

Tartalom

A hullámok, a fény, a hőmérséklet és még néhány fizikai jelenség tulajdonságai.

Megjegyzés

Az itt leírt jelenségeket két részre lehet osztani. Vannak köztük specifikus jelenségek, melyek önmagukban fontosak. Ilyen a fény. Másrészt vannak az általános jelenségek, melyek több formában is megjelennek, melyek megismerésével sok különböző dolgot meg lehet érteni. Ilyenek a hullámok: sok közös van ugyanis például a víz, a hang és a fény hullámaiban. Közepesen hosszú, viszonylag elvont, de nem túl vészes téma.

Érdekes fizikai jelenségek

(Azonosító: 025; Változat: 01)

Pozíció a műben

Előszó

A világ működése

Bevezetés

Elvek

Alapok

Megismerés

Véletlenszerűség és rendezettség

Metafizika

A világ építőkövei

Anyag, energia, erők

Idő és tér

Relativitáselmélet

Kvantum világ

Érdekes fizikai jelenségek

A világ mélységei

Elvarratlan szálak

Élet

Elme

Ember

Társadalom

Egység

Program

Az ember élete

1. Fény.....	2	—
2. Hullámok.....	3	
3. Hőmérséklet.....	8	1
4. Endoterm és exoterm reakciók	9	
5. Egyebek	11	—

1. Fény

Az ebben a témában leírt jelenségeket két részre lehet osztani. Egyrészt vannak a **specifikus jelenségek**, melyek önmagukban fontosak. Ilyen a fény. Másrészt vannak az **általános jelenségek**, melyek több formában is megjelennek, melyek megismerésével sok különböző dolgot meg lehet érteni. Ilyenek a hullámok: sok közös van ugyanis például a víz, a hang és a fény hullámaiban.

A fény több más témában felbukkan.

Az 'Anyag, energia, erők' témában annak kapcsán, hogy **az elektromágnesességet fotonok közvetítik**, melyek szabad állapotukban egyúttal a fény részecskéi is.

A 'Relativitáselmélet' témának a fény az egyik főszereplője. Ott hangzik el, hogy a fényt eredetileg egy statikus dolog, az éter hullámainak tekintették, ami együtt járt volna a fény sebességének relativitásával. Kiderült, hogy nem így van: egyrészt a fénynek nincs szüksége ilyen közvetítő közegre, másrészt pedig a fény a megfigyelő mozgásától függetlenül **mindenkihez képest azonos sebességgel mozog**. Ez messzire vezetett, különösen ahhoz, hogy az energia és tömeg egymásba alakítható.

A 'Kvantum világ' témában a fény részecskéi, a **fotonok**, mint **az energia csomagjai**, kvantumai tűnnek fel, melyek energiájukat egészben szerzik és adják át, és melyek egyenként és lokálisan reagálnak az anyaggal. Ott hangzik el, hogy az, hogy egy fotonnak mekkora az energiája, az általa alkotott fény hullámhosszától függ, valamint az is, hogy a fotonoknak, akárcsak a többi „részecskének” **kettős a természetük**: mind hagyományos részecskéként, mind hullámként feltűnnek.

Itt annyit érdemes még hozzátenni, hogy **minden elektromágneses sugárzás olyan, mint a látható fény**, csak más a hullámhossza.

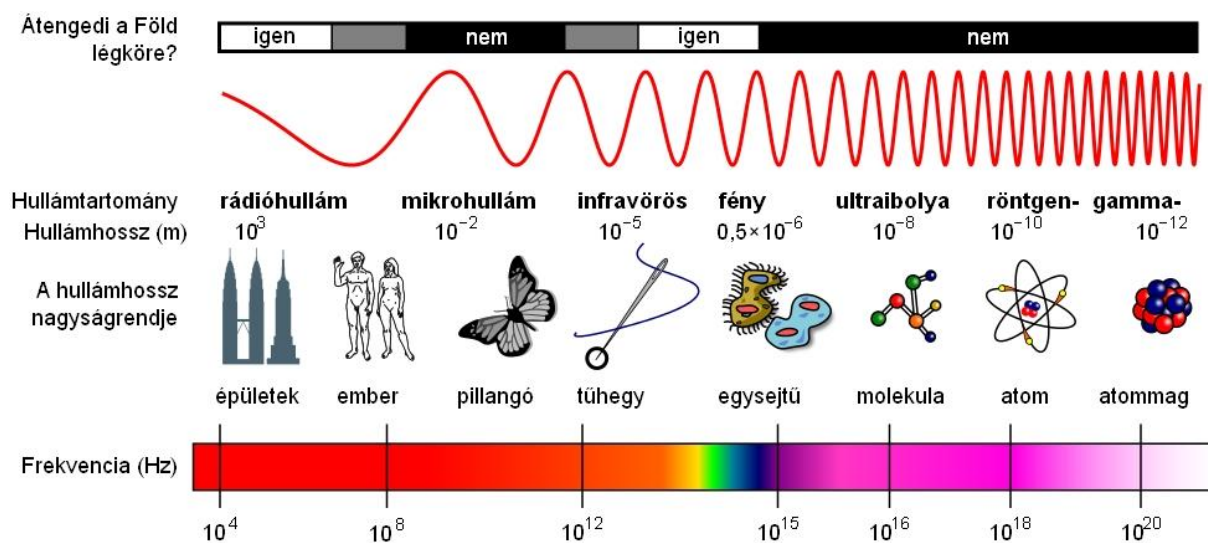
Vagyis más a színe – bár ezek olyan színek, melyeket mi emberek nem látunk. (Vannak azonban állatok melyek igen, legalábbis bizonyos tartományokat, így például a méhek látják az ultraibolya fényt is.)

