

Bősze Péter¹

Válogatás az (orvosi) fizika területéről

<https://doi.org/10.61333/mony.v23i1.12604>

BEVEZETÉS

A fizika magyar szóhasználatában elterjedt idegen nevezetek a fizikatudomány szókészletének zömét teszik ki. Magyarításukra vajmi kevés az erőfeszítés; úgy tűnik, hogy a fizikusok elfogadták őket, és belenyugodtak abba, hogy a fizikának nincs magyar nevezettana; keverék a fizikai nevezettan. Az alábbiakban a fizika néhány alapfogalmának és általánosan használt nevezetének magyar nyelvű meghatározását, magyarázatát adom meg, továbbá néhány szakszavának a magyarázatát tárgyalom.

Ebben a nehézséget alapvetően a *quantum physics*, a *quantum theory* értelmezése okozza, mivel a fizikai kölcsönhatások részecskék szintjén való magyarázatában olyan anyag- és elektromágneses tulajdonságokkal találkozunk, amelyek a hagyományos fizikai (testfizikai) fogalmakkal nem értelmezhetők. Ez azt jelenti, hogy a szokványos szókészlettel nem fejezhetők ki. Még a nemzetközi szóhasználatban is gyakran mennyiségi képletekkel határozzák meg őket. Itt tehát valódi nyelvújításra van szükség.

Természetesen a fizikusok értik az idegen szakfogalmakat, mondják is, hogy minek magyarázni, ezek beváltak, jól alkalmazhatók. Sőt, nemcsak értelmetlennek tartják a magyarázást, de sokan még ellen is állnak. A fizikusok álláspontja, miszerint szükségtelen a fizikai nevezetek magyarázása, az ő szemszögükből látszatra igaz, három szempontból mégis támadható:

- A fizika más tudományoknak is része (például orvosi fizika). Az idegen fizikai nevezetek használata ezekben már messze nem egységes, de az értelmezésük sem.
- A fizika nyelve nemcsak a fizikusoké, hanem a magyar nyelvet beszélők közösségének mindegyik tagjáé. Közhasználatú; feladata a társadalom tájékoztatása a fizika alapismereteiről, nem kevésbé az új eredményeiről.

A műveltség – beleértve a társadalom műveltségét is – más tudományok, továbbá művészetek, mesterségek stb. ismeretéből áll. Ha a fizika nyelve nem alkalmas a társadalom megfelelő tájékoztatására, hiányos a társadalom műveltsége. A társadalmak közt élet-halál harc van a megmaradásért, ennek pedig a záloga a kellően művelt társadalom. A tudománynyelvek magyar nyelvűsége nyelvünk jövőjének záloga.

- A fizika szakkifejezéseinek egy töredéke a köznyelvnek is része. Ha ez idegen szavakból áll, a magyar köznyelv látja kárát. Az anyanyelvét szerető ember pedig, lett légyen fizikus, vegyész vagy akárki más, vigyáz az anyanyelvére.

Ezeket a szempontokat figyelembe véve magyarázunk, és mert a szakkifejezések alkalmazása nem egységes, itt is az a megoldás, hogy nem fordítunk, hanem magyar nevezeteket használunk meghatározott értelmezéssel, függetlenül az idegen szakszavaktól. A fenti szempontokból az is következik, hogy a nevezetek képletekkel való meghatározása nem megfelelő, de feltétlenül része a fogalom magyarázatának. Használatuk a *quantum physics* egyes fogalmainál elkerülhetetlen, hiszen ezeket elképzelni sem tudjuk, de mérni igen. Az agyunk nem elég fejlett a természet minden törvényének elképzelésére, ezért itt óhatatlanul szükséges a képletekkel való magyarázat. Ennek ellenére lehetőleg egyszerűen, mindenki számára érthetően kell fogalmazni. Tévhit, hogy a tudományos nevezetek jelentését nem lehet egyszerűen, általánosan érthetően, idegen szakkifejezések nélkül megfogalmazni.

fizika az anyag sajátosságaival (állapotával, folyamataival) foglalkozó tudomány. A sajátosságokat mennyiségekkel határozza meg, ezért mondjuk, hogy a fizika nyelve a számításban (mennyiségben). Másként: a fizika az anyag sajátosságait mennyiségekkel kifejező tudomány. Három alapvető ága van: a látható anyaggal, vagyis a fizikai testekkel foglalkozó fizika, ezt hagyományos fizikának nevezzük; a részecskéket elemző részecskefizika (*quantum physics*); és a kettő között lévő hőtán (*thermodynamics*), amelynek a történései (energiaátadás) csak mérhető, a következményük azonban gyakorta kézzelfogható.

¹ A nevezetek magyarázatának szakmai ellenőrzésében Vankó Péter, néhányban Richter Péter volt a segítségemre.

fizikai mennyiség a fizikai tulajdonság mérésével kapott mennyiség. (→fizikai tulajdonság)

(fizikai) test *object* az anyag látható megnyilvánulási formája: körülírt, egybefüggő, térbeli tömeg. Hagyományos fizikai fogalom, a részecske-tanban nincs ilyen. A napi szóhasználatban egyszerűen *test*nek mondjuk (előfordul a *tárgy* és a *kiterjedt test* elnevezés is – ezeket ebben az értelmezésben nem használjuk). Három formáját különböztetjük meg, mindegyik fizikai fogalomként meghatározott testforma, a valóságban sokféle lehet:

- **Pontszerű test** (*point object*) olyan testforma, amelynek a leírásában érdektelen a kiterjedése, mert elhanyagolható a mozgásához, kölcsönhatásaihoz viszonyítva; csak tömegét és töltését vesszük figyelembe. Másként: viszonyítottan véges tömegű, kiterjedéstelen (*dimensionless*) test, mert a kiterjedése figyelmen kívül hagyható mozgásterének és kölcsönhatásainak a vizsgálatában. A pontszerű test nem szükségszerűen kicsi, csak viszonyítottan az, például a Föld is pontszerű test a világmindenségben. Egyéb elnevezései: tömegpont, anyagi pont; *point particle*, *ideal particle*, *point-like particle*, *point-like object*.
- **Kiterjedt test** (*extended object*) olyan testforma, amelynek a leírásában a test kiterjedése lényeges. Másként: minden véges nagyságú test, minden nem pontszerű test. Sajátos formája a:
 - **merev test** (*rigid object*), amely nagy erő hatására sem változtatja az alakját. Ez azt jelenti, hogy bármely két pontja között a távolság időben állandó, függetlenül a ráható erőtől.

fizikai tulajdonság *physical property, observables* a látható anyag olyan sajátosága, jellegzetessége, amely mérhető. Másként: a test mérhető sajátosága.

ALAPFOGALMAK

anyag a világmindenség, a tudattól függetlenül létező valóság. Részecskékből, részecskékből épül fel, amelyeknek térbeli helyük és tömegük (tehetetlenségük) van. Az anyag látható formája a fizikai test. A részecske az atom összetevője, például proton, neutron, elektron stb. A részecske pedig valamely fizikai sajátosság (például energia) egyesleges, a sajátosságát létrehozó mennyisége.

Az anyag különleges formája a sugárzás és az erőtér, például az elektromágneses tér, amelynek ugyan van tömege, energiája stb., de részecskékből (például foton) áll, nem szokványos részecskékből. A részecskék is átalakulhatnak hullámmá, elvesztve részecsketulajdonságukat. Ezért mondjuk, hogy az anyag részecskékből és részecskékből áll.

tömeg *mass* a fizikai testek anyag- és energiamennyisége, a tehetetlenség mértéke – az anyag alaptulajdonsága. A test tömege állandó, független a test térbeli helyzetétől. Jele: m ; mértéke az anyag sűrűségének és térfogatának szorzata: $\rho \times V$ ($m = \text{mass}$, ρ [ró] a sűrűség, V a térfogat). SI-mértékegysége: kg.

A tömeg állandó, a test tömege nem változik, bármi történjék is a testtel. Például, ha darabokra esik szét, a darabok tömegének az összege azonos a test eredeti tömegével. Ez a tömeg megmaradásának törvénye.

tehetetlenség, tehetetlenségi nyomaték a *tehetetlenség* (inertia) a tömeg tulajdonsága: az a képesség, amellyel a test igyekszik megtartani mozgásállapotát (nyugalmi vagy mozgóhelyzetét); vagyis a testnek a nyugalmi vagy egyenes vonalú mozgásállapotát megváltoztató erővel szembeni ellenállása.

Minden test vagy nyugalmi állapotban van, vagy egyenes irányban mozog, ha nem hat rá erő, avagy a tehetetlensége nagyobb, mint a ráható erő. Ebből következik, hogy a test mozgásállapota csak akkor változik meg, ha erőhatás éri. Ez Newton első törvénye.

A tehetetlenség nem megfogható erő, ezért nevezzük tehetetlenségnek. Például, ha egy tárgyat tartó lapot lassan mozgunk, a tárgy követi a lap mozgását. Ha a lapot megrántjuk, a tárgy leesik; ellenáll a helyzete megváltozásának. A tehetetlenségi erő egyenesen arányos a test tömegével: minél nagyobb a tömeg, annál nagyobb a tehetetlensége. Egysége: kg.

A *tehetetlenségi nyomaték* a forgó test tehetetlensége, vagyis hogy milyen nehéz a testet a tengelye körül megforgatni, megváltoztatni a szögsebességét. Jele: θ , SI-mértékegysége: $\text{kg} \times \text{m}^2$.

nyomaték a fizikában a tömeg és a ráható erő kapcsolatára vonatkozik; például a tömegnek a ráható erővel szembeni ellenállása; az a tulajdonsága, hogy igyekszik megtartani az erőhatás előtti állapotát. Mértékét a tömeg és az erőhatás szorzatával fejezzük ki. A nyomatékot az erőhatás formája szerint más-más módon jelöljük. (→elektromos töltés [két-sarkú nyomaték], forgatónyomaték, tehetetlenségi nyomaték)

súly, súlyerő a tömegre kifejtett nehézségi erő, az az erőhatás, amely az alátámasztást nyomja vagy a felfüggesztést húzza. Másként: a súly azonos a tartóerő nagyságával. Jele: Q . Mértéke: $m \times g$ (m tömeg, g nehézségi gyorsulás = $9,81 \text{ m/s}^2$). Mértékegysége a newton (N).

A súly nagysága változó mennyiség, mert függ a nehézségi erőttől. Például: 10 kg tömegű test súlya a Földön $9,8 \text{ m/s}^2 \times 10 = 98 \text{ m/s}^2$, amely 98 newtonnak felel meg (98 N). A Holdon ennek csak tizede lenne, mert a Holdon a nehézségi erő tizede a földi nehézségi erőnek, a tömege azonban azonos.

A köznyelvi szóhasználat gyakran súlyt mond tömeg helyett. Ennek az alapja az, hogy a Föld közelében a tömegvonzás nagyjából mindenütt egyforma, így a kettő értéke is körülbelül egyenlő. A fizikában elkülönül a kettő, a súlyerő, ezért mondjuk súlyerőnek, amelynek nagysága változó, függ a körülményektől. A tömeg anyagtulajdonság, az ellenállás mértékének kifejezője. Mindig változatlan és megmarad.

energia (E) *energy* az anyagnak változást okozó képessége; az anyag azon tulajdonsága, hogy kölcsönhatásban másik

anyag változást idézhet elő. Tehát az anyag (részecskék, atomok, ionok, molekulák, testek) kölcsönhatásában nyilvánul meg. Másként: munkavégzésre vagy hőátadásra (melegítésre) fordítódó mennyiségtulajdonság. A hagyományos fizikában a test munkavégző képessége.

Az energia újonnan nem képződik, és nem szűnik meg. Ez az energiamegmaradás törvénye.

Az energia négyféle alapvető kölcsönhatásban érvényesül: ezek a tömegvonzás és az elektromágnesség, továbbá a gyenge és az erős kölcsönhatás. Jó példa az erős kölcsönhatásra az atommagok összetartása.

Az energia (E) SI-egysége a joule (J), de megadható *elektronvoltban* (részecstanban használt energiamegnyiség) és *erg* egységekben is. $1\text{ J} = 10^7\text{ erg} = 0,624 \times 10^{19}\text{ eV}$. Régebben alkalmazott egysége a kalória (cal), amelyet a tápanyagok energiatartalmának feltüntetésére ma is használnak. $1\text{ cal} = 1,184\text{ J}$, amely 1 gramm víz hőmérsékletének 1 Celsius-fokkal való növeléséhez szükséges.

Sokféle energia van:

Megkülönböztetünk helyzeti és mozgási energiát; az előbbi a tárolt, az utóbbi a felszabadult változat.

- **Helyzeti energia** (potential energy, E_p , **potenciális energia**) tárolt energia, amely valamely rendszer elemeinek egymáshoz való viszonyából keletkezik. Például egy mágneses rúd vonz egy vasgolyót: a mágneses térnek van helyzeti energiája, amely tehát csak akkor nyilvánul meg, ha a mágneses rúd közelít a vasgolyóhoz. Hasonlóan van helyzeti energiája az elektromos térnek és a nehézségi térnek is, például a magasba emelt test leesik a nehézségi erő következtében. Avagy a rugó összenyomásakor keletkező energia; az összenyomó erő megszűnésével a rugó alakja helyreáll. A helyzeti energia valamely rendszer tulajdonsága, nem pedig a testé, sem a részecskéé.

Jele: E_h ; egyenlő például a nehézségerőnél a tömeg, a nehézségi erő és a magasság szorzatával. Egyenlettel: $E_h = m \times g \times h$ (m tömeg, g nehézségerő [gravity], h magasság [height]); a rugó összenyomásánál: $\frac{1}{2} \times k \times x^2$ (k állandó, x az összenyomás mértéke).

Emeléssel a testen munkát végzünk. Ha a testet egyenletes sebességgel emeljük, az emelési munka ($W_{\text{emel}} = m \times g \times h$, amely azonos az emelés közben bekövetkező energiaváltozással ($W_{\text{emel}} = \Delta E_h$).

- **Mozgási energia** (kinetic energy, E_k , **kinetikai energia**).
– A hagyományos fizikában a mozgó testnek a változtató képessége, például egy mozgó golyó ütközik egy állóval, amely elmozdul; a mozgó golyó megváltoztatta az álló golyó állapotát. Másként: a mozgásban lévő testnek az energiája, amelyet képes munkavégzésre fordítani. Jele: E_m (E_k).
Mértékét a munkavégzéssel határozzuk meg, például valamilyen sebességgel mozgó testnek a mozgási energiája egyenlő azzal a munkával (energiaátadással, erőhatással), amelyet a testen végeztünk ahhoz, hogy nyugalmi állapotából az adott sebességre gyorsuljon. Egyenlettel: $W_{\text{gy}} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$ (W a munka, a példában gyorsulási munka [W_{gy}], m a tömeg, v a sebesség). Mivel a végzett munka (W_{gy}) egyenlő a mozgási energia nagyságával ($W_{\text{gy}} = E_m$), az $E_m = \frac{1}{2} \times m \times v^2$.
A mozgási energia és a munka összefüggését a *munkatétel* fejezi ki, amely kimondja, hogy valamely test mozgási energiájának

a változása egyenlő a testre ható összes erő (eredő erő) munkájának (előjeles) összegével, azaz munkájával. Egyenlettel: $W = \sum W_i$ (W_i egyedi munka, $\sum W_i$ az egyedi munkák összege) $= \Delta E_m$.

– A részecskefizikában az atomok, a részecskék mozgásával keletkező energia. Függ a tömegtől és a sebesség négyzetétől ($\frac{1}{2} \times m \times v^2$).

A kétféle energia folyvást átalakul egymásba, de az összegük minden pillanatban állandó. Például amikor egy test szabadon esik, a helyzeti energiája átalakul mozgási energiává: a test nyugalmi állapotában a helyzeti energia 100 százalék, a mozgási energia 0; az érkezéskor a helyzeti energia 0, tehát az egész átalakult mozgási energiává. És közben a kétféle energia aránya állandóan változik, de az összegük mindig azonos, igazolva az energia megmaradását.

Egyéb energiafélék: \rightarrow atomenergia, elektromos energia, hangenergia, hőenergia, ionizációs energia, vegyülesenergia, vegykötési energia stb.

- **Atomenergia:** az atomot összetartó erő, amely az elektronok (részecskék) mozgásából, helyzetéből és az atommagot egybetartó energiájából tevődik össze.

