \u00e1raml\u00e1s k\u00f6vetkezt\u00e9ben fell\u00e9p\u0151 nyom\u00e1scs\u00f6kken\u00e9s. A → folytonosság t\u00e9tele alapján bel\u00e1that\u00f3, hogy a kisebb keresztmetszetben nagyobb az → \u00e1raml\u00e1si sebesség, ugyanakkor a → BERNOULLI-egyenlet segítségével kisz\u00e1m\u00edthat\u00f3 az ehhez tartoz\u00f3 kisebb → nyom\u00e1s v. depresszi\u0151. Legyen egy v\u00edzszintes (egyenes k\u00f6rhenger alak\u00fa) cs\u0151 \u00e1tm\u00e9r\u0151je  $d_1$ , a sz\u00fck\u00fcl\u00e9te pedig  $d_2$ , jel\u00f6lje  $v_1$  \u00e9s  $v_2$  a megfelel\u0151 keresztmetszetbeli → k\u00f6z\u00e9ps\u00e9bs\u00e9get,  $p_1$  \u00e9s  $p_2$  pedig a statikus nyom\u00e1st. A folytonosság t\u00e9tele alapján:

$$v_2 = v_1 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

A BERNOULLI-egyenlet  $\rho$  → s\u00fcr\u00fas\u00e9g\u00fa folyadék → stacion\u00e1rius \u00e1raml\u00e1sa esetén (a v\u00edzszintes cs\u0151elrendez\u00e9s miatt a k\u00fcls\u0151 → er\u0151t\u00e9r  $U$  potenci\u00e1lja mindk\u00e9t keresztmetszetben azonos):

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}$$

$$\Rightarrow \Delta p = p_2 - p_1 = \frac{\rho}{2} (v_1^2 - v_2^2) = \frac{\rho v_1^2}{2} \left( 1 - \frac{v_2^2}{v_1^2} \right) = \frac{\rho v_1^2}{2} \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 \right] < 0$$

Ezt a depresszi\u0151t fel lehet haszn\u00e1lni m\u00e1s folyadék elsz\u00edv\u00e1s\u00e1ra, az \u00e1raml\u00f3 folyadék sebesség\u00e9nek v. → t\u00e9rfogat\u00e1ram \u00e1nak nyom\u00e1sk\u00fcl\u00f6nb\u00e9s\u00e9g-m\u00e9r\u00e9sen alapul\u00f3 kisz\u00e1m\u00edt\u00e1s\u00e1ra, ill. j\u00e1rm\u00fa se-

bességének mérésére (→ [VENTURI-CSŐ](#)). A belsőégésű szívmotorok porlasztója is a ~on alapul.

**vesztésnyomás** (hidr) (jele:  $\Delta p'$ , mértékegysége:  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg/s}^2\text{m}$ ) az áramlástechnikai gépekben előforduló → [súrlódás](#)ok, iránytörések stb. következtében fellépő nyomáscsökkenés.

**vezető** (fiz) Célszerű az anyagokat a szerint osztályozni, hogy mennyire képesek az elektromos töltéseket vezetni. Az elektromosan ~ szilárd halmazállapotú anyagok [kristályos](#) szerkezetűek. A kristályban az [atomok](#) nagyon közel vannak egymáshoz (az ún. rácsállandó kicsi), ezért a szomszédos atomok közösen használják a vegyérték (valencia) elektronjaikat. A sáv-szerkezetben ez azt jelenti, hogy a közös elektron egyaránt tartozik a vezetési és a vegyérték sávhoz, vagyis a két sáv részben fedi egymást. A kristályban sok szabad elektron van, ennek következtében az anyag jól vezet, fajlagos vezetőképessége nagy. Jó ~ a legtöbb fém (ezüst, réz, vas, alumínium stb.), az elektrolitok és a [grafit](#).

Másfelől az olyan anyagokat, mint az üveg, a fa, és a műanyagok, a [szigetelők](#) csoportjába soroljuk, ugyanis az elektromos töltések ezekben sokkal kevésbé mozgékonyak. (Tökéletes szigetelő nincs! A legjobb szigetelő vezetőképessége  $10^{-25}$  része a rézének.) A [félvezetők](#), (például a szilícium és germánium) vezetőképessége e két szélső érték közötti; ezen anyagok vezetőképessége lényegesen megváltoztatható azáltal, hogy minimális mennyiségű (néhány milliomodrésnyi) más anyaggal szennyezzük őket (adalékolás = dopolás).