Az elektromágneses sugárzásokat a szerint osztják tartományokra, hogy az adott hullámhosszú sugárzás hogyan reagál az anyaggal:

- 1) **Rádióhullámok, mikrohullám:** A szabad elektronok mozgásának befolyásolása, például a rádióantennában.
- 2) **Infravörös sugárzás:** A különféle molekulák rezgéseinek és forgásának befolyásolása, ami jellemzően felmelegíti az anyagokat.

- 3) **Látható fény:** Az elektronok ionizáció nélküli gerjesztése a molekulákban. Ez egyrészt szint kölcsönöz a különféle anyagoknak, másrészt megváltoztathatja a molekulák tulajdonságait, anélkül, hogy felbontaná őket. Utóbbi történik akkor is, amikor ez a fajta fény a szemünkbe jut, ez váltja ki az idegi jelet, ami által látunk.
- 4) **Ultraibolya, röntgen sugárzás:** Ionizáló hatás, azaz az elektronok leszakítása az atomokról, molekulákról. (A röntgen a belső elektronokat is képes leszakítani.) A kémiai kötések felbontása, a molekulák roncsolása. Ez történik, amikor a napon felégünk.
- 5) **Gamma sugárzás:** Az atommagok gerjesztése, felbontása, anyagi részecskék létrehozása.

Több esetben az említett jelenségek **fordítva is működnek**, így képesek kiváltani az adott fajta sugárzást. Például az adótoronyban mozgatott elektronok rádiósugárzást keltenek.



Az elektromágneses sugárzáson kívül **másféle sugárzások** is vannak. Így van, amikor anyagi **részecskék záporoznak** valahonnan, ahogyan a hagyományos TV-k képsővében az elektronok. De sugárzásnak nevezhető a **gravitációs sugárzás** is, amikor a téridő szerkezetének hullámai terjednek szét, amit például a gyorsan egymás körül keringő, nagy tömegű égitestek keltenek.

2. Hullámok

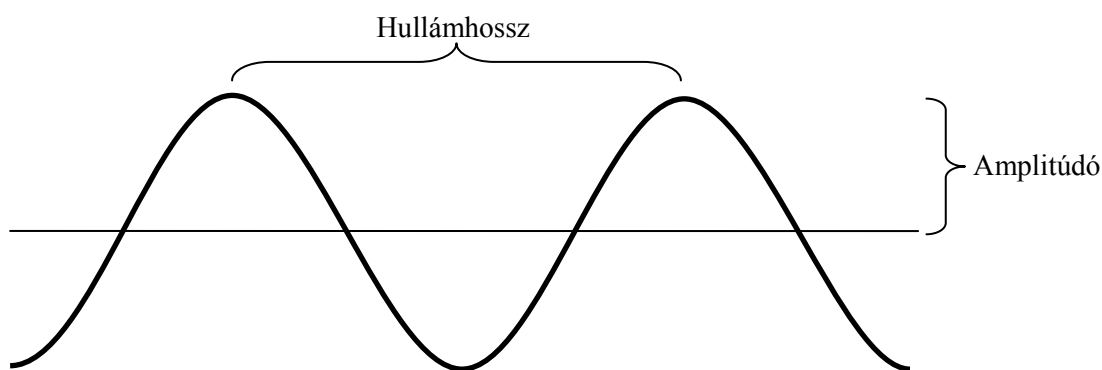
A hullám valaminek a periodikus változását jelenti térben és időben.

Azért érdemes őket külön, elvont módon tanulmányozni, mert **sok különféle dolognak vannak hullámai**. Így vannak víz-, hang-, és fényhullámok, vannak a földerengések hullámai, de a fizikai „részecskék” hullámai is, amiről a ‘Kvantum világ’ témában volt szó.

A hullám **energiát szállíthat** egyik helyről a másikra. Erre példa, ahogyan a tengeren felkorbácsolt hullámok nekicsapódnak a partnak, de az is, ahogyan a hangszálaink által keltett hanghullámok megrezegtetik a másik ember dobhártyáját. (Érdekesség, hogy az úgynevezett állóhullámok nem szállítanak energiát.)

