

Tartalom

Mi az anyag, az energia, mik az erők és a kölcsönhatások? Ezek legfontosabb tulajdonságai.

Megjegyzés

Ez egy elég rövid és érthető téma. Azt magyarázza el, hogy miből van az anyagi világ és mi mozgatja.

Anyag, energia, erők

(Azonosító: 021; 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. Anyag	2	—
2. Energia	3	
3. Erők, kölcsönhatások	4	1
4. Feszültség	7	—

1. Anyag

Anyag az, ami tömeggel és térbeli kiterjedéssel is rendelkezik. β

Kicsit pontosabban **nyugalmi tömeggel** rendelkezik. A relativitáselmélet értelmében minél gyorsabban mozog valami, annál nagyobbá válik a tömege. Ami anyag, annak tehát akkor is van tömege, ha (a megfigyelőhöz képest) áll. Ellenben például egy fotonnak is van tömege, de az teljes egészében a mozgásából fakad, nyugalmi tömege nincs neki – nem is anyag tehát.

Másrészt **tömege olyasminek is lehet, aminek nincs térbeli kiterjedése**, így elsősorban az energiának. Például, ismét csak a relativitáselmélet szerint, egy (merev falú) palack gáznak hidegen kisebb a tömege, mint melegen, ami a betáplált energiának köszönhető.

(@@ Ennek a definíciónak **meglehetnek a gyengéi**. Így kérdéses, hogy az elemi részecskék, például az elektron, önmagukban mennyiben rendelkeznek térbeli kiterjedéssel. Erről inkább csak ezek csoportjai, például az atomok esetében lehet beszélni. Másrészt van olyan erőt hordozó részecske (a gyenge mértékbozon), aminek van nyugalmi tömege, és lehet, hogy bizonyos értelemben van térbeli kiterjedése is. **Ha valakinek van jobb ötlete, szóljon.**)

A tömeg alapvetően **két jelenséget idéz elő**: egyrészt ellenáll az erőknek, **tehetetlenséget ad** a testeknek: adott energiával ezért lehet csak adott mértékű gyorsulást elérni. Másrészt a tömeg **vesz részt a gravitációs kölcsönhatásban**, emiatt, és ennek arányában vonzzák egymást a testek. A tömeg egyéb, szokatlanabb összefüggéseiről lásd a ‘Relativitáselmélet’ témát.

Az anyag apró, oszthatatlan részecskékből áll.

Ezek azonban **jóval kisebbek az atomnál**. Eredetileg azt hitték, hogy az atomok oszthatatlanok, aztán kiderült, hogy oszthatóak, sőt az alkotóelemeik közül a protonok és a neutronok is tovább oszthatóak. Hogy ez meddig folytatható kérdéses, de általában felteszik, hogy van egy szint, ahol a részecskék már oszthatatlanok, elemiek.

Az anyag részecskéi standardizáltak, azaz az egyik részecske éppen olyan, mint a másik.

Legalábbis ami az elemi részecskéket illeti. Az atomok már többféleképpen különbözhetnek. Először is van több mint százféle **elem**, különböző kémiai tulajdonságokkal. Egy elemen belül vannak **izotópok**, azaz az atommagban eltérhet a

neutronok száma, ami azonban a kémiai tulajdonságokat nem befolyásolja. Továbbá adott elem atomjai **ionizációs állapotukban** is különbözhetnek, ami azt jelenti, hogy könnyen elveszhetnek, vagy szert tehetnek néhány elektrorra. Lásd még a 'Fogalmak, szimbólumok, jelentés' témában, hogy a makrovilág dolgai mind egyediek.

Az anyag építőkövei lényegesen változatosabbak, mint korábban tűnt. Egyúttal nem tudni, hogy miért éppen olyan részecskék léteznek, amilyenek.

A részecskék tulajdonságai tehát meglehetősen **önkéntesnek** tűnnek, ami elég zavaró azok számára, akik abban reménykednek, hogy az univerzum alapjaiban elegáns és kiismerhető. Elképzelhető azonban, hogy ezen önkényesség nélkül nem létezhetne élet illetve értelmes élet. Lásd ehhez az 'A világ eredete és életbarátsága' témát.

Mióta tudjuk, hogy a részecskék világában az energia oszthatatlan csomagokban terjed, illetve az **erőket** ilyen **csomagok közvetítik**, azóta ezeket a csomagokat is **részecskéknek tekintjük**, ha nem is anyagi részecskéknek. Ilyen például az említett foton, mely az elektromágneses erőt közvetíti: az elektromosan töltött részecskéket, így az elektronokat és protonokat fotonok elnyelése és kibocsátása mozgatja.