**villamos áram** → [áramerősség](#)

**villamos feszültség** → [indukált feszültség](#)

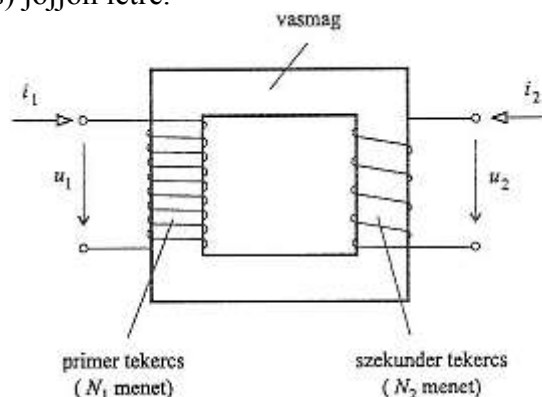
**villamos gerjesztés** → [elektromágneses indukció](#)

**villamos potenciál** → [potenciál](#)

**villamos térerő** → [elektromos térerő](#)

**villamos töltés** → [elektromos töltés](#)

**villamos transzformátor** (fiz) a → [kölsönös induktivitás](#) mágneses csatolást hozhat létre két tekercs között. Ha a tekercsokat → [ferromágnes](#) anyagból készített vasmag(ok)ra tekercseljük, akkor nem kell szorosan együtt tekercselni őket ahhoz, hogy erős kölsönös indukció (erős mágneses csatolás) jöjjön létre.



Az önindukciós- és kölsönös indukciós együtthatók definíciójából tudjuk:

$$u_1 = -L_1 \frac{\partial i_1}{\partial t} - M \frac{\partial i_2}{\partial t} = -N_1 \frac{\mu_r \mu_0 N_1 A}{l} \frac{\partial i_1}{\partial t} - N_1 \frac{\mu_r \mu_0 N_2 A}{l} \frac{\partial i_2}{\partial t}$$

$$u_2 = -L_2 \frac{\partial i_2}{\partial t} - M \frac{\partial i_1}{\partial t} = -N_2 \frac{\mu_r \mu_0 N_1 A}{l} \frac{\partial i_1}{\partial t} - N_2 \frac{\mu_r \mu_0 N_2 A}{l} \frac{\partial i_2}{\partial t}$$

Vegyük észre, hogy transzformátor esetén:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

**Megjegyzés:**

(1) A ~ vasmagját a B mágneses térrel párhuzamos, egymástól elszigetelt lágvas lemezekből kell készíteni a vasmagban kialakuló és veszteséget okozó örvényáram-hurkok ellen. Lásd még [vasveszteség!](#)

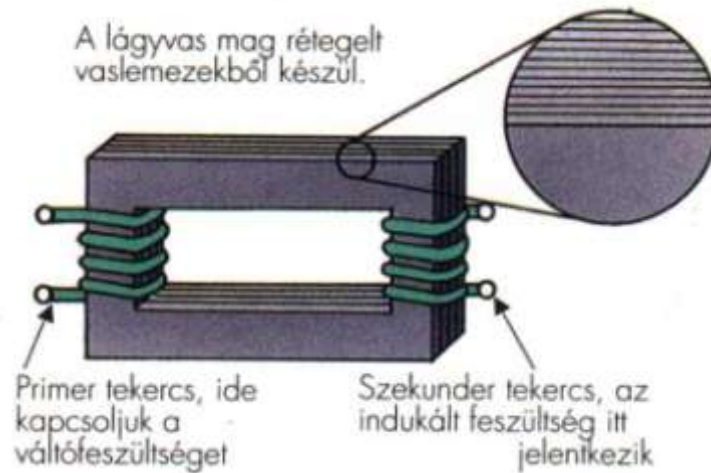
A nagy teljesítményű ~okat a jó szigetelés és hűtés miatt nagy átütési szilárdságú olajba merítik.

