

3. Miért szükséges az SI? – történeti leírás és alapgondolatok

A tanszöveg forrása: George Gamow, John M. Cleveland – Fizika

1-2 A fizikában használatos egységek

A súlyok és mértékek területén a XIX. század elejéig bábeli zűrzavar uralkodott. A hosszúság egysége országonként, városonként változott, sőt más volt a szabóknál, és más az ácsoknál; a hosszúságegységet többé-kevésbé az emberi test egyes részeivel határozták meg. Így például az „inch” (hüvelyk) a hüvelykujj szélessége volt, a „hand” vagy „palm” (tenyér) az emberi kézfej szélessége (ezzel mérték többek közt a paripák magasságát), a „foot” (láb) az angol király lábfejének a hossza volt, a „cubit” (könyök) a könyöktől a középső ujj hegyéig mért távolság, a „fathom” (öl) a széttárt két kar középső ujjhegyei közti távolság (ezzel mérték a tenger mélységét) és így tovább.

A Francia Tudományos Akadémia 1791-ben azt ajánlotta, hogy a hosszúságra nemzetközi mérték-egységet fogadjanak el, és javasolta, hogy ezt a Föld méretére alapozva határozzák meg. Ez az egység, amit *méternek* neveztek, elgondolásuk szerint a Föld egyenlítője és sarka közti távolság tízmilliomod része. Az Akadémia „méter etalont” készítettett — egy platina-irídium rúdat, melyen a bekarcolt két finom vonal távolsága reprezentálja a métert. Későbbi mérések, amelyek a Francia Akadémia méréseinél jóval pontosabbak voltak, kimutatták, hogy a Föld valamelyest nagyobb, mint amekkorának annak idején mérték. A már megállapított méter és a Föld délköre közötti pontos kapcsolatnak azonban nincs jelentősége, így az ősméteren már rögzített távolságot fogadták el egyszer s mindenkorra a hosszúság egységének. Az ősmétert Párizstól nem messze, Sévres-ben, a Bureau des Poids et Mesures-ben őrzik; és a világ legtöbb országa megkapta az ősméter pontos másolatát.

Az utóbbi években optikai eszközökkel sokkal pontosabb hosszúságmérés vált lehetővé, s így a métert is pontosabban lehetett definiálni, mint korábban a fémrúdva vésett vonalakkal. Az International Bureau of Weights and Measures 1960-ban a métert mint a 86-os tömegszámú kripton-gáz emissziós színeképében jelentkező narancsvörös vonal hullámhosszának $1\,650\,763,73$ -szorosát definiálta (könyvünk későbbi részeiben majd magyarázatot kapunk, mit jelentenek ezek a szakkifejezések). Ma tehát a világ valamennyi méter etalonját beolvasztanák levélnehezékeknek, eme optikai definíció alapján képesek lennének visszaállítani a métert, sőt ezt sokkal pontosabban tudnák elvégezni, mint korábban a fémrudak mérése és összehasonlítása alapján.

Bár az angol nyelvterület kereskedelme és műszaki gyakorlata a láb, a hüvelyk és a yard egységeket használja (ezeket az egységeket az angol nyelvvel együtt származtatták át Angliából), tudományos területen a hosszúság mérése ma már csaknem mindenütt méterrendszerben történik. (Különleges helyzet adódott az Atomenergia Bizottság Los Alamos-i laboratóriumában, Új-Mexikóban, ahol az atombombát állították elő. A bombák nukleáris elemeinek jellemzőit, amelyek tisztán a fizikával függenek össze, méterrendszerben adták meg, a külső méreteket és a súlyt azonban hüvelykben és fontban — minthogy ezek inkább műszaki vonatkozású adatok.)

A metrikus rendszer a hosszúságegységgel együtt új egységet vezetett be az anyag mennyiségére, a tömegre is. A fontot és az unciát elhagyva, a *gramm* (g) tömegegységet használjuk, amit egy köbcentiméter víz tömegével definiáltak, néhány fokkal a fagyponthoz feletti hőmérsékleten, ott, ahol a víz sűrűsége a legnagyobb. (Későbbi pontosabb mérések

azt mutatták, hogy a víz legnagyobb sűrűsége csak $0,999\,973\text{ g/cm}^3$, mi azonban nyugodtan vehetjük az 1 g/cm^3 kerek értéket.) Az etalon *kilogramm* (kg, 1000 g) platina-irídium ötvözetből készült; az eredeti példányt az eredeti méterrel együtt Sévres-ben őrzik, a másolatokat szétesztották a világon. Bár a fizikában a gramm és a kilogramm az alapegységek, a nagyon kicsi anyagmennyiségek tömegét gyakran *milligramm* (mg, egy ezred gramm), illetve *mikrogramm* (μg , egy milliommód gramm) egységekben írjuk fel.