Ezt úgy szokták **szemléltetni**, hogy képzeljünk el két embert, akik egy-egy csónakban állnak a tavon. Ha egyikük eldob egy (nehéz) labdát, amit a másik elkap, akkor egymáshoz képest mindketten hátralandúlnak. Hasonló dolog történik, amikor egy elektron kibocsát egy fotont, amit a másik elektron elnyel.

A kvantumelmélet is ezek után a csomagok után kapta a nevét, a kvantum ugyanis egy adott (legkisebb) mennyiséget, csomagot jelent. A mikrovilág különös természetéről lásd a 'Kvantum világ' témát.

2. Energia

Energia az, ami az anyag mozgását megváltoztatja. β

Mozgatás alatt itt nemcsak annak hagyományos jelentését kell érteni, például ahogyan egy autó mozgásba jön. Mozgatás történik akkor is, ha például egy gázt összenyomunk, vagy egy testet felmelegítünk. Ilyenkor az egész test helyett annak részecskéit készítjük mozgásra.

Az energia változatos formákban tud megjelenni illetve tárolódni.

Ilyenek például:

- **Elektromágneses sugárzás**

Ez gyakorlatilag fény, csak nem feltétlenül látható hullámhosszú. Ez is fotonokból áll tehát, és erre is vonatkozik a fenti csónakos példa.

- **Elektromos és mágneses mezők**

Ezek létrehozásához energiát kell befektetni, amit ezután tárolnak. Például ha sok elektront összegyűjtünk egy helyre, azt csak energia befektetésével tudjuk megtenni, mert az

elektronok taszítják egymást. Amikor aztán az elektronokat magukra hagyjuk, azok szétrepülnek, az energia pedig felszabadul. β

- **A testek mozgása, forgása, rezgései**

A testek sem csak az egyenes vonalú mozgásukban bírhatnak tehát energiával. Gondoljunk csak egy lendkerekes autóra vagy rezgő gitárhúrra.

- **Hőmérséklet**

Ez tulajdonképpen nem a test egészének, hanem a részecskéinek mozgásában, forgásában, rezgéseiben megnyilvánuló energia.

- **Helyzeti energia**

Ez bármi olyan, amikor egy testet annak helyzeténél fogva egy erő kész mozgatni. Például helyzeti energiával rendelkezik egy golyó a dombtetőn (amit a gravitáció kész a domb aljához gurítani), vagy a nyíl egy megfeszített íjban.

- **Kötések**

Az atomokra gyakran az a jellemző, hogy ha viszonylag távol vannak egymástól, akkor taszítják egymást, de ha kellően közel kerülnek, akkor összetapadnak, kötésre lépnek. (Kicsit úgy, mint ahogyan egy nyomógombos golyóstollat bekapcsolunk.) Hogy közel hozzuk őket egymáshoz, tehát energiát kell befektetnünk, amit visszakupunk, ha a kötés valamilyen oknál fogva felszakad: például a különálló atomok ilyenkor mozgási energiára tesznek szert, ahogy szétrepülnek. Az atommag esetében is hasonló a helyzet, ilyen kötési energia szabadul fel a hagyományos, maghasadásra épülő atombombában β . (@@Az utóbbi igaz?)

- **Tömeg**

Mivel a relativitáselmélet értelmében **energia és tömeg ekvivalensek**. Egyrészt az anyag elemi részecskéi is létrejöhetnek energiából, és azzá válhatnak, másrészt az anyagi rendszerekbe bevitt energia megnöveli azok tömegét. Lásd például a fenti példát a palackba zárt gázzal, de az atommag kötési energiája is növeli az atommag tömegét: maghasadás alkalmával a visszamaradó darabok tömege így összességében kisebb lesz a kiinduló atommagénál. Lásd a 'Relativitáselmélet' témát, benne a híres $E=mc^2$ képletet.

Az **energia felszabadulásának** azt nevezzük, amikor a valamilyen formában, különösen kötésekben vagy helyzeti energiában tárolt energia mozgásba, hőmérsékletbe vagy sugárzásba megy át. β

Ami azt illeti, az **energia fenti definíciója meglehetősen önkényes**. Ahelyett, hogy azt mondjuk, energia az, ami az anyag mozgását megváltoztatja, ugyanúgy használhatnánk az energia változatos megjelenési formáinak bármelyikét, például mondhatnánk, hogy energia az, ami elektromágneses sugárzás kiváltására képes. A fenti választás leginkább annak az eredménye, hogy az anyagi dolgok központi szerepet játszanak az ember világszemléletében. β

Új energia nem jön létre, és energia nem is vész el. Csak átalakulni képes az egyes megjelenési formái között.