(2) Ha egy  $I_1 \rightarrow$  árammal átjárt,  $L_1 \rightarrow$  önindukciós tényezőjű tekercs mágneses kapcsolatban van egy  $I_2$  áram által átjárt,  $L_2$  önindukciós tényezőjű tekercssel, akkor fluxus kapcsolódás (mágneses csatolás) jön létre:

$\Psi_{12} = k_1 \psi_1$  és  $\Psi_{21} = k_2 \psi_2$  ahol  $k_1$  és  $k_2$  geometria és tekercselés függő csatolási faktorok. Ekkor:

$$M = L_{12} = k(L_1 L_2)^{1/2} \text{ és } k = (k_1 k_2)^{1/2} \text{ valamint } k^2 < 1$$

$M = L_{12}$  a kölcsönös indukciós tényező. Ideális (szoros) csatolás esetén  $k^2 \sim 1$  is lehet.



Forrás: Philippa WINGATE: Fizika diákoknak, Holnap Kiadó, Bp. 1994. p. 64. (Ford.: SZÁSZ Antónia) pp. 41.

**villanymotor** (fiz) A ~ elektromos áram és feszültség hatására villamos teljesítményt (valamilyen hatásfokkal) forgó mozgássá alakít. A nagy ~ok hatásfoka elérheti a 95-97%-ot is. Megkülönböztetünk egyenáramú-, egyfázisú váltakozóáramú-, háromfázisú- és léptető ~okat, „elektromos tengely”-t (szinkro-szelzin párokat) stb.

**virial-tétel** (fiz) egy adott anyagi rendszer  $\rightarrow$  [kinetikus](#) és  $\rightarrow$  [potenciális](#) energiáinak időbeli

átlaga közötti összefüggés  $2\bar{T} = \sum_i r_i \frac{\partial U}{\partial r_i}$ , amennyiben a rendszer mozgása folyamán a tér

korlátos tartományában marad, és a potenciális energia tagok a koordináták homogén függvénye. Itt a fölülvonás az időbeli átlagot (közéértéket) jelenti,  $T$  a kinetikus energia,  $r_i$  az  $i$ -edik tömegpont helyvektora és  $U$  a potenciál. Gravitációs térben a ~ azt jelenti, hogy egy zárt rendszer kinetikus energiája a gravitációs potenciális energia fele.

**virtuális kép** (fiz) ~ esetén a tárgy egyes pontjaiból kiinduló fénysugarak nem metszik egymást; a fénysugarak meghosszabításai, ill. ezen meghosszabított sugarak metszései jelölik ki a ~ helyét. A ~ tehát ernyőn nem fogható fel. A ~-hez negatív  $\rightarrow$  [képtávolság](#) tartozik.

**visszaverődés** (fiz) (reflexió) sugárzás visszafordulása felületről, közeghatárról, anélkül, hogy a frekvenciája megváltozna.

**visszaverődési szög** (fiz) a  $\rightarrow$ [beesési szög](#) a beeső fénysugár és a  $\rightarrow$ [beesési merőleges](#) a  $\sim$  a visszavert fénysugár és a  $\rightarrow$ [beesési merőleges](#) által bezárt szög.

**visszaverőképesség** (fiz) az adott felületről visszaverődött és az arra beesett sugárzás  $\rightarrow$ [intenzitás](#)ainak hányadosa, amely a sugárzás  $\rightarrow$ [hullámhossz](#)ától és a felület anyagi minőségétől egyaránt függhet.

**vízszintes hajítás** (fiz) olyan  $\rightarrow$ [síkbeli hajítás](#), amikor a kezdősebesség vektora merőleges a  $\rightarrow$ [gyorsulásvektor](#)ra.

**volt** (fiz) Az elektromos potenciál és az elektromos feszültség SI mértékegysége joule/coulomb (J/C=V), amit Alessandro VOLTA gróf (1745. febr. 18, Como - 1827. márc. 5, Como)) olasz fizikus tiszteletére  $\sim$ nak nevezünk.