ÁLTALÁNOS FOGALMAK

Ezeket a nevezeteket nemcsak a fizika alkalmazza, hanem más természettudományok, például a vegytan is, de az orvosi gyakorlatban sem ritkák, kivált egyes szakterületeken, például laboratórium, sugárkezelés, gyógyszertan.

menyiség *quantity* általában valaminek mérhető, számértékkel kifejezhető nagysága. A fizikában (fizikai mennyiség) számértékkel kifejezett fizikai jelenség (állapot, tulajdonság vagy folyamat). A tulajdonságot a mértékegység, a mennyiséget a mérőszám (számérték) jelöli, a fizikai jelenséget (tulajdonságot) ezek szorzata (mértékegység \times mérőszám) mutatja. A fizika törvényei a fizikai mennyiségek kapcsolatát fejezik ki. (A mértékegység és a mérőszám megkülönböztetésére az előírás a kapcsos és a szögletes zárójel használatát javasolja: a mértékegység kerül a szögletes zárójelbe, például tíz méter = $\{10\}[m]$). Többféle mennyiségformát különböztetünk meg:

- **Nagyságmennyiség*** (scalar quantity, scalar) egykemennyiség (egykitérjedésű): csak nagysága van. Az alapegységgel és számértékkel adjuk meg (például 10 méter), adott esetben az előjelével társítva (például -10 centiméter). A hazai irodalom a nagyságmennyiségek jelének dőlt betűs írást javasolja, például 10 A (amper).
- **Íránymenyiség*** (vector quantity, vector) kettős mennyiség (kétkitérjedésű): nagysága és iránya van. Az alapegységgel és számértékkel fejezzük ki, például $F = 10$ newton; avagy $F = 600$ kN (F az erő jele; 600 a mérőszám, más néven számérték; k SI-előtag, a kilogramm rövidítése; N a newton jele, kN kilonewton, vagyis a newton ezerszerese). Az N (newton) származtatott mennyiség, alapegységekkel kifejezve: $\text{kg} \times \text{m} / \text{s}^2$, amelyet írhatunk hatványkitevő alkalmazásával is: $\text{kg} \times \text{m} \times \text{s}^{-2}$.
A nagyságmennyiségtől való megkülönböztetésére a hazai irodalomban az íránymenyiség jelének dőlt, félkövér betűs írást ajánlják; a mértékegységét viszont szokványos álló betűvel írjuk,

például erő: jele F ; mértékegysége N (newton), $F = 10 \text{ N}$. Nagyság-mennyiségnél a mennyiség jelét dőlt betűvel írjuk. A nemzetközi irodalomban találkozzunk a jel fölé tett nyílal (\uparrow), valamint az aláhúzással való jelöléssel (\underline{N}) is.

▪ **Kiterjedéstelen mennyiség** (dimensionless quantity) csupán számértékkel kifejezett mennyiség. Olyan mennyiség, amelynek SI-mértékegysége 1, de ezt nem írjuk ki, ezért egységfüggetlen mennyiségnek tartható, például fehérvérsejtszám: 5000; menetszám: 2000. Megadhatjuk százalékban, például a nyiroksejtek aránya 20 százalék. Sokszor két azonos mennyiségfajta hányadosaként fordul elő, például a fajlagos sűrűség a folyadékban lévő tárgy sűrűségének és a folyadék sűrűségének a hányadosa: $\rho_{\text{tárgy}}/\rho_{\text{víz}}$ (a ρ a sűrűség jele); például $\rho = 0,3$.

A kiterjedéstelen mennyiség/test fogalma nagyon jól alkalmazható minden olyan test jelölésére, amelynek a nagysága, alakja és szerkezete érdektelen a vizsgált összefüggésben, például valamely fizikai egyenletben. Ellentéte a kiterjedt test, amelynek egyik kiterjedése sem 0.

Néhány kiterjedéstelen mennyiségeknek külön neve van; ezt kiírjuk. Például a síkszög radián (jele: rad), a térszög szteradian (jele: sr). (\rightarrow kiterjedés, síkszög, térszög)

▪ **Kiegyenlítő mennyiség*** (intensive quantity) a mennyiség független az anyag, a rendszer nagyságától. Például hőmérséklet, nyomás. Ha valamely anyagból elveszünk valamennyit, a térfogata kisebb lesz, de a hőmérséklete nem változik. Kiegyenlítő mennyiség a fajlagos mennyiség is. Több részrendszerből álló rendszerben a kiegyenlítő mennyiség értékét a részrendszerekre vonatkozó értékek anyagmennyiségekkel súlyozott átlagai adják.

▪ **Összeadódó mennyiség*** (extensive quantity) a mennyiség az anyag nagyságával arányos; ha több az anyag, nagyobb a mennyiség. Ilyen például a térfogat: nagyobb anyagnak nagyobb a térfogata; vagy ha vegyi anyagok keverékébe (rendszer) többet teszünk, megnő a térfogat, a fajlagos mennyiség is. Több részrendszerből álló rendszerben az összeadódó mennyiség értéke a részrendszerek vonatkozó értékeinek összege.

▪ **Fajlagos mennyiség** (specific quantity) egységnyi tömegre számított mennyiség, amely a mennyiség és a tömegének hányadosával kapott számérték, például fajlagos térfogat = térfogat / tömeg; fajlagos energia = energia / tömeg, fajlagos hő (fajhő) = hő / tömeg. (\rightarrow fajhő)

▪ **Mólnyi mennyiség*** (mólmenység, móltömeg) (mole quantity) egységnyi (mólnyi) anyagmennyiségre (jele: n) vonatkoztatott érték; a *mól*-elöttaggal fejezzük ki. Például móltérfogat = térfogat (V) / anyagmennyiség (n). Jele: V_m (az alsó kitevőbe tett m jelenti a mólnyi nagyságrendet ($V_m = V / n$). (\rightarrow mól)

▪ **Sűrűség-jellegű mennyiség** a mennyiségnek a térbeli helyzete szerinti formája. Lehet:

- vonal menti (például fémszál töltéssűrűsége, C/m)
- területi, keresztmetszeti (például felületi tömegsűrűség, kg/m^2)
- térfogati (például töménység).

▪ **Áramló mennyiség** a mennyiségnek az idő szerinti formája. Sokféle ismert:

- **Áramok** bármely összeadódó mennyiségnek az idő hányadosával meghatározott mértéke. Például tömegáram (kg/s), térfogatáram (m^3/s), hőáram (J/s , tehát W), fénycsugár (a fénycsugár energiából származtatjuk), villamos áram (a Coulomb mértékegységből származtatjuk), anyagmennyiség-áram (a mol/s mértékegység a *katal*).

– **Sebességek** a kiegyenlítő mennyiségnek az idő hányadosával meghatározott mértéke. Például hőmérséklet-változás sebessége (K/s , vagy $^\circ\text{C/s}$), nyomásváltozás sebessége (Pa/s).

– **Áramsűrűség** a keresztmetszetből számított szterterjedő mennyiség. Például tömegáram-sűrűség ($\text{kg/m}^2\text{s}$), térfogatáram-sűrűség ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$), hőáramsűrűség (W/m^2), elektromos áramsűrűség.

– **Sugárzott mennyiségek** az elektromágneses sugárzások áramlási mennyiségei; sokféle ismert: fénycsugár (lumen/s), fénycsugár (lumen) stb.

A fizikai mennyiségek összefüggéseit egyenletekkel írjuk le.

kiterjedés (fizikai) dimension of physical quantity (dimenzion, dim) a mértékegységekre vonatkozik; azt mutatja, hogy hányféle mértékegység szükséges valamely fizikai mennyiségnek a meghatározásához. Többféle értelemben alkalmazzuk:

▪ Hétköznapi értelemben a test térbeli kiterjedése; nagyságfajtáinak (szélesség, hosszúság, magasság; x, y, z) összefoglaló elnevezése. A fizikai test tehát háromkiterjedésű. A sík tárgya (például papírlap) vastagsága elhanyagolható, ezért kétkiterjedésű, az x és az y számértékével leírható. Az egyenes vonalnak csak hosszúsága (x) van: egykiterjedésű.

▪ A fizikai tér kiterjedése azon változók száma, amelyekkel a tér állapota vagy egy esemény a térben meghatározható. Hagyományosan azt mondjuk, hogy a tér négykiterjedésű, a negyedik az idő. A tér egy adott pontjából három irányba (fel/le, balra/jobbra és előre/hátra) el lehet mozdulni; ezek az egyenes vonalú elmozdulások. Az idő azonban csak egykiterjedésű: az a pillanat, amikor meghatározzuk a teret, illetve valamely helyet a térben. A mozgást a térben tehát szokásosan az egyenes vonalú elmozdulásokkal (x, y, z) és az esemény bekövetkezésének pillanatával, az idővel (t) írjuk le, de van más lehetőség is, például r, t , θ, ϕ , gömbi irányokkal.

▪ A mértékegység kiterjedése valamely mértékegység (mennyiség) és az alaplémértékegységek (alaplémennyiségek) közötti kapcsolat. Azt adja meg, hogy az adott mértékegység (mennyiség) hány alaplémértékegységgel (alaplémennyiséggel) határozható meg. Az alaplémértékegységeket az SI-egységrendszer tartalmazza. Hét SI-alaplémennyiség van: hosszúság (L), idő (T), tömeg (M), elektromos áramerősség (A), anyagmennyiség (mol), hőmérséklet (K) és fényerősség (cd); ezért csak hétféle alaplémennyiséggel számolunk. Bármely fizikai mennyiség kiterjedése kiszámítható a hét alaplémennyiség kiterjedésével. Például a sebesség a távolság és az idő hányadosa, vagyis kétkiterjedésű: két alaplémértékegységgel (távolság és idő) határozható meg.

Általános fogalmazásban a mértékegységviszonyt a *kiterjedés-egyenlettel** fejezzük ki. Például ha tetszőleges „ Q ” mennyiséget (jele: dim Q) a hosszúsági (L), időbeli (T) és a tömegi (M) kiterjedés határozza meg, a dim $Q = L^a \times T^b \times M^c$.

Az α, β, γ *kiterjedéskitevő**; értéke a mennyiségegyenlet szerinti, például a mozgási energiát kifejező mennyiségegyenlet: $W = 1/2 m \times v^2$ (m tömeg, v sebesség [m/s]); kiterjedés-egyenlettel kifejezve: dim $W = L^2 \times M \times T^{-2}$.

Azt a fizikai mennyiséget, amelynek mindegyik kiterjedéskitevője 0, a kiterjedése tehát 1, például dim $Q = L^0 \times M^0 = 1$, *kiterjedéstelen mennyiségnek* (dimensionless physical quantity) nevezzük. Minden kiterjedéstelen mennyiség SI-mértékegysége az 1, de ezt nem írjuk ki, ezért a mennyiséget pusztán egy számérték jelöli, például darabszám (fehérvérsejtszám: 6000). (\rightarrow mennyiség)

állapot a fizikában a tömeg körülménye. Megkülönböztünk nyugalmi állapotot (stationary frame, stationary state) és mozgási állapotot (moving frame, state of motion). Vegy-
tanban a molekula pillanatnyi helyzete; ez befolyásolja a tevé-
kenységét. Például *válaszállapot*, amely a jelfogó pillanatnyi
tulajdonsága; meghatározza, hogy milyen jelközvetítést hoz
létre. (→jelátvitel)

állapotegyensúly *system equilibrium* a rendszert alkotó
részecskék egyenletes eloszlása. Az állapotjellemzők egyike
sem változik. (→állapotjellemző, rendszer)

állapotjellemző, állapotfüggvény *state function, point
function* (az állapotjellemzőt állapotjelzőnek, állapotható-
rozónak mondják, de az állapotjellemző elnevezés pontos-
sabbban fejezi ki a fogalmat) az anyagnak/rendszernek olyan
mérhető mutatója, amellyel meghatározható a rendszer saját-
tossága, és csak az anyag/rendszer kezdeti és végállapotától
függ. Független a rendszer átmeneti útvonalától, vagyis attól,
hogyan a rendszer miként jutott a végállapotába.

Vannak egyszerű állapotjellemzők, mint a hőmérséklet (T), a nyo-
más (p), a térfogat (V), az anyag mennyisége (n), a tömeg (m). Ezek
között megkülönböztetünk:

- **Kiegyenlítő állapotjellemzőt (intenzív állapotjelző)**, amely
független a rendszertől (kiegyenlítő mennyiség). Ilyen a nyo-
más és a hőmérséklet. Például ha kétféle hőmérsékletű és/vagy
kétféle nyomású folyadékot elegyítünk, azok hőmérséklete és
nyomása is kiegyenlítődik; független a folyadék mennyiségétől.
- **Összeadó állapotjellemzőt (extenzív állapotjelző)**, amely
függ a rendszertől (összeadó mennyiség), például térfogat:
ha egy edényben lévő folyadékhoz öntünk még folyadékot, na-
gyobb lesz a térfogata; annnyival, amennyit adunk hozzá.

Vannak az egyszerű állapotjellemzőkből számítással levezethető
függvények, mint a rendezetlenség (S), a belső energia (U), az ener-
giatartalom (H), a szabad energiátartalom (G). Megkülönböztetésül
ezeket állapotfüggvényeknek nevezzük. A rendszer egyensúlyi
állapotát írják le.

Például belső energia csak a rendszer pillanatnyi nyomásától,
hőmérsékletétől, összetevőitől és anyagtömegétől függ. Ekként
valamely 25 °C -os, 100 kPa nyomású, 1 mol NaCl -t és 50 mol
vizet tartalmazó oldat belső energiája azonos bármely más
azonos oldat belső energiájával, függetlenül attól, hogy a NaCl -t
vízben oldottuk, sósavval elegyítettük vagy valamilyen más
módon hoztuk létre.

Bármely állapotjellemző megváltozása együtt jár legalább
egy másik állapotjellemző megváltozásával. (→vegyfolyamat-
állapot)

állapotváltozás a rendszer kezdeti és végállapota közötti
átmenet (útvonal). Lehet:

- Megfordítható (**reverzibilis**) állapotváltozás: a változók csekély
módosulásával visszaforduló átalakulás. A változásban a rendszer
bármelyik pillanatban egyensúlyi állapotba kerülhet.
- Megfordíthatatlan (**irreverzibilis**) állapotváltozás: a rendszerben
vagy környezetében maradandó változást létrehozó átalakulás.

Az állapotváltozás alatt az állapotjellemzők rendszerint vál-
toznak, de előfordul állandó nyomáson (**izobár**) vagy állandó
hőmérsékleten (**izoterm**) végbemenő átalakulás, illetve olyan
is, amelyben a rendszer térfogata nem változik (**izokór**,
izosztér), avagy olyan, amelyben a rendszer nem ad le és nem
vesz fel hőt (**adiabatikus**).

folyamatfüggvény a rendszer állapotváltozását jellemző meny-
nyiség. Ellentétben az állapotjellemzőkkel, a folyamatfüggvények
értéke függ az átmenet útvonalától is; nemcsak a folyamat kezdeti és
végállapotától. Ilyen folyamatfüggvény például a *munka* vagy a *hő*.

viszonyítási rendszer *frame of reference* a fizikában va-
lami pillanatnyi helyének megadását lehetővé tevő testek
rendszere. A rendszert tehát valós testek jelölik ki, mindig
ezekhez viszonyítunk. Például a mozgás mindig egy ponthoz
(egyeneshöz, síkhoz viszonyított elmozdulás. Valaminek a
pillanatnyi helyét a rendszerben szám adatokkal adjuk meg
a viszonyvonalas rendszerben* (coordinate system, **koordiná-
tárendszer**).

viszonyvonalas rendszer* *coordinate system* két egymásra merő-
leges számszámú egyenes, amelyek metszéspontját (O pont) *kiindulási
pontnak* (point of origin, *origó*) nevezzük. A vízszintes tengely az
 x tengely, a függőleges tengely az y tengely. A rendszerben minden
pontot rendezett számpárral adunk meg. A számpár első tagja
(első jelzőszám) az x tengelyhez viszonyít, azt mutatja, hogy a pont
milyen messze (hány egységnyire) van az x tengelyen a kiindulási
ponttól. A második jelzőszám a y tengelyhez viszonyít: azt jelöli,
hogy a pont hány egységnyire van az y tengelyen a kiindulási pont-
tól. Ha a számpár pozitív, az x tengellyel párhuzamosan jobbra,
az y tengellyel párhuzamosan felfelé lépünk. Ha a szám negatív,
ellenkező irányban.

Az első jelzőszámot a ponttól az x tengelyre merőleges vonal, a má-
sodikat az y tengelyre merőleges vonal jelöli. A kiindulási ponttól a
ponthoz húzott egyenes az iránymennyiség.

Ez a Descartes-féle derékszögű viszonyvonalrendszer.

KVANTUM, KVANTUMELMÉLET, KVANTÁL, PARTICLE ÉS KAPCSOLT FOGALMAK

Meghatározások az *Idegen szavak szótárából* (4):

kvantum: 1. mennyiség, 2. fizikai kölcsönhatások elemi, diszkrét
hordozója.

kvantumfizika: a kvantumelmélet által feltárt anyagi jelenségek és
folyamatok tudománya.

kvantumelmélet: a fizikai kölcsönhatások természetét mikrofizikai
szinten leíró elmélet, amely azon a felismerésen alapul, hogy a fi-
zikai kölcsönhatások (így az elektromágneses jelenségek, például a
fény is) diszkrét természetűek.

kvantál: valamely fizikai rendszer vagy folyamat mennyiségi értékeit
megadja.

diszkrét: 1. más elemektől elkülönülő (elem, rész egy rendszerben),
2. nem folyamatos, megszakított, elkülönült tagokból álló (többele-
mű rendszer).