A hullámoknak van néhány alapvető jellemzője:

- **Hullámhossz:** ez az azonos fázisú pontok közötti térbeli távolság, egy víz hullám esetén például a két hullámcsúc közötti vízszintes távolság. (A fázis azt mutatja, hogy egy ciklikus mozgás éppen hol tart.)
- **Frekvencia:** ez azt mondja meg, hogy adott idő (pl. egy másodperc) alatt hány hullám halad el egy adott helyen. Összefügg a hullámhosszal: a kettőt összeszorozva megkapjuk a hullám sebességét.
- **Amplitúdó:** ez a periodikusan változó dolog kilengéseinek nagyságát méri, általában azzal a különbséggel, mely annak átlagos és szélső értékei között van. Ez például egy víz hullám esetén a hullám legmagasabb pontja és az átlagos vízszint közötti függőleges távolság. (Az amplitúdónak van olyan változata is, ahol a legnagyobb és legkisebb érték közötti távolságot mérik.)



A hullámokat több fajtája van. Vannak...

- **Mechanikus és vákuumhullámok:** Az **előbbinél** valamilyen közvetítő közeg anyaga mozog periodikusan, mint például a víz- vagy hanghullámok esetében. Az **utóbbihoz** nem kell közvetítő közeg, ilyenek az elektromágneses hullámok, például a látható fény.
- **Longitudinális és transzverzális hullámok:** Az **előbbinél** a periodikusan változó dolog térbeli kitérése a hullám terjedési irányával párhuzamos. Ilyenek például a hanghullámok, ahol a levegő részecskéi a hangforráshoz viszonyítva előre hátra rezegnek. Az **utóbbinál** a kitérés a terjedés irányára merőleges. Ilyenek a víz hullámai, melyek fel-le mozognak, miközben oldal irányban haladnak.

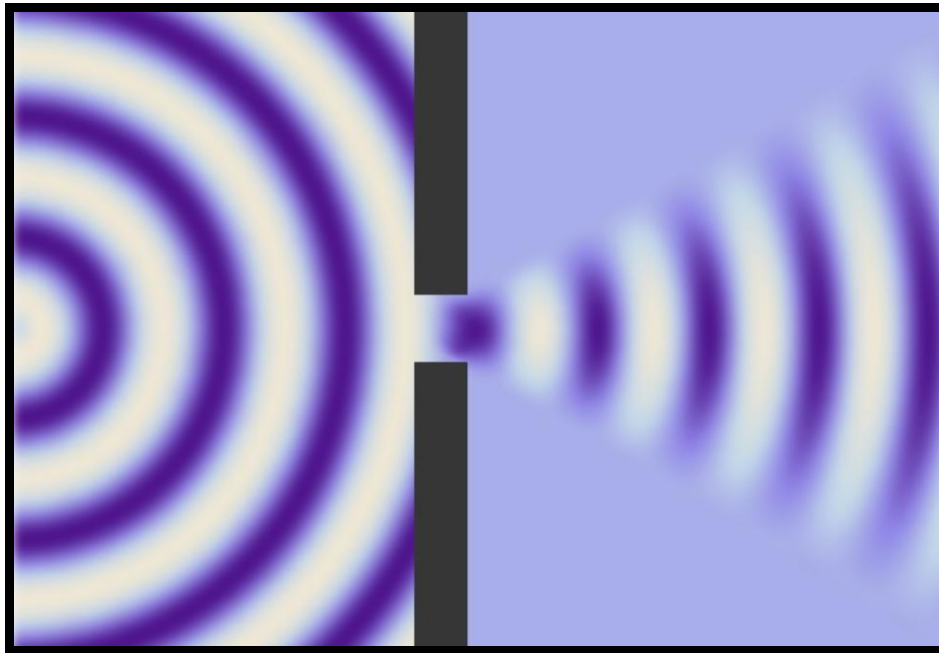
A transzverzális hullámok lehetnek **polarizáltak**, ami azt jelenti, hogy egy adott síkban rezegnek, például fel-le vagy jobbra-balra – ahogyan egy egyik végénél kikötött kötelet is többféleképpen rángathatunk. A fény is egy transzverzális hullám, és polarizált is lehet.

A hullámok terjedésének van néhány sajátos jelensége:

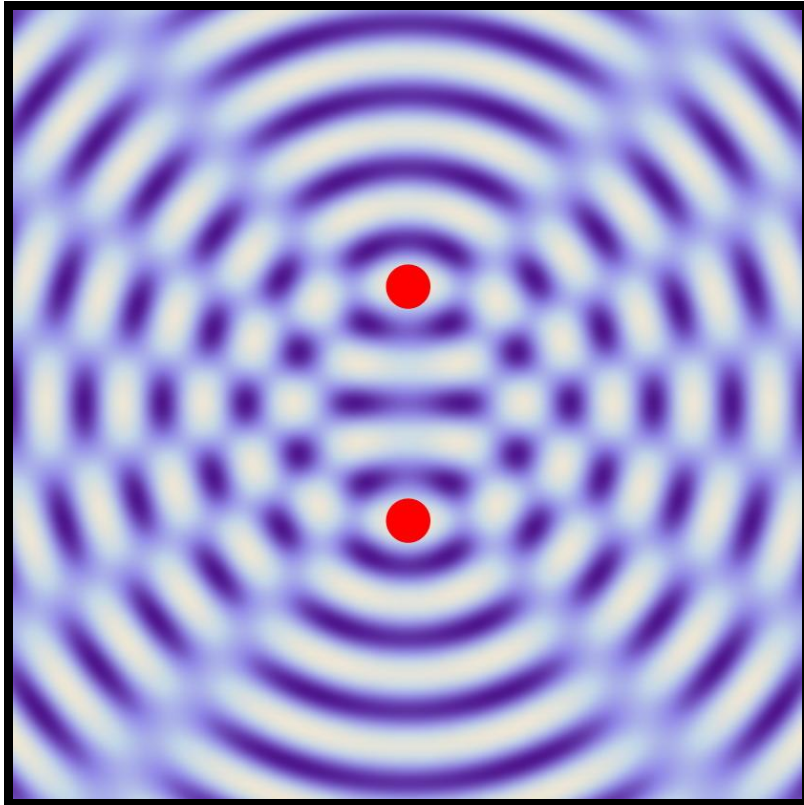
- **Elnyelődés (abszorpció):** Amikor a hullám energiáját illetve annak egy részét elnyeli a közvetítő közeg (fény esetén az a közeg, melyen keresztül halad), és más energiává, gyakran hővé alakítja. Ezt teszi például a földugó a hanghullámokkal, vagy a színes üveg a fény meghatározott hullámhosszaival.
- **Hullámelhajlás (diffrakció):** Amikor a hullámok akadállyal találkoznak a haladási iránytól elhajlanak, oldal irányban kiterjednek. A kiterjedés mértéke függ az akadályon lévő nyílás méretétől. Ha az a hullámhosszhoz képest viszonylag nagyméretű, akkor az