**voltmérő** (fiz, vill) lásd:  $\rightarrow$ [feszültségmérő](#)

**vonali menti töltéeloszlás**  $\rightarrow$ [töltés eloszlás](#)

**vonalkoordinációs rendszer** (fiz) az a  $\rightarrow$ [koordinátarendszer](#), amelyben a fizikai folyamatokat matematikailag leírjuk. A leírás szempontjából jó  $\sim$   $\rightarrow$ [inercia-rendszer](#). Az inercia-rendszer maga is „nyugalomban” van, vagy egyenes vonalú egyenletes *mozgást* végez, és bármely hozzá viszonyított, tökéletesen magára hagyott test mozgására érvényes a tehetetlenség törvénye. A gyorsuló vagy forgómozgást végző vonatkozási rendszert elvileg nem tekintjük inerciarendszernek. Az inercia-rendszerek a klasszikus mechanika alapján *ekvivalensek* egymással, azaz semmilyen mechanikai kísérlettel nem lehet a különböző inercia-rendszerek mozgásállapotára vonatkozóan információt nyerni. Bármely inercia-rendszerben érvényes NEWTON tehetetlenségi törvénye, A  $\rightarrow$ [speciális relativitáselmélet](#) szerint a [vákuumbeli](#)  $\rightarrow$ [fénysebesség](#) állandó, bármely inercia-rendszerből is mérjük meg és bármelyik irányban, függetlenül a fény frekvenciájától, a detektor, ill. a fényforrás mozgási sebességétől.

**vöröseltolódás** (csill) az a jelenség, amelyet a csillagászok színképelemzéskor észleltek. Ugyanannak az állócsillagnak a színképét vizsgálták különböző időpontokban és a színképe a vörös felé eltolódást mutatott.

Értelmezés: a csillag távolodik. (Ez a hangtani  $\rightarrow$ [DOPPLER-effektus](#) fénytani megfelelője.)

(Nincs alapja annak a magyarázatnak, hogy anyagi összetétel-változás lenne a színképváltozás oka.)

Általánosítás: mivel a Földnek nincs semmilyen kitüntetett szerepe a világmindenségben, ezért a Földről érzékelt „csillagok távolodása” a világmindenség tágulását jelenti.

A  $\sim$ t földi viszonyok közt is kimutatták: ugyanaz a radioaktív  $\gamma$ -sugárzás mély bányában, a Föld felszínén (tengerszinten) és magas hegyen mérve az alacsonyabb frekvenciák felé való eltolódást mutat. (A látható fénynél a vörös szín frekvenciája kisebb, mint az ibolyaé, amely felé akkor tolódik el, pl. a Na sárga fénye, ha a csillag közeledik felénk.)

**WEBER-szám** (fiz, hidr) (jele:  $We$ )  $\rightarrow$ [hasonlósági kritérium](#), amely lehetővé teszi, hogy a kisminta kísérlet ( $\rightarrow$ [analóg modell](#)) során a peremfeltételek olyankor is megfeleltethetők legyenek egymásnak, amikor a  $\rightarrow$ [felületi feszültség](#) hatása számottevő. A  $\sim$  képlete:

$$We = \frac{\text{tehetetlenségi erő}}{\text{felületi feszültség ereje}} = \frac{\rho l_0 v_0^2}{\alpha},$$

ahol  $\rho$  a folyadék  $\rightarrow$ [sűrűsége](#),

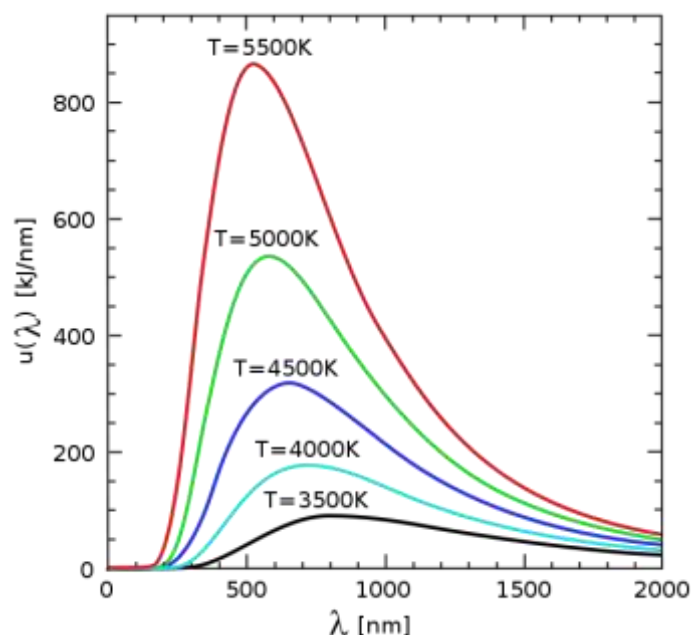
$l_0$  egy jellemző hossz a nagy kivitelű berendezésben,

$v_0$  a nagy kivitelű berendezéstől távoli, zavartalan  $\rightarrow$ [áramlási sebesség](#) és

$\alpha$  a felületi feszültség.