Encyclopaedia Britannica (2023):

quantum, in physics, discrete natural unit, or packet, of energy, charge, angular momentum, or other physical property. Light, for example, appearing in some respects as a continuous electromagnetic wave, on the submicroscopic level is emitted and absorbed in discrete amounts, or quanta; and for light of a given wavelength, the magnitude of all the quanta emitted or absorbed is the same in both energy and momentum.

A Magyar fizikai helyesírási szótárban (mta.hu) a kvantummal kapcsolatban az alábbi nevezetek találhatók:

kvantálás	kvantumkozmológia
kvantálási feltétel	kvantumkriptográfia
kvantált állapot	kvantumkritikus pont
kvantált energiaszint	kvantumkritikusság
kvantált Hall-jelenség	kvantum-kromodinamika
kvantált oszcillátor	kvantummechanika
kvantált sugárzás	kvantummechanikai alagúthatás
kvantitatív, kvantitatívan	kvantummechanikai állapot
kvantum	kvantummechanikai <i>H</i> -elmélet
kvantumállapot	kvantummechanikai méréselmélet
kvantumátmenet	kvantummechanikai rendszer
kvantumátvivargás	kvantummechanikai rezonancia
kvantumbit	kvantummechanikai sokaság
kvantumcsoport	kvantummechanikai sugárzáselmélet
kvantumdrót	kvantumoptika
kvantumeffektus	kvantumos Hall-jelenség v. kvantum-Hall-jelenség
kvantum-elektrodinamika	kvantumos oszcilláció
kvantumelektronika	kvantumos összefonódás
kvantumelmélet	kvantumos pontkontaktus
kvantum-fázisátalakulás	kvantumos spinfolyadék
kvantumfeltétel	kvantumos Zeno-effektus
kvantumfizika	kvantumpálya
kvantumfluktuáció	kvantump plazma
kvantumfolyadék	kvantumposztulátum
kvantumgödör	kvantumpötty
kvantumgödörlézer	kvantumradír
kvantumgravitáció	kvantums spinfolyadék
kvantum-Hall-effektus v.	kvantumstatistika
kvantumos Hall-effektus	kvantumsugárzás
kvantumhasznosítási tényező	kvantumszabály
kvantumhatásfok	kvantumszám
kvantuminformáció	kvantumszimuláció
kvantuminformáció-elmélet	kvantum-szindinamika
kvantumingadozás	kvantumszint
kvantuminterferencia	kvantumtechnológia
kvantumirreverzibilitás	kvantumtérelmélet
kvantum-ízdinamika	kvantumteleportáció
kvantumjelenség	kvantumtomográfia
kvantumkáosz	kvantumugrás
kvantumkommunikáció	kvantumvilág
kvantumkorrekció	kvantumzaj
kvantumkorreláció	

Ez a példaszor nemcsak azt mutatja, hogy a fizika milyen gazdag tudomány, hanem azt is, hogy nagyon sok szakszónak nincs magyar megfelelője. Természetesen az orvosi fizika tárgykörébe ezeknek csupán töredéke tartozik.

■ A *quantum* szó egyszerűen fogalmazva valamilyen fizikai mérhetőnek a legkisebb mérhető része. Az elmúlt évszázadban azonban önálló fogalommá vált, létrehozta a kvantumfizikát, a kvantumelméletet. Ebben az értelemben valamely fizikai tulajdonság egyesleges eleme lett; az a legkisebb része, amellyel az adott sajátosság megvalósul.

Ellentétben a testfizikai folyamatokkal, amelyek folytonosak, közöttük nincs megszakítás (például a folyó víz áramlása folytonos, megszakítás nélküli), a részecskék folyamatai parányi megszakításokkal zajlanak, parányi energiacsomagok követik egymást hihetetlen nagy sebességgel, ezért folytonosnak tűnnek. A parányi energiacsomagok a kvantumok. Például a fény (elektromágneses sugárzás), amely elképzelhetetlenül piciny, tömeg és töltés nélküli energiacsomagok (fotonok) milliárdjainak terjedése a fény sebességével. A fény elemi mennyisége, vagyis a kvantuma, tehát a foton.

A kvantum szónak mennyiséget megnevező jelentésére van szavunk: *mennyiség*. Az elemi hordozó értelmezésére azonban nincs, a magyar nyelv szókészletében sem található ezt a fogalmat kifejező elem. Új szó szükséges. Találó lehet a *részecske** szó, amely utal a részecskére, valamint arra is, hogy valamilyen folyamatban résztvevő, részes. Ez új szó, a *részecske* elvonásából jön. Nemcsak kifejező, hanem könnyen meg is tanulható, megjegyezhető.

részecske* *quantum* a fizikában valamely fizikai sajátosság (például energia, töltés, forgómozgás) egyesleges mennyisége, a fizikai sajátosság létrehozója. Másként: a fizikai sajátosság legkisebb mérhető része; természetes egyesleges egysége/csomagja, például a fény (elektromágneses sugárzás) *részecskéje*, azaz egyesleges (elemi) mennyisége, a foton; a fény fotonokként (részecseként) bocsátódik ki és nyelődik el.

A részecske értéke viszonyított szám, szokásosan valamilyen állandóhoz viszonyítunk, például a perdület lehet 0, ½, 1 stb., amely a Planck-állandóhoz viszonyított érték; az ½ perdület = a Planck-állandó felével.

részecses (kvantált) részecskékből álló.

részecskölcsönhatás a részecskéknél részecsekkel létrejövő kölcsönhatása.

A *quantum* szóval alkotott szakkifejezések magyar megfelelői:

quantum ■ quantum field theory → *részecselmélet* ■ quantum mechanics → *részecskefizika* ■ quantum number → *elektromágnesesszám* ■ quantum physics → *részecskefizika* ■ quantum theory → *részecselmélet*

részecselmélet *quantum (field) theory* a nevéből adódóan azt fejezi ki, hogy az energia parányi csomagokban, azaz részecsekben bocsátódik ki és vevődik fel. Vagyis az energiamegmozgás nem folytonos, hanem végtelen sok elemi energiaadagban adódik tovább, ezért a mennyisége is csak egészszám lehet, tört nem. Például a fény egysége (részecskéje) a foton, valamely fényhullám energiájának nagysága pedig ennek egészszámu többszöröse. Ez azt jelenti, hogy valamely fénysugár energiája egyesleges érték, kétféle fénysugárnak nem lehet azonos energiatarományja.

Korszerű formájában a részecskék viselkedését és kölcsönhatásait különböző erőmezőkben a részecskefizika és a viszonylagosság (relativity) elveinek együttesével magyarázó elmélet. Két formája a részecses elektrodinamika és a részecses elektromágnesesség.

részecskefizika *quantum physics, quantum mechanics* az anyagnak és az elektromágneses sugárzásnak (fény, röntgensugár és gamma-sugár) az atomok és a részecskék (elektronok, protonok, kvarkok stb.) szintjén való megértésével, törvényszerűségeivel foglalkozó tudomány. Magában foglalja az atomok, a részecskék és az elektromágneses sugárzás kölcsönhatásait.

Ebben számos olyan fizikai sajátossággal találkozunk, amely a hagyományos fizika szerint nem értelmezhető, sőt nem is elképzelhető (perdület [spin]) és még egymásnak ellentmondó is, de mérhető. Emberi tulajdonság, hogy az egymásnak ellentmondó dolgokat nem tekintjük valósnak, például valami vagy szögletes, vagy henger alakú, a kettő együtt nem lehet. A valóságban a részecskék szintjén mégis lehet, csak elképzelni nem tudjuk.

A részecskefizika alapja az atom bomlásának felfedezése volt, amikor kiderült, hogy az atom sem bonthatatlan, hanem részecskékből áll, ezeket a töltésükből adódó vonzás tartja össze. Majd a XIX. század elején folytatódott azzal a felismeréssel, hogy az anyag és az elektromágneses sugárzás részecske és hullám is lehet. Előtte az anyagot részecskékből állónak, a sugárzást pedig hullámnak vélték. A kettős természet mindkettőre igazolódott, tudósok sora (Thomas Young, Augustin-Jean Fresnel, Max Planck, Niels Bohr, Erwin Schrödinger stb.) bizonyította. A fizikának ez az ága korunk és a jövő tudománya, a természet részecsszinten való feltárása.

elektronrészecsszám* *electron quantum number* az elektron energiáját kifejező számértékek. Négyféle van. Csak egész- vagy félegészszám lehet. Gyakran betűkkel jelöljük.

- **főszám** *principial quantum number*, jele: n az elektronnak az elektronhéj szerinti energiaszintjét jelölő szám. Az elektronhéj száma; a Bohr-féle atomelmélet energiaszintjét jelölő sorszám: $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ vagy 7 (nem lehet 0 vagy negatív). Minél nagyobb az elektron n értéke, annál távolabb van az atommagtól – tehát a magtól távolabb elektronok n értéke a nagyobb. Az $n = 1$ az az energia, amely az elektronnak a H atomból való eltávolításához szükséges; értéke: ~ 13 eV. Az $n = 2, 3, \dots$ gerjesztett állapot. (\rightarrow Bohr-féle atomelmélet, elektronburok)
- **mellék szám** *perdületszám**, *alhéjenergia** (angular momentum quantum number; jele: l [az l -gyel való összetévesztés miatt írható L -l-lel is]) az elektronhéjakra vonatkozik, az elektronpálya egybevágóságát írja le. Az l értéke a főszámától (n) függ; nem lehet nagyobb, mint $n-1$ ($0, 1, 2, 3, \dots, n-1$); például ha $n = 3$, az l lehet $0, 1$ vagy 2 ($2 = 3-1$). Az l értékeit az alhéjak betűivel (s, p, d, f) adjuk meg: az $l = 0$ az s -alhéjnak, az $l = 1$ a p -alhéjnak, az $l = 2$ a d -alhéjnak, az $l = 3$ pedig az f -alhéjnak felel meg. (\rightarrow elektronburok)
- **mágnességi részecsszám*** (magnetic quantum number) az elektronhelyeket adja meg az alhéj energiatarományában. Jele: m_l . Értéke a perdületszám (l) függvénye $= -l \rightarrow l$. Ha $l = 0$, az m_l is 0 – ez felel meg a s -alhéj egyetlen elektronhelyének. Ha $l = 1$, az m_l lehet $-1, 0, 1$ – megfelel a p -alhéj elektronhelyeinek; ha $l = 2$, az m_l lehet $-2, -1, 0, 1, 2$ (a d -alhéj elektronhelyei); ha $l = 3$, az m_l lehet $-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$ – megfelelően az f -alhéj hét elektronhelyének. (\rightarrow elektronburok)
- **sajátperdületszám*** (spin quantum number) az elektron sajátperdületi állapotát jelöli. Értéke kétféle: $+1/2$ (spin up) vagy $-1/2$ (spin down).

Két elektronnak egy atomban nem lehet ugyanaz a négy részecsszáma, a Pauli-féle kizárási elvből adódóan. Azaz a részecsszámokkal minden egyes elektron leírható.

- Fizikai szakszóként a *diszkrét* szó jelentése: elkülönült, egyedi. Mondhatnánk is magyarul *egyedinek*, de az egyed inkább élőlényre (személyre, állatra, növényre) vonatkozik, nem nagyon társítjuk részecskével (Az *egyedség* a *phenotype* magyar megfelelője). Az *egyedül* jelző sem találó, miként az *elkülönült* sem, mert az túl általános.

A *diszkrét* szó a fizikában olyan egyedülálló valamit ír le, amelynek nincs párja, ezért *egyedileg* fordítható. Zavaró a *diszkrét* szó használatában az is, hogy a köznyelvben is elterjedt egészen más értelemben; tapintatos, figyelmes stb. jelentéssel.

discrete (diszkrét) (a tudományban) \rightarrow egyedileg

egyedileg*^{SP} *discrete* (diszkrét) valaminek egyedi meghatározott valamijére utaló jelző, például egyesleges mennyiség (*discrete quantum*), egyesleges egység (*discrete unit*); valamilyen fizikai sajátosságra (energia, töltés stb.) vonatkoztatva.

- A *particle* részecskét jelent, amelyet az atomra (atomic particle) és az atom összetevőire (subatomic particle) is vonatkoztatnak. Ezt célszerű különválasztani: a *részecske* csak az atom összetevőit jelenti, az atomot pedig az *atom* szóval jelöljük. A kettő vegyítése zavaró.

részecske *subatomic particle* az atom összetevője, például proton, neutron, elektron stb. Az atom részecskékből épül fel. A részecskék állandóan, nagy sebességgel és rendezetlenül mozognak, vonzzák és taszítják egymást, rugalmasan ütköznek egymással. Minden részecske egyben hullám is. A meghatározás szerint az atom már nem részecske, miként az ion és a molekula sem. A részecske tehát csak az atom valamelyik alkotóeleme.

A részecskék töltésükkel és tömegükkel jellemezhetők, többségük még a perdülettel (spin) is. A részecskék tömegét, miként az atomokét, viszonyított tömegként adjuk meg. Például a neutron és a proton tömege nagyjából azonos, és 1 -nek felel meg; azaz nagyjából azonos az atomi tömegegységgel. (\rightarrow atom tömeg, atomtömeg)

A részecskéket két csoportra oszthatjuk: a tovább bontható részecskékre (*composite particle*), például proton, neutron, mezon, és azokra, amelyek már nem bonthatók (kvark, elektron, müon, neutrino, tau, tau neutrino, foton, gluon, mezon, pion, Higgs-bozon, W-bozon, Z-bozon, graviton). Az utóbbiak az *elemi részecskék* (*elementary particles*).

ellenrészecske *antiparticle* olyan részecske, amely az atom valamely részecskéjével teljesen egyező, csak a töltése ellentétes. Például a *pozitron* az *elektron* ellenrészecskéje; az elektronnal tökéletesen azonos, csak a töltése más.

A *particle* szóval alkotott szakkifejezések magyar megfelelői:

particle ▪ *antiparticle* *ellenrészecske* (\rightarrow részecske) ▪ *composite particle* *nem bontható részecske* (\rightarrow részecske) ▪ *elementary particle* *elemi részecske* (\rightarrow részecske) ▪ *particle physics* \rightarrow részecskefizika ▪ *subatomic particle* \rightarrow részecske

- A *spin* a részecskék sajátlagos mozgása, *sajátperdület*nek nevezzük.

sajátperdület *spin, spin angular momentum* részecsketulajdonosság, testfizikailag nem értelmezhető mozgás. A sajátperdület következtében a részecske kétsarkú (kis áramhurokhoz hasonló) mágneses teret hoz létre (spin magnetic dipole moment); ezt nevezzük *mágnesességnek*. Ebben a mágneses erővonalak iránya

a sajátperdület irányától függ: ha a forgás ellentétes az óramutató járásával, az erővonalak felfelé, ha azonos, lefelé mutatnak. Ez az oka annak, hogy a részecske másként viselkedik a mágneses térben, mint a szabadon mozgó mágnes, amely mindig a mágneses tér erővonalainak irányába (az Északi-sark felé) tekint. A részecske, függően a sajátperdületének irányától, a mágnes egyik vagy másik sarka felé irányul, tehát az erővonalakkal egyező vagy ellentétes irányban. A keletkező mágneses tér nagyságát a $\mu_s = -g \times \mu_B \times m_s$ képlettel számoljuk ki. A g (g -faktor) = 2,0023, μ_B a Bohr-magneton (állandó), m_s a részecske sajátperdületének értékszámja (m a tömeg).

A sajátperdület a részecskének ugyanolyan jellemző tulajdonsága, mint a tömege és a töltése. Ennek alapján a részecskéket két csoportba soroljuk, megkülönböztetve a félegész (1/2, 3/2, 5/2...) és az egész (0, 1, 2, ...) számú sajátperdületű részecskék csoportját. Az előbbieket a fermionok, az utóbbiakat a bozonok. A sajátperdület száma (sajátperdületszám*, spin angular number) részecsszám (quantum number), amely lehet pozitív vagy negatív előjelű; az óramutató járásával egyező forgású a negatív előjelű; ebben a mágneses erővonalak felfelé mutatnak.

Megjegyzés. A sajátperdület azonos a nemzetközi spin fogalmával. Spinnek nevezve körülményesebb a meghatározása, mert a spin elnevezés Stern és Gerlachtól származik. Ők a részecskéknél azt a tulajdonságát nevezték spinnek, hogy kétsarkú mágneses teret hoznak létre; ennek értelmében a spin a részecske sajátos *kétsarkú mágneses irányultsága*. A valóságban azonban a spin valamiféle mozgás, a mágneses tér ennek a következménye. A magyar nevezet használatával ez is áthidalható.

félegész szám ½-re végződő szám; a páratlan számok fele. A számítástani képlete $n + \frac{1}{2}$, az n az egészszám, például 1½, 3½ stb.