áthaladó hullámok közelítőleg egyenesen haladnak tovább. Ha azonban szűkebb, a hullámok egyre inkább behatolnak abba a térbe is, ami eredetileg az akadály által árnyékolva volt. Ez azért van így, mert egy hullámtér minden pontja elemi hullámok kiindulópontja is egyben.

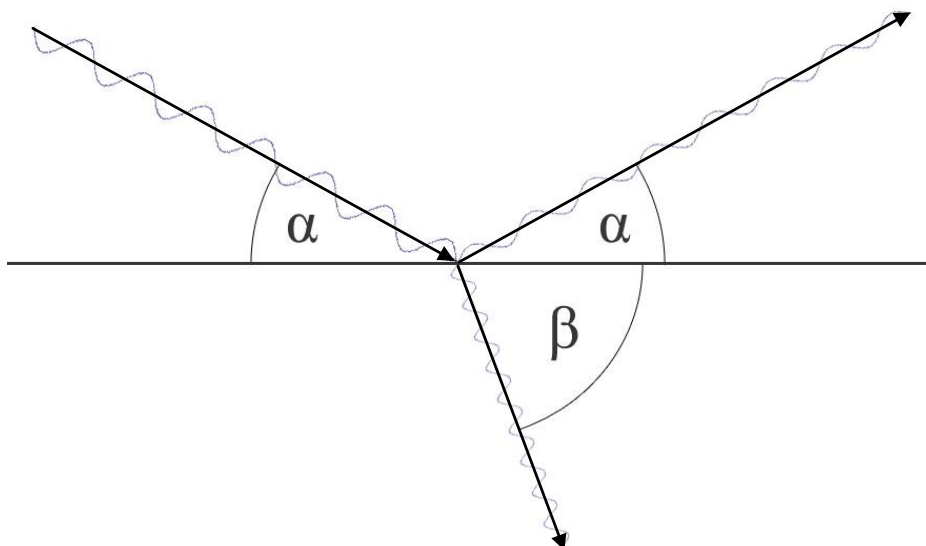
Ez a víz hullámok esetén is megfigyelhető: ha a hullámozó víz előtt van egy fal, azon pedig egy megfelelő nagyságú rés, akkor a fal túloldalán a hullámok nem csak a résnek megfelelő szélességű sávban haladnak tovább egyenesen, hanem oldalirányban is kiterjednek, ahogyan azt az alábbi kép szemlélteti.



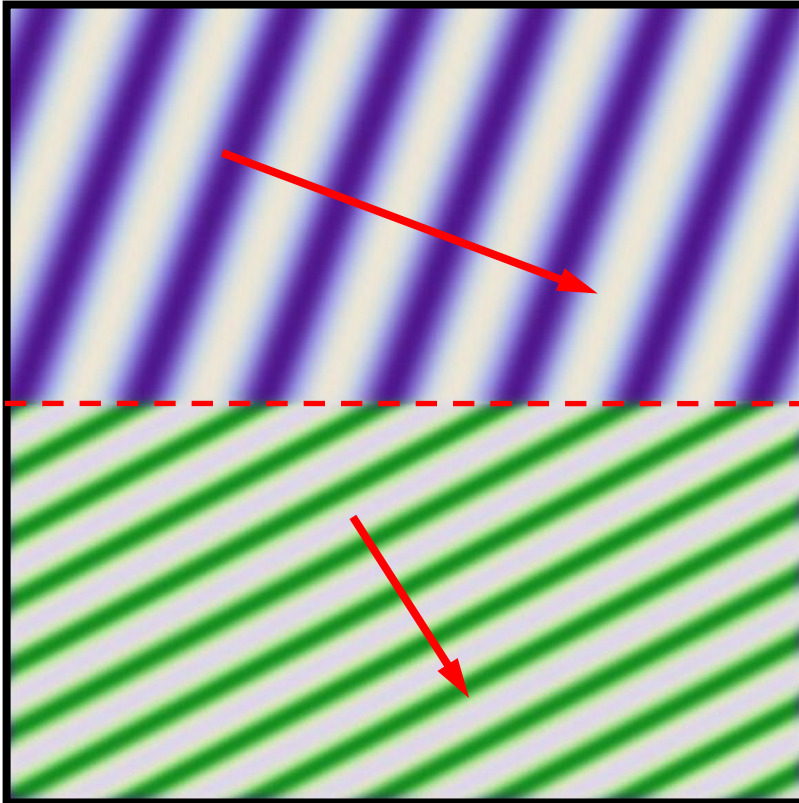
- **Összeadódás (interferencia):** Amikor különböző hullámok találkoznak, azok összeadódnak. Így például amikor két hullám hullámhegyei találkoznak, dupla magas hullám jelenik meg, ahol pedig hullámhegy hullámvölgygel találkozik, kioltják egymást. Az interferencia is megfigyelhető víz hullámok esetén. Az alábbi képen két, körrel jelölt hullámforrás hullámai összegződnek.