3. Erők, kölcsönhatások

Az erő az a hatás, amin keresztül az energia az anyag mozgását megváltoztathatja. β

Például egy összenyomott rugó nyomhat egy golyót. Ez a nyomás a hatás, az erő. Ennek következtében aztán a golyó ellökődik, mozgásba jön, mozgási energiára tesz szert.

Minden erőnek iránya és nagysága van. (Vagyis úgynevezett vektormennyiség.) Az erő iránya megmutatja, hogy a test, amire hatással van, merre gyorsul, az erő nagysága pedig a gyorsulás mértékével arányos. A gyorsulás nem csak az erőtől, hanem a test tömegétől is függ, annál kisebb, minél nagyobb a tömeg. A tömeg tehát azt mutatja, hogy a test mennyire „áll ellen” a rá ható erőknek. (Ezt írja le a híres $F=m \cdot a$ (vagy átosztva $a=F/m$) képlet, ahol „F” az erő, „m” a tömeg, „a” pedig a gyorsulás.) Ez azt is jelenti, hogy ha nem hat erő a testre, az nem gyorsul, megtartja mozgásállapotát.

Az erők energiát közvetíthetnek, feltéve, ha a testnek, amire irányulnak (vagy részecskéinek) a mozgása valóban megváltozik. **Ez azonban nem szükségszerű**, erő anélkül is felléphet, hogy energia átadására kerülne sor. Például ha a kezemmel nyomom a falat, akkor semmi nem mozdul, energia sem adódik át tehát.

Ha egy test hat a másikra, egyúttal a másik is hat az egyikre, ez az **erő és ellenerő**. Például miközben a Föld vonzza a Holdat, a Hold ugyancsak vonzza a Földet, ezért is van apály és dagály. Az erő és ellenerő nagysága egyenlő, iránya ellentétes. Ezt a kölcsönös hatást nevezzük kölcsönhatásnak.

Négy alapvető kölcsönhatás létezik.

Ezek azok az alapvető módok, ahogyan az anyag részecskéi illetve a testek erőt fejthetnek ki egymásra. Minden erő ezeken alapszik.

1) Gravitáció

Minden tömeggel rendelkező dolog vonzza a többi tömeggel rendelkező dolgot.

A gravitációs kölcsönhatás nagyon gyenge, az elektromágnesességnél 10^{40} -szer gyengébb. Nagy léptékben viszont ez uralja a világot, mivel ez csak vonzani tud, ellentétben az elektromágnesességgel, mely taszítani is.

Lásd még a ‘Relativitáselmélet’ témában a gravitációval kapcsolatban írtakat.

2) Elektromágnesesség

Ez az elektromosan töltött részecskék illetve testek között lép fel. Töltésből kétféle létezik pozitív (például a protonnál) és negatív (például az elektronnál). Az azonos töltések taszítják, a különbözőek vonzzák egymást.

Ez a kétféle töltés egyenlő arányban és nagyon finoman **el van keveredve** az anyagban, így a testek kifelé általában semlegesek, ezért nem tapasztaljuk rendszerint ennek az erőnek a hatását. A töltéseket szétválasztva azonban meg tudjuk jeleníteni, legegyszerűbben talán egy szörmével, műszállal megdörzsölt műanyag fésűvel.

Az elektromágnesesség valójában **mindig jelen van, valahányszor „megérintünk” valamit**. Ilyenkor igazából nem érünk hozzá a tárgyakhoz, ugyanis a tárgyak és a kezünk atomjainak elektronjai taszítják egymást, így egy kis távolság mindig marad, és a kezünkön nyomásként valójában az elektromágneses taszítást érzékeljük.

Egy másik alapvető, az elektromágnesességhez kapcsolódó jelenség a **fény** illetve az egyéb elektromágneses sugárzások. Említettem, hogy az elektromágneses erőt is részecskék, a fotonok közvetítik: a töltött részecskék fotonokat cserélnek ki, miközben vonzzák vagy taszítják egymást. Fotonok azonban szabadon is létezhetnek, a fény ilyenekből, részecskékből áll tehát. Ezek a szabad részecskék is képesek azonban erővel hatni, energiát átadni az anyagnak, ha találkoznak vele. Ezáltal látunk, így működnek a napelemek, és ezért fakulnak ki a napon hagyott dolgok. De a fénynek eközben hullámtermészete is van. A fényről, az elektromágneses sugárzásokról és a hullámjelenségekről bővebben lásd az ‘Érdekes fizikai jelenségek’ témában.

Nem utolsósorban az elektromágnesesség felelős az atomi kötések kialakításáért, a **vegyületek létrehozásáért**, sőt maguknak az **atomoknak az összetartásáért** is, legalábbis az elektronoknak az atommaghoz való kötéséért.