A JAVASOLT NEVEZETEK ALKALMAZHATÓSÁGA

„A puding próbája az evés.” Így van ez a magyartításoknál is. A magyar nevezetek akkor megfelelőek, ha egyszerűen alkalmazhatók a magyar mondatokban, a magyar szövegezésben. A fenti nevezetekből és az alábbi példából kiderül, hogy a javasolt nevezetek megfelelőek; használatukkal egyszerűen és világosabban fogalmazhatunk, mint az idegekkel.

■ „Stern és Gerlach az atomok elektronoktól származó mágneses momentumát vizsgálta oly módon, hogy atomokból álló részecskenyalábot mágneses téren vezetett keresztül. Inhomogén térben a mágneses momentumokra erő hat, ezért az atomok eltérülnek eredeti mozgásirányuktól. Az atomok eltérüléséből, valamint a mágneses tér inhomogenitásának mértékéből az atomok mágneses momentuma meghatározható. A kísérlet azonban nem csak erre alkalmas! Eldönthető belőle az is, hogy valóban fennáll-e az elektron impulzusmomentumának a Schrödinger-egyenlet megoldásából adódó iránykvantáltsága. Amennyiben az impulzusmomentum és a vele együtt járó mágneses momentum iránya nem lenne kvantált, úgy az atomok mágneses momentumának iránya tetszőleges lehetne a külső

tér irányához képest, és ezért az eltérített részecskék folytonos eloszlásban csapódnának az ernyőre. Azonban, ha az iránykvantáltság fennáll, akkor az eltérített atomok csak néhány jól elkülönülő foltban érik az ernyőt. A Stern–Gerlach-kísérlet meggyőzően bizonyítja az impulzusmomentum iránykvantáltságát.” (1051 leütés)

Stern és Gerlach az atomok elektronjainak mágneses teret létrehozó képességét vizsgálta... A mágneses teret létrehozó képesség jóval hosszabb, mint a mágneses momentum, ami nem szerencsés. Ám rövidíthető a mágnesesteresség szóval: az elektronok mágnesesterességét (vizsgálta).

„Inhomogén (egyenetlen) térben a mágneses momentumokra erő hat...”, nem a mágneses momentumokra hat az erő, hanem az elektronokra, ezért megváltozik az általuk keltett mágneses tér irányultsága, és az atomok eltérülnek eredeti mozgásirányuktól. (Jó példa ez arra, hogy az idegen kifejezés hozza a szövegvonzását, könnyen keletkezik pontatlan írás.)

„Az atomok eltérüléséből, valamint a mágneses tér inhomogenitásának mértékéből az atomok mágneses momentuma meghatározható”, inhomogenitásának = egyenletlenségének; az atomok mágneses momentuma = az atomok mágnessége.

„...valóban fennáll-e az elektron impulzusmomentumának a Schrödinger-egyenlet megoldásából adódó iránykvantáltsága.” Az iránykvantáltság szó túlmenően öszvér mivoltán, azért is helytelen, mert (szokványosan fogalmazva) a kvantum diszkrét mennyiség, amely megmáshíthatatlan, nem irányítható. A kvantumok eloszlása a rendszerben irányított. Az eredeti bekezdés folytatásában, ebből adódóan, sok a zavarosság, például az „...impulzusmomentum és a vele együtt járó mágneses momentum iránya nem lenne kvantált” egyiknek az iránya sem mennyiségésített (kvantált). Itt arról van szó, hogy az atomnyalábot, amikor áthalad a mágneses téren, külső erőhatás éri, ezért az atomok áramlása elterelődik. Ennek oka az elektronok sajátperdületét következtében létrejövő mágnesség. Ez is jól mutatja az idegen szakfogalmak tükörfordítás szerinti átvételének veszélyeit.

Javasolt változat:

Stern és Gerlach az atomoknak az elektronoktól származó mágnesesterességét vizsgálta oly módon, hogy atomokból álló részecskenyalábot mágneses téren vezetett keresztül. Egyenetlen térben az elektronokra erő hat, megváltoztatva a mágneses terüket, ezért az atomok eltérnek eredeti mozgásirányuktól. Az atomok eltéréseiből és a mágneses tér egyenletlenségének mértékéből meghatározható az atomok mágnesesteressége.

A kísérletből azonban még az is kiderül, hogy az elektron sajátperdületét a Schrödinger-egyenlet szerint irányított. Ha nem lenne irányított, az atomok mágneses tere tetszőleges lenne a külső tér irányához képest, és ezért az eltérített részecskék folytonos eloszlásban csapódnának az ernyőre, nem pedig jól elkülönült foltokban – miként a vizsgálatban látható volt. A Stern–Gerlach-kísérlet tehát meggyőzően bizonyította, hogy az elektronok mágnesesteressége irányítottá válik. (879 leütés)

IMPULZUS, MOMENTUM, IMPULZUSMOMENTUM ÉS KAPCSOLÓDÓ FOGALMAK

SULINET:

Az impulzus (lendület). Egy test tömegének és sebességének szorzatával meghatározott fizikai mennyiséget a test impulzusának, más néven lendületének nevezzük. Az impulzus vektormennyiség, iránya megegyezik a sebesség irányával. Az impulzus jele: I . SI mértékegysége: $\text{kgm/s} = m \times v$.

Idegen szavak szótára (4):

fiz. az impulzus mozgásmennyiség, lendület, valamely fizikai test tömegének és sebességének a szorzata, a testek mozgásállapotát jellemző adat.

EFerrit.com:

A momentum egy származtatott mennyiség, amelyet a tömeg, m (skaláris mennyiség) szorzó, v (vektor mennyisége) szorzásával számíthatnak ki. Ez azt jelenti, hogy a lendületnek van egy iránya, és az irány mindig ugyanaz, mint az objektum mozgásának sebessége. A lendületet ábrázoló változó p . A lendület kiszámításához használt egyenlet az alábbi. A momentum egyenlete: $p = m v$. A lendület SI egysége kilogramm \times méter másodpercenként, vagy $\text{kg} \times \text{m/s}$.

Idegen szavak szótára (4):

momentum: 1. a mozgás mint immanens erő, önmaga mozgása
2. a mozgás időtartama 3. *fiz.* nyomaték.

Mértékegység-lexikon (2).

momentum: \rightarrow erőnyomaték, \rightarrow perdület, \rightarrow elektromos dipolmomentum, \rightarrow mágneses dipolmomentum, \rightarrow elektromágneses dipolmomentum.

erőnyomaték: jele: M , a csavarnyomaték jele: T , a hajlítónyomaték jele: M . $M = f \times l = \text{erő} \times \text{hosszúság}$.

tehetetlenségi nyomaték: Jele: $J = m \times l^2 = \text{tömeg} \times (\text{hosszúság})^2$.

erőlökés: erőimpulzus = $F \times i = \text{erő} \times \text{idő}$.

perdület Jele: L (régí neve impulzusnyomaték) $L = r \times p = \text{hosszúság} \times \text{mozgásmennyiség}$

Wikipédia:

Lineáris mozgási momentum, azaz a lendület
Anguláris mozgási momentum (vagy forgási momentum), azaz a perdület
Mágneses momentum
Elektromos momentum

The Physics Hypertextbook (<https://physics.info/momentum/summary.shtml>) meghatározása:

Impulse:

is a quantity that describes the effect of a net force acting on an object (a kind of "moving force").

is represented by the symbol **J** (boldface).

is the product of the average net force acting on an object and its duration. $J = F\Delta t$

is the force-time integral.

is a vector quantity (since force is a vector and time is a scalar).

impulse a nemzetközi szóhasználatban az erőre vonatkozó kifejezés; a mozgásmennyiségben (momentum) beálló változás (change in momentum). (\rightarrow erőlökés)

Momentum (more specifically **linear momentum** or **translational momentum**) is the product of the mass and velocity of an object. It is a vector quantity, possessing a magnitude and a direction. If m is an object's mass and v is its velocity (also a vector quantity), then the object's momentum p (from Latin *pellere* 'push, drive') is: $p = m \times v$. In the International System of Units (SI), the unit of measurement of momentum is the kilogram metre per second ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$), which is equivalent to the newton-second.

In physics, a **moment** is a mathematical expression involving the product of a distance and physical quantity. Moments are usually defined with respect to a fixed reference point and refer to physical quantities located some distance from the reference point.

A *nyomaték* szóval a fizikában általában forgatónyomaték formájában találkozunk.

Wikipédia:

A **perdület**, más néven impulzusnyomaték vagy impulzusmomentum a klasszikus fizikában egy test forgási mozgásállapotát jellemző vektormennyiség. Jele: N , mértékegysége a $\text{kg} \times \text{m}^2/\text{s}$, vagy az ezzel ekvivalens $N \times m \times s$. Jele a IUPAC dokumentumaiban L .

Világlexikon (vilaglex.hu):

impulzusnyomaték (perdület, impulzusmomentum), Forgómozgást jellemző vektormennyiség, Jele: N

Mértékegysége kgm^2/s . $N = Q \times w$ A tehetetlenségi nyomaték és a szögsebesség szorzata.

Az impulzusnyomaték változásának sebessége egyenlő a forgatónyomatékkal.

Az impulzusmomentum kvantumelmélete szoros kapcsolatban van a rotációs csoporttal.

Fontos alkalmazásai vannak a kéttomos molekulák atomjainak elektronszerkezetében, és a molekulák rotációs spektroszkópiájában. Az elektronspin az impulzusmomentum egy fajtája.

SULINET:

Perdület (impulzusnyomaték). A merev test tehetetlenségi nyomatékának és szögsebességének szorzata a test perdülete. Jele: N .

Wikiszótár:

(*fizika*) A perdület, szögmomentum (más néven anguláris mozgási momentum vagy forgási momentum, impulzusnyomaték, impulzusmomentum), vagy ritkán forgásmennyiség, általában véve egy test azon törekvése, hogy fenntartsa forgómozgásának állapotát. Mértéke arányos a tehetetlenségi nyomatékkal és a szögsebességgel.

A fentiek szerint a *momentum* tehát valaminek a létrehozása. Például mágneses momentum a mágneses tér létrehozása; spin magnetic dipole moment kétsarkú mágneses tér létrehozása a spin által, azaz a részecske sajátperdülete által.

A példák jól látható, hogy a kérdéses idegen szakkifejezéseknek nincs egységes magyar megfelelője, a magyar elnevezéseket átfedésekkel használják, például lendület a momentum és az impulzus szavaknál is szerepel. Az is látszik, hogy egy-egy nevezetnek sokféle rokon értelmű szavát is használják. Valamint, hogy a fizikában gyakori a fogalmak képletekkel való meghatározása, például a tehetetlenségi nyomaték Fodor György könyvében (2).

A fizika tárgykörében az impulzus és a momentum rendkívül sok nevezetben fordul elő. Például a *Magyar fizikai helyesírási szótárban* (mta.hu) az impulzusnál a következők találhatók:

impulzus (<i>p</i>)	impulzuslevágás
impulzusadó	impulzuslézer
impulzusalak-tartás	impulzusmegmaradás
impulzusamplitúdó	impulzuszó
impulzusamplitúdó-idő konverter	impulzuszó
impulzusamplitúdó-korlátozás	impulzusmoduláció
impulzusamplitúdó-moduláció	impulzusmodulátor
impulzusáram	impulzusmomentum (<i>L, J</i>)
impulzusátfedés	impulzusmomentum-operátor
impulzusátlapolás	impulzusmomentum-vektor
impulzusátmenet	impulzus-neutronforrás
impulzusátviteli fluxus	impulzusnyomaték (<i>L, J</i>)
impulzuscsúcs	impulzusoperátor (<i>p, p</i> kalap)
impulzusegyenlet	impulzusos gyújtás
impulzuselőállítás	impulzusos túlgerjesztés
impulzuserősítő	impulzusoszillátor
impulzuserősítő átvívó	impulzuspár
impulzuserősség	impulzusperiódus
impulzuszázis-moduláció	impulzusreaktor
impulzusformálás	impulzusregisztráló
impulzusformáló áramkör	impulzusreprezentáció
impulzusformáló erősítő	impulzus-sávszélesség
impulzusfrekvencia-moduláció	impulzussorozat
impulzusfüggvény	impulzusspektrum
impulzusgenerátor	impulzusszám
impulzusgörbe	impulzusszámláló
impulzushossz	impulzusszám-leosztó
impulzus-időtartam	impulzusszám-leosztó kör
impulzusintegrál	impulzusszélesség
impulzusiró	impulzusszélesség-moduláció
impulzusismétlő	impulzusszélesség-szabályozás
impulzusismétlődés	impulzusteljesítmény
impulzusjavító	impulzustétel
impulzusjel	impulzustorzítás
impulzus-katódemisszió	impulzustranszformátor
impulzuskeltés	impulzustúllövés
impulzuskeverés	impulzusüzem
impulzuskezdés	impulzusüzemű lézer
impulzuskorlátozó ellenállás	impulzusüzemű reaktor
impulzuskövetési frekvencia	impulzusvezeték

A momentum, az impulzus és ezek származékai leginkább a mozgással kapcsolt idegen elnevezések, de az erővel és a töltéssel kapcsolatban is előfordulnak.

A MOZGÁSSAL KAPCSOLATOS FIZIKAI FOGALMAK MAGYARUL

mozgás a részecskefizikában az anyag tulajdonsága: az anyag folyvást mozog, ezért tökéletes nyugalmi állapot nincs. A hagyományos fizikában a mozgás a test helyzetének vagy irányultságának megváltozása az idő függvényében.

A test helyzetének megváltozása, másik testhez viszonyított elmozdulás. A mozgás tehát viszonyított; valamilyen viszonyítási rendszerhez (frame of reference), általában a Földhöz viszonyítunk.

A viszonylatosság elve szerint nincs viszonyítási rendszer nélküli mozgás, az csak másik testhez, ponthoz viszonyítva valósulhat meg. A mozgás iránymennyiség, amelyet az alábbi mutatókkal fejezünk ki:

- **Út (distance)** a test által megtett távolság. Azt a vonalat, amelyen a test mozog, *pályának* nevezzük. Az út a pályának a vizsgált része. Az *elmozdulás* az út kezdő és végpontját összekötő legrövidebb szakasz. Ha a test a kezdőpontjára tér vissza, az elmozdulás nulla, ha egyenesen halad, az út és az elmozdulás hossza egyenlő. Az út jele: *s*; egysége a méter (*m*).
- **Idő (time)**. A mozgás időtartama. Jele: *t*; egysége másodperc (*s*).
- **Sebesség (velocity)**. A helyzetváltoztatás mértéke: a test időegység alatt megtett útja. Jele: *v*; egysége: m/s (méter/másodperc – 1 m/s = 3,6 km/h). Megkülönböztetünk pillanatnyi (a test sebessége az adott pillanatban) és átlagsebességet (az összes út és az összes idő hányadosa). Továbbá kezdeti (initial, *i*) sebességet (jele: v_i vagy v_1) és vég- (final, *f*) sebességet (jele: v_f vagy v_2).

Megjegyzés. A sebességet nemcsak fizikai mozgásra vonatkoztatjuk, hanem folyamatra is. Ilyenkor is az időegység alatti történés mennyiségét fejezzük ki (vegyületek kapcsolódásának a sebessége [reakciósebesség], adatátviteli sebesség, az égés terjedésének sebessége [égésssebesség] stb.).

- **Gyorsulás (acceleration)**. Iránymennyiség: a test időegység alatti sebességváltozásának mértékét adja meg. Jele: *a*, mely = v/t – sebesség/idő. Mértékegysége: m/s^2 . Úgy számoljuk ki, hogy a végsebességből kivonjuk a kezdeti sebességet és osztjuk az idővel: $(v_2 - v_1)/t$. Ha a sebesség és a gyorsulás is egyirányú, növekszik a test sebessége, ha a gyorsulás ellentétes, akkor csökken.

mozgásállapot a hagyományos fizikában a test helyzetének változása egy vonatkozási rendszeren belül az idő viszonylatában. A viszonylatosság elve szerint nincs vonatkozási rendszer (frame of reference) nélküli mozgásállapot; a test másik testhez viszonyítva van mozgásállapotban.

nyugalmi állapot a hagyományos fizikában a test helyzetének változatlansága egy viszonyítási rendszeren belül az idő viszonylatában. A viszonylatosság elve szerint nincs viszonyítási rendszer nélküli nyugalmi állapot; a test másik testhez viszonyítva van nyugalmi állapotban.

egyenes irányú mozgás egy viszonyítási ponttól távolodó mozgás, a test a viszonyítási ponthoz nem tér vissza. Nevezhetjük *haladásnak*, *haladómozgásnak*. Lehet egyenes vagy görbe vonalú mozgás. A test elmozdulása, sebessége és gyorsulása is egyirányú. Ha a test egyenes irányban időegység alatt azonos utat tesz meg, egyenes vonalú egyenletes mozgásról beszélünk.