- **Visszaverődés (reflexió):** Amikor egy hullám két közeg határára érkezik, általában részben visszaverődik az eredeti közegbe, részben az új közegben folytatja az útját. A visszaverődés mértéke általában annál nagyobb, minél laposabb szögben érkezik a hullám a közeghatárra, minél kisebb a beesési szög (@@ Ugye?); a visszaverődés szöge pedig megegyezik a beesési szöggel.

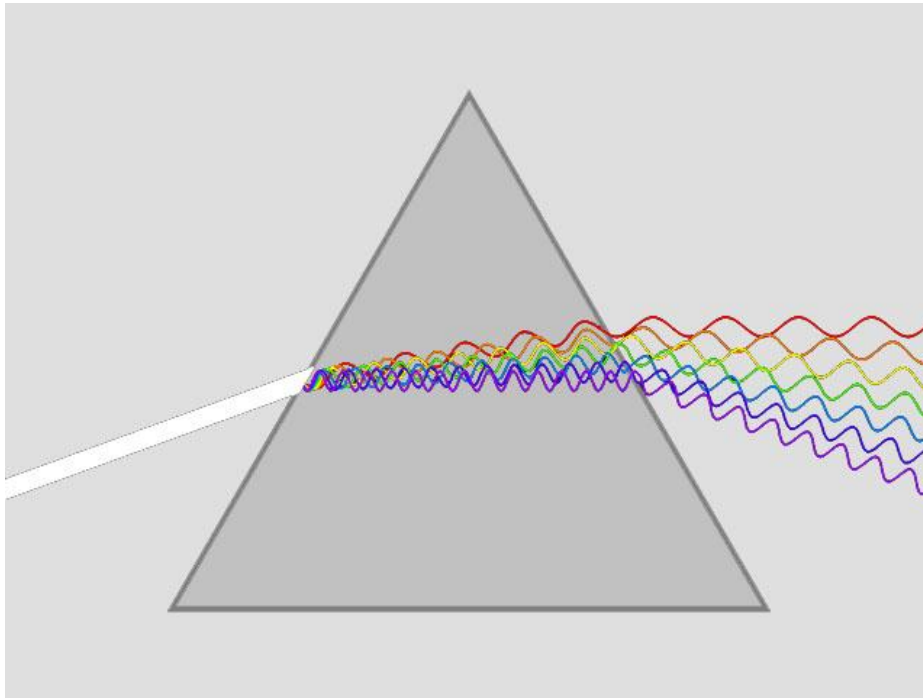


- **Hullámtörés (refrakció):** Ez a hullám terjedési irányában tapasztalható változás, ami annak köszönhető, hogy az egyik közegben más sebességgel terjed, mint a másikban. (Kell még hozzá, hogy a hullám ne pont merőlegesen érkezzon a két közeg határához.) Például a fény is más sebességgel terjed az üvegben illetve a vízben, mint a levegőben, és az ennek köszönhető fénytörés figyelhető meg, ha egy ceruzát egy pohár vízbe teszünk; de ennek révén működnek a lencsék és a szemüveg is.



(A ceruzás kép forrása: Cliff Smith; <http://www.trustedreviews.com/opinions/digital-photography-tutorial-chromatic-aberration>)

- **Szóródás (diszperzió):** Ez akkor lép fel, amikor a különböző hullámhosszú hullámok eltérő sebességgel haladnak valamilyen közegben. A közegbe belépő különböző hullámhosszakat tartalmazó hullám így felbomlik, és az eltérő hullámhosszú komponensek más-más irányban haladnak tovább. Legjellemzőbb példája, ahogyan a prizma felbontja a fehér fényt a szivárvány színeire. (A fény egyébként más okokból is szóródik. Az ég kékségét és a felhők fehérségét például a levegő részecskéin történő szóródás okozza.)