A ~ figyelembe vételének akkor van jelentősége, amikor kis hullámokat v. cseppképződést (pl. tüzelőanyag-porlasztást a → [belsőégésű motor](#)okban) tanulmányoznak. Moritz Gustav WEBER (1871. júl. 18. – 1951. jún. 10.) német mechanikaprofesszor először a Hannoveri Műszaki Főiskolán, majd a Berlieni Műszaki Egyetemen tanított. 1919-ben tette közzé modellezésről szóló alapvető tanulmányát. Méltán névadója a ~nak.

### WIEN-törvény (fiz)



Adott hőmérsékletre tartozó hőmérsékleti sugárzás spektrumának egy jellegzetes pontja az a → [hullámhossz](#), amelynél a spektrumgörbének maximuma van. Ezt a hullámhosszat  $\lambda_{max}$ -al jelöljük. Mivel a sugárzás → [intenzitás](#)ának jelentős része ennek a hullámhossznak a környezetéből származik,  $\lambda_{max}$  egyúttal a sugárzás színét is meghatározza. WIEN eltolódási törvénye a sugárzás maximális intenzitású hullámhossza, és a sugárzást kibocsátó test → [abszolút hőmérséklete](#) közötti kapcsolatot fogalmazza meg:

$$\lambda_{max} T = \text{állandó}$$

Ez azt jelenti, hogy minél nagyobb a sugárzó test hőmérséklete, annál kisebb hullámhosszú a sugárzás maximális energiája. A törvényt W. WIEN mondta ki. Levezethető a [PLANCK-féle sugárzási törvény](#) speciális következményeként.

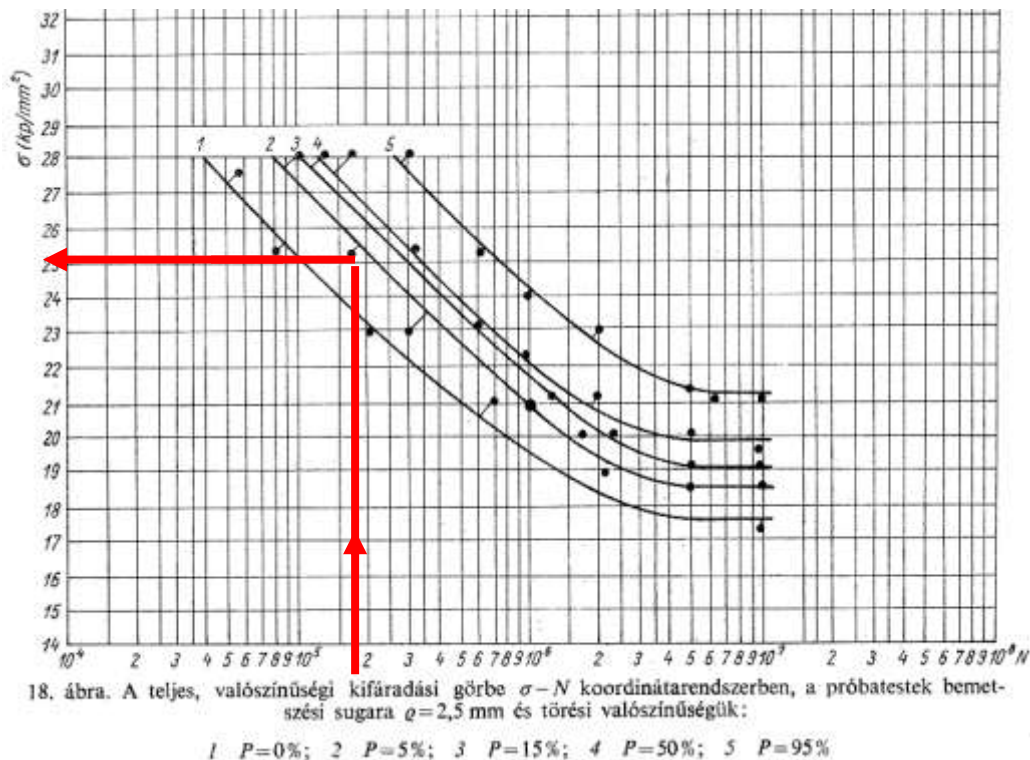
Megjegyzés: Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz WIEN (1864. jan. 13, Fischhausen – 1928. aug. 30, München), NOBEL-díjas német fizikus.