A távolodásnak megkülönböztethető két formája: a csúszás (a mozgó testnek mindig azonos pontja érintkezik a rögzített felülettel) és a gördülés (mindig más pont érintkezik a felülettel, amelyen a test gördül).

szögsebesség egységnyi idő alatt végbemenő szögváltozás. Megmutatja, hogy hány fokot ment a keringő/forgó test az időegység alatt. Jele: $\omega = \Delta\psi/\Delta t$. Mértékegysége: fok/s = 1/s.

szöggyorsulás egységnyi idő alatt végbemenő szögsebesség-változás. Jele: $\beta = \Delta\omega / \Delta t$. Mértékegysége: $\text{fok/s}^2 = 1/\text{s}^2$.

lendület *linear momentum, impulse (impulzus)* az egyenes irányban mozgó test mozgásmennyisége; a test mozgásállapotát írja le. Iránymennyiség: a test tömegének és sebességének a szorzata. Jele: I ; mértéke: tömeg \times sebesség. Mértékegysége: $\text{kg} \times \text{m/s}$. A jobbra tartó lendületet pozitívnak, a balra tartót negatívnak mondjuk. A p a jobbra haladó tömegnél $= +\text{kg} \times \text{m/s}$; a balra tartó tömegnél $= -\text{kg} \times \text{m/s}$.

Zárt rendszer lendülete állandó; a belső erők nem képesek változtatni a lendületen; ez a lendület megmaradásának törvénye. Ez azt jelenti, hogy a test lendülete csak másik test hatására változik.

A lendület gyorsulása a *lendülés*, amelyet a test belső tulajdonságai és a ráható erők határoznak meg. A lendület sebességét megváltoztató erő nagysága egyenlő a lendület időegység alatti változásával: lendület/idő.

forgás *rotation* a hagyományos fizikában valamely test tengelye vagy középpontja körüli mozgása, a forgatónyomaték hatására jön létre. A test minden pontja a forgástengely (középpont) körül mozog. A forgás nem egyenes irányú, hanem a tengellyel szöget (ω) bezáró mozgás.

Háromféle fizikai forgást különböztethetünk meg:

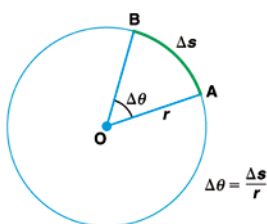
- *tengely körüli forgás* a testnek a rögzített tengelye körüli körbeforgása; a test minden pontja a tengelye (forgástengely) körüli körpályán mozog. A forgástengely irányát a jobb kéz hüvelykujja mutatja, ha az ujjakat a forgás irányába állítjuk, a hüvelykujjat 90° -ban kinyújtjuk a kézfej többi részéhez képest. A tengely irányát nyíljal jelöljük, a nyíl annál hosszabb, minél gyorsabb a forgás.
- *pontszerű forgás* a középponthez (forgáspont) rögzített test körbeforgása. Például a középponthez zsinórral erősített labda körforgása. Ez is tengely körüli forgás, csak a tengely időben változik
- *pörgettyű* a test egy pontján rögzített forgómozgás.

forgásmennyiség, avagy **perdület** a forgó test forgásának mennyisége, a test forgásállapotát jellemző iránymennyiség. A tehetetlenségi nyomaték és a szögsebesség szorzata. Jele: N , mértéke: $\theta \times \omega$. Mértékegysége: $\text{kg} \times \text{m}^2 \times 1/\text{s}$.

Zárt tér összes perdülete állandó, azaz a perdület csak külső erő hatására változik meg. Ez a perdület megmaradásának törvénye.

forgássebesség a *fordulatidővel* és a *fordulatszám*mal fejezzük ki. Egy teljes kör megtétele a fordulat (revolution). Egy fordulat megtételéhez szükséges idő a fordulatidő (*periódusidő*); jele: T . Az időegység alatti fordulatok száma a fordulatszám; jele: f ; szokásosan a percnkénti fordulatszámot adjuk meg.

forgásszög *rotational angle* az elfordulás nagysága, amely megfelel a forgó test által megtett szögfordulásnak. Jele: $\Delta\theta$; egyenlő $\Delta s / r$ (a Δs az ívhossz [a forgó test által megtett körívnek a hossza], az r a kör sugara [radius]). (Az ábrát Teleki Katalin készítette.) (\rightarrow kör)



forgástengely (tengely) a forgó testnek a mozdulatlanul maradó vonala; a test ekörül forog.

szöggyorsulás *angular acceleration* a szögsebesség időbeli változásának a gyorsasága. Jele: β , mértéke: $\Delta\omega / \Delta t$ (a $\Delta\omega$ a szögsebesség megváltozása, a Δt a megváltozás időtartama). Mértékegysége: $1/\text{s}^2$.

szögsebesség *angular/rotational velocity* a szögelfordulás időbeli változási sebessége. Jele: ω ; mértéke: $\Delta\theta / \Delta t$ (a $\Delta\theta$ a **forgásszög változása**, a Δt a **változás időtartama**). Mértékegysége: $1/\text{s}$.

forgatónyomaték *torque* (moment, moment of force) a testre ható erőnek a forgatóképességét kifejező iránymennyisége, a forgástengely irányába mutat. Akkor jön létre, ha az erő hatásvonala nem vagy nem csak a test tengelyére (középpontjára) irányul. Például ha egy labdát elrügünk, a labda nemcsak elszáll, hanem gyakran forog a tengelye körül is. Avagy a középponthez rögzített testnek (például libikóka, zsineghez kötött labda) nem a középpontjára merőlegesen hat. Forgásba hozhatja a testet, megváltoztathatja a forgását és a forgástengelyt is.

A forgatónyomaték hatásvonalának a forgástengelytől (középponttól) mért távolsága az *erőkar*. Jele: k . SI egysége: méter. Ha az erő hatásvonala keresztezi a tengelyt, az erőkar értéke nulla.

A forgatónyomaték jele: M , ritkán τ (tau). Egyenlő az erő és az erőkar szorzatával. $M = F \times k$ (F az erő, a k az erőkar). SI-rendszerben $N \times m$ (N – newton; m – méter). Lehet pozitív és negatív előjelű: az óramutató járásával egyező a negatív. Arányos a szöggyorsulással.

körforgás, keringés *orbital angular momentum* a test körpályán való mozgása; a test egy másik test (középtömeg*) körül mozog, például a Föld keringése a Nap körül. Olyan egyenes irányú mozgás, amely minden pillanatban változtatja az irányát, vagyis a középtömeggel szöget bezáró kerületi mozgás. Ugyanolyan erő hozza létre, mint az egyenes irányú mozgást. A keringő test azért nem halad egyenes pályán, mert egy másik test nem engedi, hogy eltávolodjék, például a tömegvonzás miatt. Ha megszűnik a középtömeghez rögzítő erő, a test a körpályára érintőleges egyenes mentén elrepül.

▪ A keringő test pályája kör. A középtömegtől a keringő testhez húzott sugár a *vezérsugár*; a test elmozdulásával a vezérsugár is elfordul. Azt a körívszakaszt, amelyet a test megtesz, ívnek nevezzük. Jele: i .

▪ A keringési idő egy kör megtételéhez szükséges idő. Jele: T . Mértékegysége: s (másodperc).

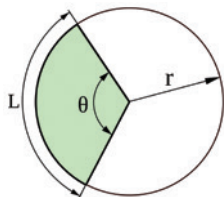
▪ A fordulatszám a keringő test által időegység alatt megtett körök száma. Jele: n . Mértékegysége: $1/\text{s}$.

Egyenletes a körforgás, ha a test egységnyi idő alatt mindig egyforma nagyságú körívet tesz meg.

középirányú erő *centripetal force* (centripetális erő) a keringő testet körpályán tartó erő, a kör középpontja felé mutat. A testre ható erők hozzák létre.

középtől erő *centrifugal force* (centrifugális erő) egy forgó rendszerben keletkező, sugárirányban kifelé mutató tehetetlenségi erő. Nagysága: $F = m \times \omega^2 \times r$ (m a tömeg, ω a szögsebesség, r a test középpontjának távolsága a forgástengelytől).

kör, körív, körvonal zárt görbével (önmagába visszatérő görbe vonal, körvonal) határolt síkalakzat, melyben a görbe minden pontja a kör középpontjától egyenlő távolságban van. A kör középpontja és kerülete közti terület a körlemez. A középpont és a körkerület távolsága a kör *sugara* (radius, r). A kör két átelleses pontját összekötő egyenes az átmérő (diameter, d), egyéb pontjait összekötő egyenes pedig a *húr*. A körív a kör kerületének (a körvonalnak) egy szakasza; nagyságát két sugár adja meg. A két sugár által közrefogott terület a kör-cikk (az ábrán a zöld terület). A kör kerülete (k) $2\pi \times r$, ahol a π valós szám, a kör kerületének és átmérőjének hányadosa $= k / d$; minden körnél azonos érték. A körív egyenesen arányos a központi szögével, minél nagyobb a szög, annál nagyobb a körív. A teljes szöghöz (360°) 2π , az egyenesszöghöz (180°) egy π ívhossz tartozik. A központi szög (jele: θ) csúcsa a kör középpontja, két befogója a kör sugara (r), az átfogója a körív (L). A kört két ponton átszelő egyenes a *szelő*. A körrel egy ponton érintkező egyenes az érintő. (Az ábrát Teleki Katalin készítette.)



A MOMENTUM ÉS AZ IMPULZUS ERŐVEL KAPCSOLATOS FOGALMA MAGYARUL

erő, erőhatás kölcsönhatás; a hagyományos fizikában két test egymásra hatása, amely alakváltozást és/vagy a test mozgásállapotának megváltozását okozza. A testek kölcsönhatásából keletkezik, a kölcsönhatás elmúlásával megszűnik. Mivel kölcsönhatás, a két test egymásra hatásakor az egyik erőhatást fejt ki a másikra, amely ugyanakkora erővel hat az előzőre; ezt nevezük ellenerőnek. A kettő nagysága tehát egyforma.

A két test érintkezési pontja a támadáspont, ez az erőátvitel helye. Azt az egyenest, amely átmegy az erő támadáspontján és egyezik az erőhatás vonalával, *hatásvonalnak* nevezzük.

Az erő iránymennyiség, az erőhatás nagyságát és irányát kifejező mennyiség. Jele: F (force) $= m \times a$ (m a tömeg, a = gyorsulás). Mértékegysége a newton (N): az az erő, amely 1 kg tömegű nyugvó testet 1 másodperc alatt 1 méter/másodperc (m/s) sebességre gyorsít. $N = (kg \times m)/s^2$.

Az erő mértékét megadhatjuk a lendületváltozás nagyságával, azaz a test mozgásmennyiségének megváltozásával is. A test lendületének változása egységnyi idő alatt arányos az erőhatással; nagyobb erőhatás nagyobb lendületváltozást okoz. $F = \Delta I / \Delta t$. (\rightarrow lendület)

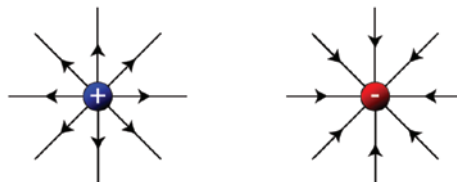
Sokféle erő van, a fontosabb fizikai erők: rugalmassági, súrlódási, tömegvonzási, nehézségi, mágneses, elektromos, ellenállási, közegellenállási erő, súlyerő stb.

erőlökés impulse (erőimpulzus) a mozgó tömeg mozgását megváltoztató erőhatás, amelyet az erő és az erőhatás időtartamának szorzatával fejezünk ki. Jele: J ; $= F \times \Delta t$ (F az erő, Δt az időtartam). Mértékegysége: $N \times s$ (N newton, s másodperc) adjuk meg. Az erőlökés és a mozgásmennyiség változása egyenlő – ez Newton második törvénye. (\rightarrow erő, Newton)

A MOMENTUM ÉS AZ IMPULZUS TÖLTÉSSEL KAPCSOLATOS FOGALMA MAGYARUL

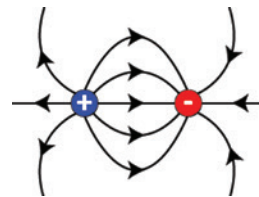
elektromos tér electric field, E-tér a fizikában az a közeg, amely a töltések egymásra hatását közvetíti. Minden elektromos töltés elektromos teret hoz létre maga körül; ez a töltéssel bíró anyag tulajdonsága. Az elektromos tér a töltéstől távolodva a távolság négyzetével fordított arányban csökken. Elektromos tér azonban a változó mágneses tér hatására is keletkezik. A nyugalmi (static) elektromos töltés által létrehozott elektromos tér a *nyugalmi elektromos tér** (static electric field).

Az elektromos teret az *elektromos erővonalakkal** (electric lines) jelöljük:

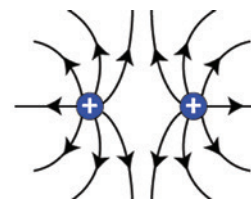


A pozitív töltés körüli elektromos vonalak távolodnak a töltéstől, a negatív töltésnél a töltés felé haladnak.

Elektron és proton között *kétsarkú elektromos tér** (dipole electric field) van. A töltések egyforma nagyságúak, a köztük lévő távolság kicsi. A tér iránytér: a negatív töltéstől a pozitív töltés felé mutat. Az elektromos vonalak (egyezményesen) a pozitívtól a negatív felé haladnak, abban végződnek. Tehát nincs olyan, amelyik a semmiben végződik, és olyan sem, amelyek önmagába tér vissza, vagyis zárt erővonal. Az erővonalak soha nem metszik egymást, ugyanis ha metszenék egymást, két irányba kellene haladniuk, az pedig lehetetlen. Úgy mondjuk, hogy a kétsarkú elektromos tér „örvénymentes” iránymező. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a pontszerű elektromos töltéseknek az erővonalak mentén kellene haladniuk.



Azonos töltéseknél a mezők nem hatnak egymásra.



Az elektromos tér (E) ereje a tér valamelyik pontján egyenlő az adott ponton lévő megfigyelési töltésre ható elektromos erő és töltés hányadosával: $E = Fe / q$ (E kifelé terjedő elektromos mező, F elektromos erő, q az elektromos teret létrehozó részecske töltése). Az elektromos erőt newtonban, a töltést coulomb-ban fejezzük ki, így az elektromos térerősség mértékegysége = newton/coulomb ($N/C = V/m$). A képletből adódik, hogy a töltésre ható elektromos erő a töltés és az elektromos térerősség szorzata.

kétsarkú elektromos testek (dipolusok) azok a testek, amelyekben a pozitív és a negatív elektromos vég elkülönül; az ellentétes töltések középpontja a rendszeren belül nem egy pontban van. Ezeknek

a testeknek kétsarkú elektromos terük van. Az elektromos térbe helyezett kétsarkú elektromos testekre forgatóerő hat, amely a testet a tér irányába igyekszik fordítani. A forgatóerő nagysága arányos a kétsarkú nyomatékkal.

A molekulák is lehetnek kétsarkúak.

kétsarkú nyomaték dipole moment (**dipolusmomentum**, **dipolusnyomaték**) a kétsarkú elektromos testek egyik sajátja: az elektromos térbe helyezett kétsarkú elektromos testek ellenállása a tér forgatóhatásával szemben. Jele: p ; mértéke: $q \times l$ (q a töltés, az l a $+q$ és a $-q$ töltések közötti távolság). Mértékegysége: coulomb \times méter, $C \times m$.

ÖSSZEGZÉS

A fenti összeállítás számos elemi iskolai szintű fogalmat is tárgyal. Joggal kérdezheti az olvasó, hogy miért szükséges ezeket is ismertetni. Korábban többször volt szó arról, hogy az orvostudományt átírjuk a molekulák szintjén. Ez elkerülhetetlenül magával hozta a részecskék bevonását az élettani és kóros történések megértésében például a fehérjék kölcsönhatásainak értelmezésében. Az orvosi értelmező szótár, pontosabban nevezettár feladata az is, hogy a történések, kóros eltérések megértéséhez szükséges kiegészítő nevezeteket is tartalmazza. Biztosíthatom az olvasót, hogy az orvostársadalom messze nagy többsége már nem emlékszik ezekre a fogalmakra, magyarázataikra.

Fogódzó: A momentum szó jelentése többé-kevésbé egyezik a nyomaték jelentésével. (\rightarrow nyomaték) Az impulzus leginkább lendületet fejez ki, vagyis mozgásmennyiséget. Használatuk teljesen felesleges; magyarul egyértelműen helyettesíthetők.