3. Hőmérséklet

Köznap értelemben mindenki tudja, mi a hőmérséklet, fizikai értelemben pedig alapjában véve, **minél melegebb valami, annál gyorsabban mozognak a részecskéi.**

Amikor elképzeljük ezt a mozgást, hajlamosak vagyunk **a tér három irányába történő mozgásra** szorítkozni, ami a gázokban és folyadékokban egy ütközésekkel tarkított többé-kevésbé szabad mozgást jelent, míg szilárd testek esetén egy adott helyen történő rezgést. Ennél azonban kicsit összetettebb a helyzet.

Energia ugyanis nemcsak a részecskék térben történő mozgásában, hanem **a forgásukban és a molekulák belső rezgéseiben is tud tárolódni.** (Utóbbi nem ugyanaz, mint az előző bekezdésben említett rezgés: ott a részecske, molekula egésze rezeg egy hely körül oda-vissza, itt pedig a molekula alakja változik, mintha rugóval összekapcsolt golyókból állna.) Ezeket a különféle energiatárolási lehetőségeket **szabadságfokoknak** nevezzük. Az anyagok összes belső energiája megoszlik a szabadságfokok között, mégpedig egyenlő arányban β (@@Ugye?). Így ami melegebb, annak a részecskéi nemcsak gyorsabban mozognak, hanem gyorsabban is forognak, illetve a belső rezgéseik is intenzívebbek. A **hőmérséklet** sem a teljes belső energiával, hanem **az egy szabadságfokra jutó energiával arányos**, pontosabban az egy részecske egy szabadságfokára jutó átlagos belső energiával.

(Ez röviden **azért van így**, mert az, hogy két anyag között történik-e illetve milyen irányú a hőátadás, a részecskék átlagos sebességétől, vagyis a térbeli mozgás szabadságfokain lévő energia átlagos mennyiségétől függ. Ha az egyik anyagnál ez nagyobb, akkor abból hő áramlik a másikba. Ilyenkor mondjuk azt is, hogy az egyik anyagnak magasabb a hőmérséklete a másikinál. Egy anyag különféle szabadságfokain viszont általában egyenlő az energia mennyisége, így egy anyagot akkor mondunk melegebbnek a másikinál, ha egy (tetszőleges) szabadságfokán több az átlagos energia, mint a másik anyag esetén. β)

A **különböző anyagoknak különböző** belső energiatárolási lehetőségeik, **szabadságfokaik lehetnek**, ami elsősorban az őket alkotó molekulák alakjának köszönhető. Egy különálló atomokból álló anyag részecskéinek forgásában például nem tud

energia tárolódni (@@ Ugye?), egyúttal belső rezgéseik sincsenek. Egy ilyen anyag tehát **kevesebb szabadságfokkal rendelkezik**, a betáplált energia kevesebb felé oszlik, ezért **könnyebb felmelegíteni** – ellentétben egy összetettebb molekulákból álló anyaggal, ahol több mindenben tud energia tárolódni. Amikor tehát különböző anyagokból azonos számú részecskénk van, az anyagok hőmérsékletének azonos mértékkel történő emeléséhez különböző mennyiségű energiára lehet szükség, ha az anyagok különböző számú szabadságfokkal rendelkeznek.

Ehhez jön még, hogy a különböző anyagok adott tömegében különböző számú részecske van, például 1 kg héliumban több atom van, mint 1 kg ólomban. Ezért a betáplált energia az utóbbi esetben megint csak kevesebb felé oszlik el, az egyes szabadságfokokon tárolt átlagos energia nagyobb mértékben emelkedik. Azonos össztömeg esetén tehát **a nehezebb atomsúlyú anyagok hőmérsékletének azonos mértékű emeléséhez kevesebb energiára van szükség**. E két dolog miatt, a szabadságfokok különbözősége és a különböző atomsúly miatt különbözik az anyagok **hőkapacitása**. (@@ Más miatt is?)

4. Endoterm és exoterm reakciók

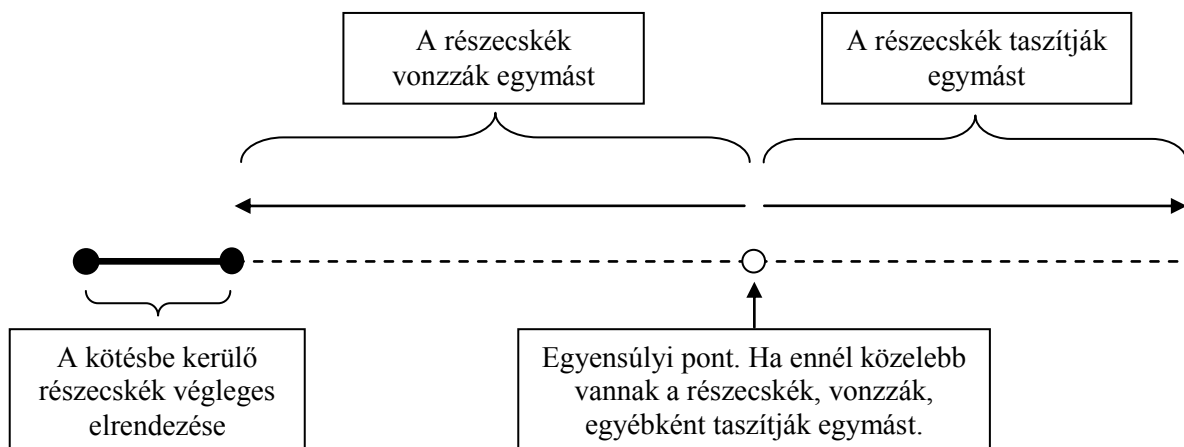
Ez a fizikai reakciók két fajtája. **Endoterm** az a reakció, melynek az energiamérlege negatív, összességében energiát kell betáplálni hozzá. Ilyen például a jég felolvasztása vagy a víz elforralása. (@@Jobb példa?) Az **exoterm** reakció ennek az ellentéte, amikor összességében energia szabadul fel. Ilyen például az égés.