**WÖHLER-görbe** (műsz) August WÖHLER (1819–1914) német vasútépítő mérnök<sup>10</sup> kísérleti úton megállapította, hogy milyen kapcsolat van az igénybevételi ciklusszám és a megengedhető → [feszültség](#) között, valamint azt is, hogy vannak olyan szerkezeti anyagok, amelyeknek van → [kifáradási határ](#)a. A ~én<sup>11</sup> látszik, hogy  $N > 10^7$  ciklusszám fölött már képes végtelen sok fárasztási ciklust is elviselni az acél, ha a kifáradási határfeszültséget nem lépik túl. A görbe a → [folyáshatár](#)ról indul (ez most  $\sigma_F = 275$  MPa), log-lin skálán negatív meredekségű egyenes, amely elgörbül és hozzásimul a kifáradási határhoz (ez most  $P=0$ -nál  $\sigma_D = 173$  MPa).

<sup>10</sup> 1856-tól végzett kísérleteket és elméleti vizsgálatokat az anyagtudomány terén. A francia-porosz háború után Strassburgban császári vasútigazgató 1874-től 1889-ig.

<sup>11</sup> Forrás: Sz. V. Szerenszen: *Méretezés kifáradásra statisztikai módszerrel*, Műszaki Könyvkiadó. Bp., 1971. 63. old.





Pl.:  $N=200000$  igénybevételi ciklus és  $P=5\%$  törési valószínűség esetén mekkora lehet az igénybevétel feszültségben kifejezve?

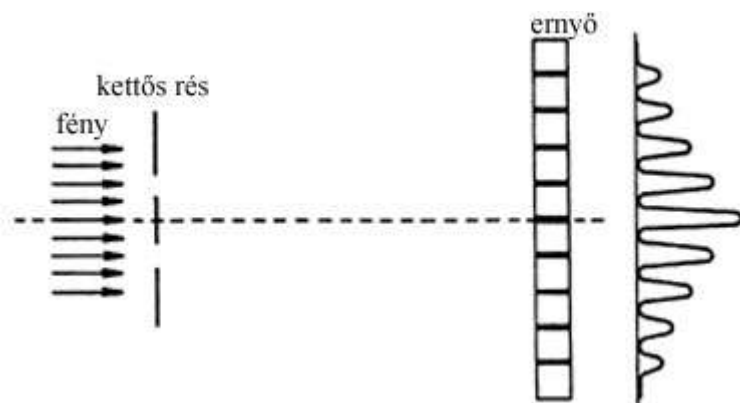
A grafikonról leolvasható érték a régi műszaki v. m-kp-s mértékegységben  $\sigma_{\text{meg}}=25,7 \text{ kp/mm}^2 = 9,81 \cdot 25,7 \approx 252 \text{ [MPa]}$ .

**Yang-Mills elmélet** (fiz) a [NOETHER-tétel](#) értelmében az  $\rightarrow$ [elektromos](#)  $\rightarrow$ [töltés megmaradás](#)ához is  $\rightarrow$ [szimmetria](#) kapcsolódik. A kvantumtérelméletben ennek egyenes következménye az is, hogy a kölcsönhatást közvetítő részecske, a ( $\rightarrow$ [bozon](#) típusú)  $\rightarrow$ [foton](#) töltéssemleges. A  $\sim$  általánosítja ezt az elméletet, és az ún. SU(2) csoportra való szimmetriát tételezi föl. A fizikai megmaradó mennyiségek ekkor az elektromos töltéssel gyarapodnak, és az elméletből az következik, hogy még három fajta közvetítő bozon létezik ( $W^\pm$  és  $Z^0$ , ezek közül a  $W^+$  és a  $W^-$  elektromos töltést hordoz, míg a  $Z^0$  semleges). A  $\sim$  eddig minden kísérleti próbát kiállt és bebizonyította, hogy az elektromágneses és a gyenge kölcsönhatás nagy energiákon megkülönböztethetetlené válik; az elektromágneses kölcsönhatás erőssége az energia függvényében *csökken*, a gyenge kölcsönhatás erőssége pedig *nő*. T-D. LEE fedezte fel a gyenge kölcsönhatás paritás-sértését.