THERMODYNAMICS

Encyclopaedia Britannica:

thermodynamics, science of the relationship between heat, work, temperature, and energy. In broad terms, thermodynamics deals with the transfer of energy from one place to another and from one form to another. The key concept is that heat is a form of energy corresponding to a definite amount of mechanical work.

A hazai irodalomban többféle meghatározást olvashatunk:

László Krisztina, Grofcsik András, Kállay Mihály, Kubinyi Miklós: FIZIKAI KÉMIA I. KÉMIAI TERMODINAMIKA Egyetemi tananyag:

A termodinamika a világ egy jól körülhatárolható részének, a rendszernek és a rendszer környezetének a kölcsönhatásaival, valamint a rendszer makroszkopikus tulajdonságai közötti összefüggésekkel foglalkozó tudományág.

Wikipédia:

A termodinamika vagy magyar nevén hőtán a fizika energiaátalakulásokkal foglalkozó tudományterülete.

Zrínyi Miklós (5) írta:

„A XX. században a fizika, a kémia, a mérés-technika és az informatika olyan nagymérvű fejlődésen ment keresztül, hogy ma már lehetővé vált az életfolyamatok molekuláris szintű vizsgálata, valamint fizikai és kémiai mechanizmusok alapján történő leírása. Mindezek azt is jelentik, hogy az életfolyamatokkal foglalkozó orvosok eredményes munkájához elengedhetetlenül szükséges a fizika és a kémia speciális fejeteinek az eddigieknél sokkal mélyebb elsajátítása.

A fizika és a kémia az anyag belső felépítésével és az ettől függő molekuláris kölcsönhatásokkal foglalkozik. E két tudományos diszciplína átfedésében található a termodinamika, amely az anyagi rendszerben végbemenő változások befolyásolásának legáltalánosabb törvényszerűségeivel foglalkozik.

A termodinamika megszületésében az energia hasznosítására vonatkozó kezdeti törekvések játszottak alapvető szerepet. A gőzgép megalkotása (T. Newcomen, 1712 és J. Watt, 1763) után ugyanis fontos kérdéssé vált a hő mechanikai munkává történő átalakítása. Már ekkor megjelentek a kor tudományos színvonalán végzett kezdeti törekvések, amelyek a biológiai rendszerek hőtermelő képességének megismerését tűzték ki célul. 1781-ben Antoine Lavoisier és Pierre Simon de Laplace (francia tudósok) élő állatok (guineai malacok) életfolyamatait vizsgálták termikusan elszigetelt térben. A keletkező hőt jégtáblák megolvadásából képződő víz mennyiségéből határozták meg. Ezt összevetve az állatok kilégzéséből származó széndioxiddal, megállapították, hogy a táplálékok »lassú elégetése« termeli a hőt, valamint a széndioxidot és a vizet. Egy évszázaddal később a német orvos fiziológus, Max Rubner megismételte Lavoisier kísérleteit kutyákkal, és megállapította, hogy a hő és a kilégzett gázok a zsír és a fehérjék »égéstermékei«. Elsőként fogalmazta meg, hogy a termodinamika törvényei alkalmazhatók élő rendszer változásainak leírására. Lothar Mayer, a német hajóorvos megfigyelte, hogy a tengerészek vére a trópusokon pirosabb, mint a zordabb időjárású helyeken. Ebből arra a következtetésre jutott, hogy az életműködéshez szükséges hőt a kisebb mérvű oxidációs folyamatok helyett a magasabb hőmérsékletű trópusi környezet biztosítja. A vér színének megváltozása juttatta el őt az energiamegmaradás törvényének kezdeti megfogalmazásához.

A termodinamika szemléletmódjában, a fejlődése során a kezdetekben a hőjelenségekre vonatkozó tudományban a nevet adó fogalom, a hő (termo) fokozatosan háttérbe szorult. A termodinamika mára már az igen változatos fizikai és kémiai energetikai kölcsönhatások folytán fellépő egyensúlyok és folyamatok általános tudományává vált. Fő feladata a változások irányának, mozgató erőinek és befolyásoló tényezőinek a felderítése. Nem tesz különbséget aszerint, hogy a vizsgált rendszer az élettelen természet vagy az élővilág része. Törvényei túlmutatnak a fizikán és a kémián, általánosítható

tók nem csak a biológiai, de társadalmi, gazdasági, pénzügyi és egyéb rendszerekre is. Törvényei (főként a termodinamika első és második főtétele), korlátokat szabnak a lehetséges változásoknak. [...]

A termodinamika eszköztárát eredményesen alkalmazhatjuk biológiai rendszerekre is. Ezt megtehetjük annak ellenére, hogy igen nagy a különbség a technikai anyagok és a biológiai anyagok között. A kémiai összetételt tekintve, míg a technikai anyagokban szinte a teljes periódusos rendszer elemei előfordulnak, addig az élő anyag elemeinek döntő hányadát a szén képezi. Valamennyi elem közül az egyetlen, amelynek atomjai korlátlan számban kapcsolódhatnak közvetlenül egymással, a létrejövő molekulák stabilitásának csökkenése nélkül. Mivel a C–C kötés energiája a legnagyobb (345 kJ/mol), így ez a kötés a legstabilabb. A szénen kívül a biológiai anyagok jelentős mennyiségben tartalmaznak nitrogént, oxigént, hidrogént, kalciumot, foszfort, ként, klórt és nátriumot.

Nemcsak az összetételben van különbség, hanem a megjelenési formában is. Ipari anyagaink többnyire kemények, merevek és szárazak, a biológiai anyagok nagy többsége pedig lágy, rugalmas és nedves. Egy másik lényeges különbség, hogy az élő anyag a környezetével aktív kapcsolatban van (homeosztázis), annak változásaira gyorsan reagál. A technikában használt anyagok túlnyomó részét pedig passzív környezeti kapcsolat jellemzi. Lényeges különbség van még a termikus tulajdonságokban. Míg a technikai anyagok igen széles hőmérséklet-tartományban stabilak, addig a humán biológiai anyagok termikus stabilitása erősen korlátozódik a 0–42 °C tartományra. Leszámítva néhány extrémofil élőlényt, 0 °C alatt a szövetekben lévő víz kifagy, és a képződő jégkristályok rombolják a szöveti struktúrát. 42 °C hőmérséklet közelében a fehérjék denaturálódnak, és ezzel elvesztik biológiai funkcióikat. A biológiai anyagokat hierarchikus szerkezete, valamint önreprodukáló képessége is megkülönbözteti a technikai anyagoktól.”

A hazai szóhasználat *termodinamikának* mondja, de van magyar neve: *hőtan*. Sokan alkalmazzák is, de nem terjedt el, a *termodinamika* az általánosan használt elnevezés.

Érdeemes elgondolkozni, hogy a hőtan nevezet miért nem terjedt el. Talán azért, mert az idegen nevezetek majmolói, imádói vagyunk, a magyart alsóbbrendűnek érezzük? Félek, hogy van benne valami. Avagy talán azért, mert egyszerűen nem gondolunk arra, hogy a magyar nevezet használata mennyire fontos.

A dinamika szó jelentése: 1. az anyag mozgásának elmélete. 2. fiz. a mechanikának a mozgásokat és azok előidézőit tárgyaló ága... (4). A Magyar Szókinctár erőtan, mozgástan szavakkal helyettesíti (3).

A dinamika tehát a mozgásra vonatkozik, és mivel a hőt a hőenergia-átadás fogalmának tekintjük, a *hőtan* megfelelőnek látszik a thermodynamics magyar megfelelőjének, megváltoztatni nem érdemes.

hőtan *thermodynamics* (**termodinamika**) a fizikának az energiaátalakulásokkal foglalkozó ága. A különböző energiformák mennyiségi összefüggéseit, az energiaegyensúlyi állapotokat vizsgálja. Nem foglalkozik az energia-kölcsönhatások módjával. Ez úgy is értelmezhető, hogy a hőtan az anyagátalakulásokkal járó energiaváltozásokat (energiaátalakulás, energiaáthelyeződés) leíró tudomány.

Alapelve: az energia változása meghatározott mennyiségű munkának felel meg. Ezért úgy is meghatározhatjuk a hőtant, hogy az energia hasznosításának (egyik formájából másikba való átalakulásának) tudománya.

hőtani fizikai mennyiségek olyan alapvető fizikai mennyiségek, amelyek jellemzik az egyensúlyi állapotban lévő energifolyamatokat (hőtani történéseket). Ezek a *hőmérséklet*, az *energia* és a *rendezettség*.

hőtani kölcsönhatások a rendszer és a környezet közötti energiacserek formái, a belső energia megváltozásával járnak. (→belső energia).

hőtani mindenség *thermodynamic universe* a tárgy és környezetének olyan kiterjedésű együttese, amelyet nem ér külső hatás; vagyis önkényesen kijelölt elszigetelt rendszer. (→rendszer és környezet)

hőtani törvények *thermodynamic laws* az energia-kölcsönhatás törvényszerűségeit írják le. Négy törvény van: az első, második, harmadik és a nulladik törvény:

- **Első törvény:** Az energia megmaradását fogalmazza meg (a világmindenség energiája állandó). Azt mondja ki, hogy egy zárt rendszer belső energiájának változása (ΔU) egyenlő a hőenergia és a munka összegével. Az energia a rendszerből ki, illetve a rendszerbe áramolhat. Ez kétféleképpen lehetséges: hőenergia átadásával és munkavégzéssel. A kettő összege állandó. Egyenlettel kifejezve: $\Delta U = Q + W$ (a Q a hőenergia átadása [= hő]; a W a munka). Ez az egyenlet a hőtan első törvénye.

Például ha a környezetből áramlik energia a rendszerbe, a rendszer belső energiája megnő, a környezet energiája azonos mértékben csökken. Az energianyeres kétféleképpen nyilvánulhat meg: a rendszer hőmérsékletének emelkedésében és munkában (a környezetnek a rendszeren végzett munkájában). Mondjuk, a környezet 100 J energia munkát végez a rendszeren, akkor a rendszer belső energiája 100 J-vel növekszik, környezeté ennyivel csökken.

Az első törvény értelmében bármilyen fizikai, vegyi, biológiai folyamatban a rendszer és környezetének energiataralma állandó, csak változik: átalakulhat egyik formájából a másikba és/vagy vándorolhat egyik helyről a másikba.

- **Második törvény:** Az energifolyamatok irányát fogalmazza meg, azt fejezi ki, hogy milyen energifolyamat nem mehet végbe önmagában (külső ráhatás nélkül). Sokféleképpen határozzák meg. Alapvetően azt mondja ki, hogy a hő soha nem terjed a hidegebb helyről a melegebbe, nem adódhat át a hidegebb testről a melegebbre, illetve egy folyamatban vagy rendszerben az energia soha nem fordítható 100 százalékban munkára (külső segítség nélkül).

Másként: A második törvény azt mondja ki, hogy ha az energiának lehetősége van, szétterjed a rendszer egészében, a nagyobb energiataralmú helyről a kisebb energiataralmúba, amíg az energia eloszlása egyensúlyba nem kerül. Ebben a rendezettség eléri tetőpontját, nincs energia munkavégzésre.

- **Harmadik törvény:** Kimondja, hogy a tökéletes 0° , amelyben minden energiamező megállna, egyetlen folyamatban, rendszerben sem érhető el. Ez azt jelenti, hogy valamiféle mozgás a hőenergia következtében mindig van. (\rightarrow tökéletes 0 fok)
- **Nulladik törvény:** Ha két rendszer hőegyensúlyi állapotban van egy harmadikkal, a két rendszer egymással is hőegyensúlyi állapotban van. Például ha az A , a B és a C rendszerből az A és a B rendszer hőegyensúlyi állapotban van a C rendszerrel, akkor az A és a B rendszer között is hőegyensúlyi állapot van. Vagyis, ha $A = B$ és $B = C$, akkor A is egyenlő C -vel ($A = C$). (\rightarrow hőegyensúly-állapot)

A *thermodynamics*, mint tudományág, a rendszer és környezet fogalmának kialakulásával kezdődött.

rendszer, környezet *system, surroundings* természettudományi fogalmak. A *rendszer* a világ (az anyagi valóság) vélt vagy valós határfelülettel elkülönített része, amelyet magunk választunk ki. Ilyen értelemben számtalan rendszer lehet, fizikai, vegyi és biológiai rendszerek sokasága. Például kémcsőben lévő folyadék, terem és tartozékai, vagy akár a Föld légköre, avagy gáz a léggömbben rendszer (a gáz eloszlásának, mozgásának és a léggömb falának a rendszere). Ami a rendszeren kívül van, az a *környezet* (*surroundings*). Vegyi rendszer például a vegyi anyagok keveréke, környezete az edényzet és minden más körülötte. Biológiai rendszer például a nyirokkerin-gés, az immunsejtek rendszere, környezete a szervezet többi része. Elemi biológiai rendszer a sejt; környezete a sejt körüli állomány.

A rendszert állapotjellemzőkkel írjuk le, mint hőmérséklet (T), nyomás (p), térfogat (V), anyagmennyiség (n) stb. Ennek alapján lehet állandó nyomású (*izobar*), állandó hőmérsékletű (*izoterm*) és állandó térfogatú (*izochor*).

A rendszer és a környezet kölcsönhatása szerint háromféle rendszert különböztetünk meg: elszigetelt, zárt és nyílt rendszert.

- Elszigetelt a rendszer, ha a határfelületén sem anyag, sem energia nem léphet át. Tehát a rendszerrel energiát sem közölhetünk, és nem is vonhatunk el.
- A zárt rendszer határfelületén energia átléphet, de anyag nem. Tehát energiát cserélhet a környezetével, például melegítjük. A zárt rendszer lehet állandó és változó térfogatú. Állandó például egy lezárt kémcső; térfogata nem változik. A dugattyús henger térfogata változik, függően a dugattyú állásától.
- A nyílt rendszer határfelületén az anyag is átléphet, nem csak az energia. Ilyen például egy folyadékot tartalmazó nyílt kémcső. Adhatunk hozzá vagy kiönthetünk belőle folyadékot. Melegítéssel pedig energiaváltozást idézünk elő. A biológiai rendszerek nyílt rendszerek.

A kölcsönhatást a rendszer fala határozza meg, például a hó szempontjából a fal lehet hőszigetelő (*adiabatikus*) – ilyen az elszigetelt rendszer fala; féligáteresztő (*szemipermeabilis*) vagy éppen hővezető.

A rendszereket csoportosíthatjuk a rendszer mérhető tulajdonságainak térbeli eloszlása szerint is:

- Egyenmű rendszer *homogeneous system* (**homogén rendszer**): mérhető tulajdonságai (állapotjellemzői) minden ponton egyformák. Például egy jól elegyített oldat – hőmérséklete, nyomása stb. minden részében azonos.

- Egyetlen rendszer *nonhomogeneous system* (**inhomogén rendszer**): mérhető tulajdonságai folyamatosan, lépésről lépésre változnak. Például ha egy fémdarabot melegítünk, annak hőmérséklete folyamatosan nő, nem ugrásszerűen változik.
- Egyveleg rendszer *heterogeneous system* (**heterogén rendszer**): mérhető tulajdonságai ugrásszerűen változnak. Például olvadó jég, amely az olvadása egy pontján folyadékká (víz) alakul, állapota ugrásszerűen változik. Egyveleg, mert szilárd és folyékony összetevői is vannak.

rendszerállapot* *system state, thermodynamic state* a rendszer mérhető fizikai tulajdonságainak összessége egy adott pillanatban. Függetlenül attól, hogy az állapot miként alakult ki.

rendszer egyensúly* *system equilibrium* a rendszert alkotó részecskék egyenletes eloszlása. Az állapotváltozók egyike sem változik.

A *hőtan* mindent rendszerekkel ír le, ezeket veti össze, és vizsgálja a rendszer és a környezete viszonyát. Törvényeket fogalmazott meg.

fizikai rendszer, környezet *system, surroundings* a fizikai test vagy részecske egymással – fizikai törvényszerűségek alapján – összetartozó elemeinek az összessége, amely elkülönül a körülötte lévőktől, például gáz a léggömbben. A körülötte lévők a *környezet* (*surroundings*). A rendszer és a környezete között tömeg- és energiaáramlás lehetséges. A rendszer lehet nyitott: tömeg- és energiaáramlás is van közte és a környezet között. Elszigetelt, amikor egyik sincs és zárt, amelyből vagy amelybe tömegáramlás nincs, de energiaáramlás van. (\rightarrow rendszer, környezet)

rendszerállapot* *system state* a rendszer tulajdonságai egy adott pillanatban, függetlenül attól, hogy miként alakult ki.

rendszer egyensúly* a rendszert alkotó elemek egyenletesen oszlanak el.

ENTHALPY, ENTROPY

ENTHALPY

Wikipédia:

„Az **entalpia** az állandó nyomáson lejátszódó folyamatok jellemzésére bevezetett – energia dimenziójú – termodinamikai állapotfüggvény (jele H , mértékegysége J), melynek értéke a rendszer **belső energiája** plusz a rendszer nyomásának és térfogatának szorzata.”