A elektromos erőt és a mágnesességet először két különböző dolognak hitték. Utóbbi akkor lép fel, amikor töltések mozognak, például amikor egy vezetékben áram folyik. (Az állandó mágnesekben is a töltések, elektronok atomokon belüli forgása és mozgása okozza a mágnesességet.) Később kiderült, hogy **a mágnesesség tulajdonképpen az elektromos erő relativisztikus megnyilvánulása**. Ezt a következőképpen lehet elképzelni. Ahogyan egy egyébként elektromosan semleges vezetékben az elektronok egy irányba kezdenek mozogni, a külső szemlélő számára a relativisztikus rövidülésnek köszönhetően a közülük lévő távolságok megrövidülnek, az elektronok ezért immár sűrűbben helyezkednek el, mint a statikus protonok. Így a vezeték már elektromosan töltötté válik, és ennek megfelelően fog viselkedni egyéb töltött dolgokkal szemben. Ekképp lett a két jelenség neve összefoglalóan elektromágnesesség. A rövidüléssel kapcsolatban lásd a ‘Relativitáselmélet’ témát.

Az emberi tapasztalat világában gyakorlatilag a gravitáció és az elektromágneses erő felelős minden fizikai jelenségért. Az őket emberi léptékben (azaz emberi méret és sebességtartományban) leíró, általában meglehetősen intuitív törvényekkel igen pontosan lehet jellemezni és előre jelezni szinte mindent, és ezek a legtöbb gyakorlati alkalmazáshoz is elegendőek. Ez a klasszikus fizika világa. Azonban, mint kiderült, más körülmények között a valóság sokkal furcsább. Lásd a ‘Relativitáselmélet’ és a ‘Kvantum világ’ témákat.

3) Erős kölcsönhatás

Ez csak az atommagokon belül, a protonok és neutronok között, illetve az ő alkotórészeik között érvényesül. Ez tartja össze az atommagot.

Az atommagot azért kell összetartani, mert az elektromágneses erő igyekszik azt szétvetni, az összezsúfolt azonos töltésű protonok miatt. Az erős kölcsönhatás mintegy 100-szor erősebb, mint az elektromágneses erő.

4) Gyenge kölcsönhatás

Ez szintén csak az atommagokon belül játszik szerepet, ami leginkább egyes szubatomi részecskék bomlásának előidézését jelenti. Lényegesen gyengébb, mint az elektromágneses erő.

4. Feszültség

Feszültség akkor lép fel, amikor egymás ellenében ható erők kiegyenlítik egymást.

(Az 'Egyensúly' témában a feszült egyensúly kapcsán már felmerül a fogalom.)

Feszültség nemcsak a fizikai rendszerekben lép fel, hanem az emberben illetve a társadalomban is.

Példák:

- **Fizikai feszültség:** amikor kötélhúzás alkalmával a két csapat egy ideig döntetlenre áll, vagy amikor egy tartályban nyomás alatt lévő gáz van.
- **Feszültség az emberben:** amikor egymás ellenében ható motivációk illetve szándékok munkálnak bennünk. Például amikor valaki, aki fogyni akar, azon hezitál, hogy egyen-e vagy se.
- **Társadalmi feszültség:** amikor a fennálló társadalmi rend ellenzői szeretnék azt megváltoztatni, de az adott rend hívei ennek ellenállnak.

A feszültség megléte változást vetíthet előre, amihez annyi kell, hogy az erők egyensúly megbomoljon. Ez gyakran robbanásszerűen, hirtelen történik.

Például amikor egy nyomás alatt lévő tartály megreped, majd felrobban, vagy amikor egy gát reped meg, majd az ár egyre rohamosabban elmosza azt. Ilyenkor az történik, hogy az egyik, ellenálló erő hirtelen összeomlik, illetve visszacsatolás révén egyre rohamosabban gyengül – a vele szemben álló erő pedig felszabadul. Lásd ehhez a 'Visszacsatolás' témát és a 'Szélmegoldások' témában a kis nyitások következményeit.

A feszültség hasznos is lehet.

Főleg, ha szabályozottan, fokozatosan **szabadítjuk fel** azt. Ez történik például a gőzgépekben és a szárazelemekben. Társadalmi körülmények között hasonló, amikor valamilyen árucikk iránt nagyfokú kereslet tapasztalható. Ezt a kereskedők használják ki, leszállítva a keresett dolgot, és haszonra téve szert.

A **feszültség fennállása is hasznos lehet**. Régi bölcsesség, hogy oszd meg és uralkodj: amíg a megosztott közösségek, társadalmak az egymás elleni feszültségekkel vannak elfoglalva, addig a nevető harmadik könnyen tudja érvényesíteni az érdekeit.