**Megjegyzés:** Chen Ning YANG (1922. szept. 22, Hofei, Kína - ), NOBEL-díjas (1957), kínai/amerikai elméleti fizikus, Robert L. MILLS (1927. ápr. 15, Englewood - 1999. okt. 27, Echo Lake, USA), amerikai elméleti fizikus, Tsung-Dao LEE (1926. nov. 24, Sanghai, Kína - ), NOBEL-díjas (1957), kínai/amerikai elméleti fizikus.

**YOUNG-féle kísérlet** (fiz) a  $\sim$  (1803) lényege az, hogy ha egy pontszerű hullámforrás fénye két, egymáshoz nagyon közel lévő (kb. 1 mm) résre (kb. 0,1 mm) esik, a nyaláb hullámfrontját a részek kettéosztják, és így két, egymással  $\rightarrow$ [koherens](#) hullámot állítanak elő, amelyek a réspektől távolabb elhelyezett ernyőn interferenciaképet hoznak létre.

**Megjegyzés:** Thomas YOUNG (1773. jún. 13, Milverton – 1829. máj. 10, London), brit fizikus, orvos, nyelvész, polihisztor.



Thomas Young  
(1773-1829)

**zárt rendszer** (fiz, ir): az ált. rendszerelméletben olyan körülhatárolt  $\rightarrow$ rendszer, amelyet a környezetéből nem ér semmilyen hatás, mozgását belső tárolóiban lévő  $\rightarrow$ energia tartja fenn (autonóm mozgás). A termodinamikailag zárt rendszerben az  $\rightarrow$ entrópia nem csökken.  
Megjegyzés: A szabályozáselméletben néha  $\sim$ nek tekintik a zárt hatásláncú szabályozási kört is.

**ZSURAVSZKIJ tétele** (műsz) összefüggést állapít meg a  $\rightarrow$ terhelési függvény és az  $\rightarrow$ igénybevételi függvények között. A nyíróerő-függvény deriváltja és a terhelési függvény kapcsolata:  $T'(x) = -q(x)$ . A nyomatéki függvény deriváltja és a nyíróerő-függvény kapcsolata:

$$M'(x) = T(x)$$

$$\Rightarrow M''(x) = -q(x)$$

$\sim$  segítségével bizonyítható, hogy a  $\rightarrow$ hajlításból származó  $\rightarrow$ csúsztatófeszültség:

$$\tau = \frac{S_z}{aI_z} \cdot \frac{dM}{dx},$$

ahol  $S_z$  az elcsúszni „akará” keresztmetszeti felület  $\rightarrow$ súlyponti tengelyre számított elsőrendű nyomatéka,

$a$  a keresztmetszet szélessége az elcsúszás helyén és

$I_z$  a teljes keresztmetszet súlypontra számított  $\rightarrow$ másodrendű nyomatéka.

$\sim$  méltán viseli Dimitrij Ivanovics ZSURAVSZKIJ (1821. dec. 29. – 1891. nov. 30.) orosz tudós és mérnök nevét, aki főleg hidakat és vasutakat tervezett (az USA vasúttervezését is ő irányította 1869-ben). Részt vett a szent-pétervári Péter-Pál erőd és temploma rekonstrukciójában is. Vasút-igazgatósági funkciója mellett elméleti munkát is végzett; fontos kutatási eredményekkel gazdagította a műszaki mechanikát. A XIX. századi orosz mérnökök példaképe volt, számos kitüntetésben részesült.



Forrás: [http://www.peoples.ru/technics/engineer/dmitriy\\_zhuravskiy/](http://www.peoples.ru/technics/engineer/dmitriy_zhuravskiy/)