Wikiszótár:

„Az entalpia (jele H , mértékegysége J) hasonlóan a belső energiához extenzív mennyiség, egy zárt rendszer – felépítésétől függő – összes energiátartalmát jelenti. Tartalmazza a rendszert alkotó részecskék egyenes vonalú mozgási energiáját, rezgési és forgási energiáját, az atomok és a molekulák elektronjainak energiáját és az atommagokon belüli kötési energiákat.”

Encyclopaedia Britannica:

„**enthalpy**, the sum of the internal energy and the product of the pressure and volume of a thermodynamic system. Enthalpy is an energy-like property or state function—it has the dimensions of energy (and is thus measured in units of joules or ergs), and its value is determined entirely by the temperature, pressure, and composition of the system and not by its history. In symbols, the enthalpy, H , equals the sum of the internal energy, E , and the product of the pressure, P , and volume, V , of the system: $H = E + PV$ ”

A meghatározások szerint az enthalpia a rendszer energiaszerű tulajdonsága; ezt a mértékegysége (joule) is kifejezi. Származtatott (egyenlettel meghatározott, közvetlenül nem mérhető) érték. A szakirodalom entalpia néven alkalmazza. Végeredményben valamely rendszernek az összes energiája, ezért a magyar elnevezése *teljesenergia*, *összenergia*, *egészenergia*, *energiatartalom* lehetne. Ezek általános értelmezésűek, ezért nem szerencsések. Az entalpia szakszónak az az előnye, hogy csak egyetlen fogalomra vonatkozatható. Tehát magyarul is ennek megfelelően célszerű elnevezni. Erre az *energiaösszes* szó látszik a leginkább megfelelőnek.

Az összes* nevezet a biológiában a *complex* fogalmának értelmezésében vezettem be; új szakszó, a szótárakban nem található:

összes* *complex* (komplex) a biológiában nem elektronkötésekkel összekapcsolt molekulák, leginkább fehérjék, egymást kiegészítő összeállása valaminek a megvalósítására; működési egység, például *fehérjeösszes*. A molekulák kapcsolódása különböző – általában átmeneti – kötésekkel jön létre a feladat ellátásának idejére.

Hasonlóság alapján a fizikában is alkalmazható különböző mennyiségek összeadásával létrejött olyan össz mennyiség elnevezésére, amely külön fogalomná vált, önálló nevezet. Ilyen az enthalpia, amely a belső energia, valamint a nyomás és a térfogat által létrehozott energia együttese. Egyedi jelentésben használható az entalpia helyett. Könnyen elsajátítható, félreérthetetlen.

energiaösszes* *enthalpy* (entalpia) a rendszer teljes energiája (hője), amely a belső energia és a nyomás összegének a térfogattal való szorzásával kifejezhető mennyiség, vagyis a belső energia, valamint a nyomás és a térfogat által létrehozott energia együttese. Hőtani állapotfüggvény: csak a rendszer kezdeti és végállapotától függ, érdektelen a rendszer változásának útvonala. Jele: H , egyenlő: belső energia (U) + nyomás (p) szorozva a térfogattal (V) = $U + p \times V$. Származtatott mennyiség, közvetlenül tehát nem mérhető. Mértékegysége a joule (J), egyezik a hő egységével.

A fizikai folyamatokban az energiaösszes változása a jellemző. Jele: ΔH , egyenlő $H_2 - H_1$ (H_2 a rendszer végső állapotának energiaösszese, a H_1 a kezdeti állapoté). Egyenlettel kifejezve: $\Delta H = \Delta U + \Delta(p \times V)$.

Ha a nyomás állandó (isobaric process), a $\Delta H = \Delta U + (p \times \Delta V)$. Feltételezve, hogy a külső és a belső nyomás azonos, $Q_p = \Delta U + (p \times \Delta V)$, amelyben a Q a hő, a Q_p az azonos nyomáson végbemenő hőenergia-átadás. Ebből következik, hogy $Q_p = \Delta H$. Ez azt jelenti, hogy a rendszer energiaösszesének növekedése állandó nyomáson egyenlő a rendszer által felvett hővel.

Megállapodás szerint, ha a rendszer belső energiája növekszik, a $\Delta U > 0$, ha csökken, a $\Delta U < 0$.

▪ **ENTHROPY****Magyar Katolikus Lexikon (lexikon.katolikus.hu):**

„**entrópia** (a gör. *entropé*, 'megfordulás, visszafordulás' szóból): az energia átalakulási képességét jellemző fizikai mennyiség. A termodinamika II. főtétele szerint zárt rendszer \sim -ja nem csökkenhet. Ha a zárt rendszerben lejátszódó folyamat megfordítható (reverzibilis), az \sim állandó marad. Ha a folyamat meg nem fordítható (irreverzibilis), s a természetes módon zajló folyamatok ilyenek, a rendszer \sim -ja nő. Az \sim a rendezetlenség mértéke. Az \sim növekedése a rendezetlenség fokozódása. Az \sim maximumának elérése azt jelenti, hogy beállt a teljes nyugalmi állapot, a teljes kiegyenlítetttség, a teljes szétszórtság. Ebben a rendezetlenség foka a lehető legnagyobb, a rendszerben semmiféle csoportosulás, szerveztség nem észlelhető.”

Encyclopaedia Britannica:

„**entropy**, the measure of a system's thermal energy per unit temperature that is unavailable for doing useful work. Because work is obtained from ordered molecular motion, the amount of entropy is also a measure of the molecular disorder, or randomness, of a system. The concept of entropy provides deep insight into the direction of spontaneous change for many everyday phenomena. Its introduction by the German physicist Rudolf Clausius in 1850 is a highlight of 19th-century physics.”

A meghatározások alapján az *entrópia* szakszó valamely rendszer rendezetlenségének a mértéke. Tehát nem maga a rendezetlenség, hanem annak a foka, nagysága. A két fogalmat elválasztjuk:

rendezetlenség *state of disorder of a system/substance* hőtani fogalom: az anyag/rendszer atom/molekula szintű szerkezete. Ha az atomok és/vagy molekulák közel állnak egymáshoz, erősen kötődnek, tehát rögzültek, a rendszer szerkezete rendezett, bonyolultnak mondjuk. Ha az atomok/molekulák szabadon mozognak, egymáshoz lazán kapcsolódnak, a rendszer szerkezete rendezetlen, egyszerűnek mondjuk. A legbonyolultabb a kristályok szerkezete: atomjaik/molekuláik erős kötésekkel szorosan kötődve szabályos szerkezetet alakítanak ki. Például a gyémánt, amely kis atomok szoros kötelékéből áll. A szilárd testek kevésbé rendezettek, még kevésbé a folyadékok. A gázok szerkezete rendezetlen, benne az atomok, molekulák fékezetlenül mozognak. A rendezetlen szerkezet térfogata nagyobb, mint az ugyanolyan összetételű rendezetté.

A rendezetlen szerkezet energiaigénye jóval kisebb, mint a rendezetté, ezért a rendszerek a rendezetlenség irányába változnak: a kevés energiát igénylő egyensúlyi állapot kialakítására törekcsenek.

rendezetlenségszám* *entropy* (S) (entrópia) állapotfüggvény, valamely rendszer rendezetlenségének a mértéke. Másként: a hőenergia és az egységnyi hőmérséklet hányadosával meghatározható mennyiség. Azt fejezi ki, hogy a belső energia mennyire terjed szét, vagyis a rendszer atomjainak, ionjainak, molekuláinak rendezetlenségét jelöli. Állandó körülmények között a rendezetlenségszám is állandó (ez a rendezetlenség megmaradásának törvénye).

A rendezetlenség szám jele: S , egyenlő joule (energia) / kelvin (egységnyi hőmérséklet). Mértékegysége J/K vagy $J \times \text{mol}^{-1} \times K^{-1}$. A bonyolult (rendezett) szerkezetek S -értéke kicsi, az egyszerű (rendetlen) szerkezeteké nagy.

A rendezetlenség mértékét két tényező határozza meg: az atomok/molekulák mozgása és tömege. Minél szabadabban mozognak az atomok/molekulák, illetve minél nagyobb a tömegük, annál kifejezettebb a rendezetlenség, nagyobb a rendezetlenség szám, az S -érték.

A rendezetlenség szám változásának jele a ΔS ; ha a rendezetlenség fokozódik, a $\Delta S > 0$, ha csökken, a $\Delta S < 0$. Minden természetes (fizikai, vegyi, biológiai) folyamatban a rendszer és környezetének rendezetlensége növekszik ($\Delta S > 0$). $\Delta S = \Delta S_r$ (rendszer) + ΔS_k (környezet). Ebből következik, hogy a rendszer rendezetlensége csak akkor csökkenhet, ha a környezetének rendezetlensége nagyobb mértékben növekszik; ez az energia eloszlásának (rendezetlenségének) a törvénye.

A rendezetlenség (szám) változása önmagában – a többi állapotjellemező módosulása nélkül is – befolyásolhatja a belső energia mennyiségét, munkavégzést, például hőhatásra (Q). A belső energiának a hőhatásra végzett munkáját (W) a $W_{\text{term}} = Q = T \times \Delta S$ egyenlet fejezi ki; a W_{term} a belső energiának a hőhatásra bekövetkező energiacsere változása, amely tehát egyenlő a hőmérséklet (T) és a rendezetlenség szám változásának (ΔS) szorzatával. (\rightarrow belső energia, hőhatás)

szerkezeti rendezetlenség szám *configurational entropy* a rendszer atomjainak/molekuláinak helyzetéből, nem a mozgásából adódó rendezetlenség mértéke. Az ebből származó energiaátadás (munka) nem változtatja meg a hőmérsékletet. Vagyis a rendezetlenség mértékének ez a változása állandó hőmérsékleten megy végbe; ΔS_{konfig} formájában jelöljük.

Vonatkozó nevezetek:

hő (hőmennyiség) *heat* hőmérséklet-különbségből adódó energiaátadás (a hőenergia átadása). Az energia csakis a magasabb hőmérsékletről (nagyobb energiájú részből) az alacsonyabb hőmérsékletű (kiseb energiájú rész) felé adódhat. A rendszer és a környezet között jön létre; beleértve a két test kölcsönhatásában átadott energiát is: a magasabb hőmérsékletű test ad át energiát az alacsonyabb hőmérsékletűnek. Hőtani meghatározásban: a hő energiaátadás az atomok és molekulák mozgására.

A *hő* tehát folyamatot jelöl, nem pedig tárgyi fogalmat. Hőtani állapotjellemző. Magában foglal minden olyan energiaátadást a rendszerek kölcsönhatásában, amely nem fordítódik munkára. Jele: Q ; SI-egysége a joule (J).

hőenergia *thermal energy* a rendszer atomjainak, molekuláinak mozgási energiája, beleértve az atomok energiáját is. Másként: a rendszer energiájának (belső energia) a rendszer rendezetlenségét létrehozó része; magasabb hőmérsékleten ugyanis nagyobb az atomok/molekulák mozgási energiája, következésképpen a rendszer rendezetlensége. (\rightarrow rendezetlenség) Mennyisége arányos a rendszer hőmérsékletével; a hőmérséklet emelkedésével fokozódik. Hő hatására hőenergia adódik át.

A hőenergia meghatározása a napi és a szakmai szóhasználatban is többféle. A fenti értelmezést véljük megfelelőnek; összhangban van a hővel kapcsolatos egyéb nevezetekkel.

hőátadás (hőközlés, hőterjedés) *heat transfer* a hőenergia továbbítása. A hőenergia átadásának módjával és arányával foglalkozik; nem része az egyensúlyállapot tárgyalása. Jele: $Q' = h \times A \times \Delta T$ (h a hőátadási állandó [$W / m^2 \times K$, $K = \text{kelvin}$]; A a terület, amelyben a hőátadás zajlik; a ΔT a hőátadást okozó hőmérséklet-különbség, vagyis a melegebb és a hidegebb részek közötti hőmérsékletkülönbség). A hőátadás mindig a melegebből a hidegebb rész felé történik. A hőátadásnak három formája van:

- **Hővezetés** (thermal conduction, **konduktió**). A hőátadás két test közvetlen kapcsolatában, az atomok, molekulák sorozatos ütközésével (mozgási energiájával) valósul meg. A gyorsabban mozgó (nagyobb energiájú) atom/molekula ütközik a másikkal, energiát ad át, aminek következtében a másik felgyorsul, és a következővel ütközve annak ad át energiát, a folyamat így folytatódik. A hővezetéskor az anyag nyugalomban van, csak az atomjai, molekulái ütköznek, de nem vándorolnak el.

Jele: G , egyenlő a hőáramlás (φ) és a hőmérséklet-változás (ΔT) hányadosával = $\varphi / \Delta T$. SI-egysége: *watt/kelvin* ($W/K = W \times K^{-1}$)

A hővezetés végbemehet szilárd testekben, folyadékokban és gázokban is, a szilárd testekben a legkifejezettebb: az atomok közel vannak egymáshoz, gyorsan, láncszerűen ütköznek.

Az anyagok hővezető képessége különböző, az atomok/molekulák összeállásának (az anyag szerkezetének) függvénye. A rossz hővezető anyagok (például a folyadékok, gázok) hőszigetelők. Sok szigetelőanyagban légbuborékok vannak, ezért jó hőszigetelők.

- **Hőáramlás** (thermal convection, **konvekció**) (nevezik hőáramnak is) a hőenergia szállítása tova terjedő atomokkal, molekulákkal. A molekulák áramlása jelenti a hőenergia terjedését. Másként: hőátadás folyadékáramlással, vagyis ellentétben a hővezetéssel – amelyben az anyag nyugalomban van – a hőáramlással az anyag is mozog. Például hőátadás vízben sűrűségkülönbség alapján: a meleg hatására a víz sűrűsége csökken (molekulái gyorsabban mozognak), felszáll, helyét a nagyobb sűrűségű hideg víz foglalja el. Ez is felmelegszik, felszáll és így tovább. Ez ismétlődik, amíg a folyadék egyenletesen fel nem melegszik. A molekulák felszállásából adódó hőenergia a víz felszínét képező nagyon sűrű vékony rétegben azonban vezetéssel adódik tovább.

A hőáramlás jele a φ , egyenlő a hőmennyiség (Q) és az idő (T) hányadosával = Q / T . SI-egysége a *watt* (W), egyezik a teljesítmény egységével.

hőáramlás sűrűség a hőáramlás (hőáram, φ) és a terület (A) hányadosával kifejezett mennyiség. Jele: $q = \varphi / A$. SI-egysége *watt/négyzetméter*: W/m^2 .

- **Hősugárzás** (thermal radiation, radiation heat, **radiáció**) elektromágneses sugárzással közvetített hőátadás; 0,1–100 μm hullámhosszú elektromágneses hullámok közvetítik (akár fényt is tartalmazhat), tehát nem az atomok, molekulák adják át egymásnak. Az atomok hőhatásra bekövetkező mozgása által kibocsátott elektromágneses sugárzás. A tökéletes 0 fok (0 K) felett minden testnek (bármekkora is a hőfoka) van hősugárzása; függetlenül a környezet hőmérsékletétől. Terjedéséhez nincs szükség közegre, légüres térben a legkifejezettebb, de közegben is rendkívül gyorsan terjed.

A hősugárzás kibocsátásakor (emission, **emisszió**) a belső energia alakul elektromágneses energiává; a hősugárzás elnyelésekor pedig az elektromágneses energia alakul belső energiává, az elnyelő test atomjainak mozgási energiájává.

A hősugárzás arányát (Q_{rad}) a $Q_{\text{rad}} = \varepsilon \times \sigma \times AT^4_s$ (az ε a kisu-gárzás [emissivity] mértéke, amely 0–1 között van; a σ a Stefan-Boltzmann-állandó; az AT a felszíni [$s = \text{surface}$] hőmérséklet Kelvin-fokban) egyenlet fejezi ki. A Stefan-Boltzmann-állandó ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \times W (m^2 \times K^4)$).

hőhatás hőenergiái kölcsönhatás, a hő leadásával, felvételével valósul meg. Két csoportba osztható: a hőmérséklet változásával járó és a hőmérséklet-változás nélküli hőhatásra.

A hőmérséklet emelkedésével járó hőhatás a természetes, egyúttal fokozódik a rendezetlenség is, ezért *rendezetlenségi hőhatásnak** nevezhetjük. Nagyobb lesz a rendezetlenség szám.