Azonban **a reakciók beindításához** az utóbbi esetben is **gyakran energiát kell befektetni**. Például ahhoz, hogy valami égni kezdjen, előbb fel kell melegíteni. Miért kell energia a reakciók beindításához? Alapvetően két okból.

- 1) **A reakció elemeit gyakran meglevő kötésekben kell felszabadítani**. Így például égés esetén a levegő oxigén molekuláinak előbb különálló oxigén atomokra kell bomlaniuk.
- 2) **A reakció során kötésbe kerülő részecskék, ha nincsenek elég közel egymáshoz, gyakran taszítják egymást**, amit előbb le kell győzni, hogy a kötés kialakulhasson. Például különálló atomok esetén a taszítás abból fakad, hogy az őket körülvevő elektronfelhők taszítják egymást, így egy különálló oxigén és szén atom esetén is, ha azok viszonylag távol vannak egymástól β (@@ Igaz?). Ha azonban az atomok kellően közel kerülnek egymáshoz, az elektronok elrendezése megváltozik, közülük egyeseket az atomok megosztanak, utóbbiak pedig így már nem taszítják egymást, hanem összekapcsolódnak. Ahhoz lehet ezt hasonlítani, amikor a golyóstoll nyomógombját előbb energiát befektetve be kell nyomni, hogy az kinyomja a toll hegyét és beragadjon, mintegy kötésbe kerüljön.

(Amikor itt általában kötésekről beszélek nemcsak az atomok molekulák formájában történő egymáshoz kapcsolódását értem alatta, hanem bármilyen **kötött állapotot**. Ebbe beletartozik az, ahogyan az elektronok az atommaghoz vannak kötve; ahogyan a gravitáció egymáshoz kapcsolja a testeket; a halmazállapot kööttség, azaz a szilárd vagy folyékony állapot; a kristályos állapot; de az is, ahogyan az atommagot alkotó részecskék egymáshoz kapcsolódnak.)

A taszítás legyőzése után, a kötések kialakulásakor viszont energia szabadul fel. Ez abból származik, hogy miután a reakció részecskéi kellően közel kerültek egymáshoz, vonzani kezdik egymást, lendületet nyernek, az ebből keletkező mozgási energiájuk pedig aztán hőként oszlik el a környezetükben. Ez történik, amikor az égés során végül az oxigén a szénhez kapcsolódik. Minél erősebb a vonzás, vagyis a kötés ereje, a felszabaduló energia annál nagyobb.



A **kötések felszakításakor** a fentiek ellenkezője zajlik: előbb energia befektetésével szét kell húzni a kötésben lévő részecskéket, majd azt a pontot elérve, ahonnan már taszítják egymást, a részecskék mozgási energiát nyernek, amit aztán hő formájában visszakupunk. A kötések felszakításához szükséges bruttó energiamennyiség az úgynevezett **kötési energia**. (Azért bruttó, mert nem vonjuk le belőle azt az energiát, amit a taszítás miatt aztán visszanyerünk. A kötési energia egyébként ugyanannyi, mint amit a kötések kialakulásakor bruttó módon nyerünk.) (@@ A kötési energia tényleg ez, vagy mégis le kell vonni belőle azt, amit visszanyerünk?)

Számos kötött állapot kialakulása exoterm. Így hőfejlődéssel jár például a fagyás, a lecsapódás és a kristályosodás. Az ellenkező irányú reakciók így értelemszerűen endotermek: az olvadás, a párolgás és az oldódás általában hőt von el a környezettől.

Ez azonban nem egy általános szabály. Az érintett erők működésétől függően **a kötések felbomlása is lehet exoterm.** Legjellemzőbb példája ennek az atombombákban és atomerőművekben végbemenő **maghasadás**. Itt is jelen van a vonzás és taszítás, de ezeket most két különféle erő kelti: az atommagot összetartó erős kölcsönhatás, és a protonokat egymástól eltaszítani igyekvő elektromágnesesség. Az urán esetén az összetartó erő nem sokkal nagyobb, mint a szétfeszítő, ráadásul az összetartó erőnek igen korlátozott a hatótávolsága. Mihelyt az atommag kettéválik, a szétfeszítő erő átveszi az uralmat, és a széteső atommag darabjait nagy sebességre gyorsítja. A maghasadásakor azért szabadul fel olyan nagy energia, mert az atommagokat alkotó protonok kezdeti közelsége miatt, a szétfeszítő erő igen nagy, lényegesen nagyobb, mint a kémiai reakciókban szerepet játszó erők (@@ Ugye?).