Nem emelkedik a hőmérséklet a halmazállapot változásában; állapotátalakulást (fázisátalakulást) okozó* hőhatásra. Például a jég hőmérséklete a hő hatására nem változik, marad 0 °C-on mindaddig, amíg a jég teljesen nem olvad vízzé; csak ezután kezd emelkedni. Ugyanígy forralásnál: a forrásban lévő víz hőmérséklete, ha elérte a 100 °C-t, nem emelkedik tovább, amíg az összes folyadék gőzzé nem alakul. A halmazállapot megváltoztatását, más szóval állapotátalakulást előidéző (hőmérséklet-emelkedést nem okozó) hőt rejtett hőnek nevezük.

hőegyensúly-állapot *thermal equilibrium* azt jelenti, hogy két rendszer között nincs hőenergia-átadás. Mivel a hőenergia mindig átadódik a melegebből a hidegebbe, hőegyensúly-állapot két rendszer között csak akkor jöhet létre, ha a két rendszer sokáig kapcsolatban van egymással, a hőmérsékletük azonos. Hasonlóan, rendszeren belül is akkor jön létre a hőegyensúly-állapot, amikor a hőmérséklet a rendszer egészében egyforma, nincs hőenergia-áramlás.

hőmérséklet (hőfok) *temperature, T* olyan fizikai mennyiség, amely meghatározza a hő áramlásának az irányát, és amely egyenlő, ha két rendszer egyensúlyi állapotban van. Az anyag/rendszer egyik állapotjellemzője; változása az anyag/rendszer belső energiájának megváltozásával jár. Hőtani értelmezésben a hőmérséklet a rendszer atomjai, molekulái mozgási energiájának átlagos mennyisége.

Értéke tudományos értelmezésben csak pozitív lehet, mert a tökéletes 0 fokhoz viszonyítjuk. A gyakorlatban azonban (a fizikában is) értékeit a víz fagyás- és forráspontjához viszonyítva adjuk meg, így lehet negatív is. A hőmérsékleti érték tehát viszonyított értékszám.

A hőmérsékletet tapintással érzékeljük, hőmérővel mérjük; Celsius-fokban (°C), Fahrenheit-fokban (°F) és kelvinben (K) fejezzük ki. Jele: T, SI-egysége a kelvin, K; értéke: °C + 273,15.

tökéletes 0 fok (0°)* *absolute zero* a leghidegebb állapot; az a hőmérséklet, amelyen a részecskéknél nincs mozgási energiájuk. Minden áll, a gázoknak sincs térfogata, mert azt a részecskék mozgása hozza létre. A tökéletes 0 fok nem hozható létre, csak megközelíthető. A tökéletes 0° = -273,15 °C vagy -459,67 °F, illetve 0 K (kelvin). (→hőtan)

átváltási hőmérséklet* *critical temperature* az anyagnak az a hőmérséklete, amely felett gázzá válik, nem cseppfolyósítható, bármekkora a nyomás. Ezen a hőmérsékleten a folyadék és a gáz sűrűsége megegyezik.

fajhő egységnyi (1 kg) tömegű anyag hőmérsékletét 1 °C fokkal növelő energia. Az anyag energiát tároló képességének a mutatója. Minél nagyobb az anyag energiátároló képessége, vagyis a fajhője, annál több hő szükséges a hőmérsékletének emeléséhez.

A fajhő jele: c ; egyenlő a hő (Q) és a tömeg, hőmérséklet-változás szorzatának hányadosával ($c = Q / m \times \Delta T$; m a tömeg, ΔT a hőmérséklet változása). Mértékegysége: kJ/kg°C.

Például a víz fajhője 4,16 kJ/kg°C; ez azt jelenti, hogy 1 kg víz hőmérsékletének 1 °C-kal való emeléséhez 4,16 kJ energia szükséges. Az emberi test fajhője 3,5 kJ/kg°C – ennek alapján (ha figyelmen kívül hagyjuk a környezeti vízvesztéseket) egy 75 kg tömegű ember test hőmérsékletének 1 fokkal való emeléséhez 245 kJ energia szükséges.

Testünk ezt az energiát a táplálékkal veszi fel. A táplálékkal felvett hő a szervezetben nem azonos hőmérsékletet hoz létre, mert a szervezet fajhőjében vannak különbségek, például a tüdő térfogati fajhője 2,24 MJ/m³C, a májé pedig 3,78 MJ/m³C.

A belső energiának a hőmérséklet változására (ΔT) bekövetkező átalakulását (ΔU_T) a $\Delta U_T = c \times m \times \Delta T$ (a c a fajhő, az m az anyag tömege) egyenlettel számoljuk ki. Vagyis a belső energia változása egyenlő a fajhő, a tömeg és a hőmérsékletváltozás szorzatával kapott mennyiséggel. Mivel a belső energia változása azonos az átadott hőmennyiséggel (Q), az átadott hőmennyiséget szintén a $Q = c \times m \times \Delta T$ képlettel adjuk meg.

mólnyi fajhő Vonatkoztathatjuk a fajhőt egységnyi anyagmennyiségre (mólra) is; ezt nevezzük mólnyi fajhőnek (rég neve: mólhő). A mólnyi fajhő 1 mólnyi anyagmennyiség hőmérsékletét 1 °C-kal növelő hőmennyiség (energia) számértéke. Jele: c_m , mértékegysége: kJ / mol°C. A belső energiának a hőmérséklet változására (ΔT) bekövetkező mól szerinti átalakulását a $\Delta U_T = c \times m \times \Delta T$ (a c a fajhő) egyenlettel számoljuk ki. Vagyis a belső energia mólnyi változása egyenlő a fajhő, a mol és a hőmérsékletváltozás szorzatával.

térfogati fajhő 1 térfogategységnyi (m³) anyag hőmérsékletét 1 °C-kal növelő hőmennyiség (energia) számértéke; egységnyi térfogatra vonatkoztatott fajhő. Jele: c_v , mértékegysége: kJ/m³°C. A belső energiának a hőmérséklet változására (ΔT) bekövetkező térfogat szerinti átalakulását a $\Delta U_T = c \times m^3 \times \Delta T$ (a c a fajhő) egyenlettel számoljuk ki. Vagyis a belső energia térfogati változása egyenlő a fajhő, a térfogat és a hőmérsékletváltozás szorzatával. Az élettani folyamatok fizikai leírásánál rendszerint a térfogati fajhőt alkalmazzuk, például ha azt akarjuk tudni, hogy bizonyos vérátáramlás, levegőáramlás mekkora hőmérsékletváltozást idéz elő a szövetekben. A fajhő és a térfogat fajhő értéke lényegesen eltér, például a levegő egységnyi tömegre vonatkoztatott fajhője 1,0 kJ/kg°C, az egységnyi térfogatra számított pedig 1200 kJ/m³C.

égéshő az éghető anyagok elégetésekor keletkező energia mennyisége. A fizika a testek égéshőjét tárgyalja, az életfizika a szerves molekulák oxigénben történő elégetését, például a glükóz „élegetésekor” szén-dioxidra és vízre alakul. Szervezetünkben tehát az égéshő vegyfolyamatokban keletkezik, gyakran köztitermékek keletkezésén keresztül.

A tápanyagok energiataralmát a tápanyagok égéshője adja meg, amely a tápanyag 1 grammjának elégetésekor keletkező hőmennyiség.

A legjelentősebb energiaszolgáltatók a szénhidrátok, a zsírok és a fehérjék. A szénhidrátok égéshője többé-kevésbé egyforma, ezért szokásosan a glükóz égéshőjével (17,2 kJ/g) számolunk. A zsírok égéshője 39,1 kJ/g, a fehérjéké pedig 17,2 kJ/g. A tápanyagok „elégetésekor” keletkezett hő (energia) arányos az felhasznált oxigén mennyiségével, ezért az elhasznált oxigén mennyiségének ismeretében meghatározható a táplálékkal bevitt energia.

A tápanyagok bontásából („égésből”) keletkező energia adja a biológiai belső energiát. Az égéshőből keletkező energia a szervezetben molekulákban tárolódik, és szükség szerint használatba kerül. A legjelentősebb tároló az ATP. (→adenozin)

belső energia *internal energy*, U hőtani állapotfüggvény; az anyag/rendszer összetevőiben (atomok, ionok, molekulák) tárolt energia. Magában foglalja:

- az atomok energiáját,
- az atomok/molekulák haladó, forgó és rezgő mozgásából származó energiát,
- az ionok vonzása
- és a molekulák kötési (kölsönhatási) energiáját.

Az atomok energiája az elektronok (részecskék) mozgásából, helyzetéből és az atommagot összetartó energiájából tevődik össze. A molekulák kötési (kölsönhatási) energiáját szerkezeti belső energiának nevezzük.

Másként fogalmazva: a belső energia az atomok/molekulák mozgásából és állapotából összetevődő energia. Nem tartozik hozzá a testek helyzeti és mozgási energiája.

A belső energia jele: U , SI-egysége a joule (J), egyezik a hőmennyiség egységével. Összeadódó mennyiség, függ az összetevők számától; több atomot, molekulát tartalmazó anyagnak nagyobb a belső energiája. Összetett rendszerek belső energiája az alkotó rendszerek belső energiájának az összege. Folyadékok, szilárd anyagok belső energiájának zömét a kötési energia teszi ki. A gázokban a molekulák mozgási energiája a meghatározó.

A belső energia változása:

A belső energia tényleges értékét nem ismerjük, csak a változását (ΔU) tudjuk mérni. A változása a rendszer kezdeti (U_k) és végállapotú (U_v) belső energiájának a különbsége ($\Delta U = U_v - U_k$); független a változás módjától (útvonalától). Megállapodás szerint, ha a rendszer belső energiája növekszik, a $\Delta U > 0$, ha csökken, a $\Delta U < 0$. Az energia megmaradásának törvényéből következik, hogy a belső energia változása egyenlő a rendszer által felvett hő és a rendszer által végzett munka különbségével. Ez azt jelenti, hogy a felvett hőnek az a része, amelyik nem fordítódik munkára, belső energiává válik.

A belső energia változása a rendszer és a környezet közötti energiacsere következménye. Kölsönhatás csak akkor jöhet létre, ha a rendszer határfelülete átjárható az energia számára; vagyis csak a nyílt és a zárt rendszerekben. Az elszigetelt rendszer határfelületén az energia sem jut át, ezért az elszigetelt rendszer belső energiája állandó. (→rendszer és környezet) A belső energia teljes változása a kölsönhatásokból származó energiacsere összege. $\Delta U = \Sigma$ kölsönhatási energiacsere. Valamely rendszer belső energiájának változása annyi tagból áll, ahányféle kölsönhatásban a rendszer részt vesz.

A kölsönhatás formája szerint az energiacsere lehet hőhatás, testekre hatás, felületi, elektromos és mágneses hatás. Mindegyikhez tartozik kölsönhatási energia, amely csökkenti vagy növeli a belső energiát. Mindegyik formához rendelhető egy kiegyenlítő- és egy összeadódómennyiség-változás, ezek szorzata adja a kölsönhatásban végbemenő elemi energiacsere, vagyis azt a munkát, amelyet a belső energia végez. Ezt W -vel (work) jelöljük. Általános egyenlettel írva: $W_i = y_i \times \Delta x_i$ (W_i az elemi munka; y_i az elemi kiegyenlítő mennyiség; Δx_i az elemi összeadódó mennyiség változása). Ebből látható, hogy az összeadódó mennyiségek változásával együtt a belső energia is változik. Hétféle kölsönhatást ismerünk, a hozzájuk tartozó kiegyenlítő és összeadódó mennyiségek zárójelben vannak:

- vegyi kölsönhatás (vegyi energiaság, anyagmennyiség);
- testfizikai kölsönhatás (nyomás, térfogat; térfogatmunka, $W_v = p \times \Delta V$ [p a nyomás, V a térfogat]);
- határfelületi kölsönhatás (felületi feszültség, felület);
- elektrosztatikus kölsönhatás (elektromos energiaság, töltés);
- mágneses kölsönhatás (térrősség, mágneszettség);
- elektromos kölsönhatás (térrősség, polarizáció);
- hőenergiás kölsönhatás, hőhatás (hőmérséklet, rendezetlenség-szám; $W_T = T \times \Delta S$ [T a hőmérséklet, S a rendezetlenség-szám]).

Az egyes ΔW_i energiacsere útfüggvények, vagyis értékük nemcsak a rendszer kezdeti és végállapotától, hanem a végállapot kialakulásának útjától (miként került a rendszer a végállapotba) is függ. Az összeadódó mennyiségek valamelyikének változása gyakran okozza a többi, de legalább egy másik változását is. Egyetlen kivétel a rendezetlenség-szám, amely a többitől függetlenül is változhat. (→rendezetlenség-szám)

A belső energia a szervezetben sokféleképpen hasznosul (végez munkát): nagymolekulák képzése, foszfolipid hártárak (sejthárta, szervecskék hártárái stb.), sejtmozgások, szállítási folyamatok, hőképződés, elektromos energiaság gerjesztése stb. A szervezetünkben folyton végbemennek a belső energia cserefolyamatai, ezért szervezetünk belső energiája soha nincs egyensúlyi állapotban.

Megjegyzés. A kölsönhatásokban a szakmai leírásokban *potenciál* van az energiaság helyett: *vegyi potenciál*, *elektrosztatikus potenciál*.

A *potenciál* jelentése az *Idegen szavak szótárában* (2): 1. teljesítőképeség 2. fiz. elektromos potenciál.

Az *elektromos potenciál* az elektromos részecske helyzeti energiájának és a töltésmennyiségnek a hányadosa, amely az elektromos energia nagyságát fejezi ki. Tehát származtatott (egyenlettel meghatározott, nem közvetlenül mérhető) érték. Hasonlóan származtatott érték a vegyi potenciál is. Erre a fogalomra, vagyis a potenciál fizikai jelentésére, nincs magyar szakszavunk. Mivel az elektromos és a vegyi potenciál is energiaerősséget fejez ki, találó az *energiáság** szóval helyettesíteni.

energiáság* *potention* valamiben rejlő energia nagysága. Származtatott (egyenlettel meghatározott, közvetlenül nem mérhető) érték. Például →elektromos energiáság, vegyi energiáság.

Ez a példasor is jól mutatja, hogy a magyarítás is láncfolyamat, legalábbis az orvosi nyelvben, amelyben nagyon sok az idegen nevezet. Valamely szakfogalom stb. meghatározásában gyakran van idegen szakszó, szakkifejezés. Ennek a magyar megfelelőjét is meg kell találni stb.

A JAVASOLT NEVEZETEK ALKALMAZHATÓSÁGA

■ Mivel az entrópiát a hőhatás extenzív mennyiségként vezettük be, célszerű mélyebben megismerni a termikus kölcsönhatást.

Mivel a rendezetlenségszámot a hőhatás összeadó mennyiségként vezettük be, célszerű mélyebben megismerni a hőenergiái kölcsönhatást.

■ Az izoterm változáshoz tartozó entrópiaváltozást a szakirodalomban *konfigurációs entrópiának* nevezik, és *konfig* ΔS -sel jelölik.

A rendezetlenség mértékének az állandó hőmérsékleten végbemenő változása a *szerkezeti rendezetlenségszám* változása, ΔS_{konfig} formában jelöljük.

■ Az elektromos energiáság az elektromos részecske helyzeti energiájának és a töltésmennyiségnek a hányadosával kifejezett energiásmennyiség.

ZÁRSZÓ

Ez a látszólag hosszú nyúlt ismertetés valójában az orvosi fizikának is csak töredéke. Arra azonban mindenképpen elegendő, hogy bizonyítsa: a magyar nyelvű nevezetek használata és a világos fogalmazás a fizika területén is lehetséges; egyáltalán nem ördögtől való. Meg vagyok győződve arról, hogy az összeállításban előforduló magyar nevezetek meghatározások teljes értékűek, tökéletesen tudományosak. Továbbá, hogy azonnal érthetők, könnyen elsajátíthatók.

Ismétlem: tudom, hogy a megszokás nagy úr, de kevés energiával válthatunk. Nem fogom fel, hogy a *kvantum* miért jobb a *részecs* szónál; kivált, hogy a kvantum általános értelemben mennyiséget jelent, és csak a quantum physics tárgykörében van sajátos értelmezése. Megszokás! Elterjedt! Az utóbbi hetekben a fizika nevezeteivel foglalkoztam, és a *részecs* szót használtam. Nekem már megszokottabb, mint a *kvantum*. Minden új magyar szóval nyelvünk lesz gazdagabb, az idegen szakszó használatával pedig szegényedik.

IRODALOM

1. *Értelmező szótár*+ Budapest, Tinta Kiadó 2007.
2. Fodor György *Mértékegység-lexikon* Budapest, Műszaki Könyvkiadó 1994.
3. Kiss Gábor *Magyar szókincstár* Budapest, Tinta Kiadó 2000.
4. Tolcsvai Nagy Gábor *Idegen szavak szótára* Budapest, Osiris Kiadó 2007.
5. Zrínyi Miklós *Orvosi fizikai kémia. I. Biofizikai termodinamika – az energia biológiai hasznosításának tudománya* Oktatási segédanyag. Budapest, OK Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet Nanokémiai Kutatócsoport.

„A nyelv olyan, fiam, mint az asszony: elhervad, ha nem szeretik.”

Sütő András: *Anyám könnyű álmot ígér*