(Érdekes, hogy **minél nagyobb egy atommag, a létrehozása annál inkább endoterm:** annál inkább energiát igényel, mint termeli azt, és a hozzá szükséges energia is annál nagyobb. Ez azért van, mert a kis hatósugarú, vonzó erős kölcsönhatás egyre inkább alul marad a nagy hatósugarú, taszító elektromágnesességgel szemben, ahogy az atommag mérete növekszik. A legnehezebb elem mely még exoterm módon jön létre a vas. Ezért van, hogy a csillagokban zajló energiatermelés során csak eddig az elemig képesek kialakulni az atomok, a nehezebbek pedig csak szupernóva robbanásokban. Ugyanezért van, hogy a hidrogén könnyű héliummá való egyesülésére, és a nehéz uránium hasadására alapozva lehet bombát készíteni. (@@ A hidrogénbombában más is keletkezik, mint hélium? Korrekt ez az itteni megfogalmazás vele kapcsolatban?))

Hogy egy reakció végül is endoterm vagy exoterm, az dönti el, hogy a befektetett vagy a visszanyert energia a nagyobb. **Az energiamérleg általában annál pozitívabb...**

- **Minél gyengébbek a felbomló és minél erősebbek a kialakuló kötések.**
- **Minél erősebb a felbomló kötések esetén tapasztalható taszítás, és minél gyengébb ugyanez a kialakuló kötések esetén.**

Azonban **nem minden kötés ilyen összetett**, gyakran csak egyféle erő játszik bennük szerepet, és gyakran nincs a távolság növekedésével fellépő taszító erő. Ilyen például az,

ahogyan az elektronokat az elektromágneses erő az atommaghoz, vagy ahogyan a gravitáció a bolygókat a napjukhoz kapcsolja. Ekkor a kötések felbontásához befektetendő energiát nem kapjuk vissza.

Exoterm reakciók esetén a felszabaduló energia gyakran fedezi az energiaszükségletet, mely a további részecskék reakcióba lépéséhez szükséges, ami az összes résztvevő anyagra nézve fenntartja vagy fokozza a reakció folyamatát. Ezt nevezzük **láncreakciónak**, és ez történik az atombombában, de az egyszerű égés során is.

5. Egyebek

1) Párolgás

Melegben azért izzadunk, hogy az lehűtsön bennünket: **a párolgás hőt von el**. Ennek az okáról már volt szó: a folyadék részecskéinek energiára van szükségük ahhoz, hogy gáz halmazállapotúvá válva kiléphessenek a kötött állapotukból, ezért a párolgás endoterm reakció.

Érdekes, hogy a **részecskék** miképpen tesznek szert erre az energiára, és ez miképpen járul hozzá a visszamaradó folyadék hőmérsékletének csökkenéséhez. Egy anyag részecskéinek energiaszintje részecskéről részecskére változó: így például az izzadságunk cseppjeiben is vannak kevesebb energiával rendelkező, lassabban mozgó víz molekulák, és **nagyobb energiájú, gyorsabban mozgó** is. A folyadékból az utóbbiak **lesznek képesek megszökni**, magukkal víve az energiájukat is, ezáltal csökkentve a visszamaradó részecskék átlagos energiaszintjét illetve a folyadék hőmérsékletét. (Ez pedig aztán csökkentheti azoknak a dolgoknak, például a testünknek a hőmérsékletét, amivel a folyadék érintkezik.)

Hasonló érvelést lehet alkalmazni **lecsapódás és fagyás** esetén is, amikor a kisebb energiájú részecskék lesznek képesek lecsapódni illetve megfagyni, miáltal a visszamaradó anyag hőmérséklete növekszik. §§ (@@ Az olvadásra is áll ez? Ebben kevésbé vagyok biztos, minthogy ilyenkor a nagyfokú kötöttség miatt talán kisebb a változatosság a részecskék sebességében, és talán inkább kívülről szerzik a szükséges energiát.)

2) Az áram sebessége

Az ember hajlamos azt hinni, hogy a vezetékben, melyben elektromos áram folyik, az elektronok nagyon nagy sebességgel mozognak. Ez nem így van. Például egy $0,5 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű réz drótban, melyben 5 amper erősségű áram folyik, **az elektronok körülbelül 1 mm-t tesznek meg másodpercenként**.

Más kérdés, hogy **az energia terjedése viszont tényleg nagyon gyors**. Ha a vezeték egyik végén benyomunk egy elektront, a másik végén szinte azonnal kiesik egy másik.

3) Tükörkép és fénykép

Érdekes, hogy amikor tükörbe nézünk, **nem ugyanazt látjuk**, mint amikor valaki szembejön velünk az utcán. Mi a tükörben a saját bal oldalunkat baloldalon látjuk, míg ha valaki más szembe néz velünk, azt a jobb oldalon látja. Ha azt akarjuk látni, amit mások látnak, a fényképünket kell szemügyre vennünk – ami furcsa érzést tud kiváltani, ha túlságosan hozzá vagyunk szokva a tükörképünkhöz.