A tudomány még ma sem hozott létre pontosabb módszereket a testek tömegének mérésére, mint hogy a test anyagának mennyiségét rendkívül érzékeny mérlegen etalontömeggel hasonlítjuk össze. Bizonyos mérlegekkel ilyen összehasonlítást $7 : 10^9$ pontossággal lehet elvégezni. A leggondosabb méréseket még mindig a tényleges minta-kilogrammal való összehasonlításoknak szentelik.

Különleges órák szolgálnak a harmadik fizikai alapmennyiség, az idő egységének meghatározására. A napot 24 órára, az órát 60 percre, a percet 60 másodpercre osztjuk fel. Az időmérésnek ez a rendszere ősrégi babiloni és egyiptomi eredetű, s ezt még a francia forradalom sem tudta tízes (decimális) rendszerre átváltoztatni. A másodpercnél is rövidebb időtartamok mérésében azonban már a decimális rendszert használjuk: a *milliszekundum* (msec) a másodperc ezred, a *mikroszekundum* (µsec) a másodperc milliomod része.

A másodperc definíciója - nevezetesen az, hogy az évi közepes nap időtartamának $1/86\,400$ -ad része teljesen elegendő a mindennapi élet számára, a korszerű tudomány követelményeinek azonban egyáltalán nem felel meg. Csillagászok kimutatták, hogy a Föld tengely körüli forgássebessége korántsem állandó, s így a nap időtartama évről évre, évszázadról évszázadra, kis mértékben ugyan, de változik. A tudományos igényeknek megfelelő másodpercet a National Bureau of Standards a céziumatom 9 192 631 770 belső rezgésével (pontosabban: a cézium rezonancia-színképvonalában az elektromágneses mező 9 192 631 770 periódus-változásának idejével) definiálta.

Cézium atomórával az időmérés $1 : 2 \cdot 10^{11}$ pontossággal végezhető el; ez az óra körülbelül 6000 évenként késik vagy siet egyetlen másodpercet.

Ha a hosszúság, a tömeg és az idő egységét definiáltuk, akkor ezekkel valamennyi többi fizikai mennyiség egységét ki tudjuk fejezni. Így például a sebesség egysége a *centiméter per szekundum* (cm/sec), a sűrűség egysége a *gramm per köbcentiméter* (g/cm^3) és így tovább. Az ily módon kifejezett egységek — a centiméter, a gramm és a szekundum kezdőbetűivel jelölt — CGS-rendszer egységei. Mindinkább használják a MKS-rendszert is (méter, kilogramm, szekundum). Ezen két rendszer egységei csupán 10 bizonyos hatványainak megfelelő arányban állnak egymással, ez pedig határozott előny az angol-amerikai egységrendszerrel szemben, ahol például a sebességet „láb per másodperc”, „mér föld per óra”, sőt még bonyolultabb egységekben fejezik ki (ilyen például a „furlongs per fortnight”, ahol a „furlong” 220 yard, azaz 201,16 méter távolságot, a „fortnight” pedig két hét időtartamot jelent).

A mindennapi életben használatos angolszász hosszúságegységek kapcsolata: 1 láb = 12 hüvelyk, 1 yard = 3 láb, 1 mér föld = 1760 yard vagy 5280 láb (viszont 1 tengeri mér föld = 6076 láb). Tömegegységek: 1 uncia = 437,5 grain (a gyógyszerészi gyakorlatban, valamint nemesfémek mérésénél 1 Troy-uncia = 480 grain), 1 font = 16 uncia (1 Troy-font = 12 Troy-uncia), 1 tonna = 2000 font (1 nagytonna = 2240 font) stb.

Kapcsolódó kérdések:

1. Mi motiválta a legfontosabb, paradigmaváltó gondolatokat az SI bevezetése területén?
2. Kiktől eredt az SI bevezetése, mire alapozták a rendszert, mi volt ebben paradigmaváltó?
3. Mi az alapkoncepció, mi az újítás a koncepcióban?
4. Milyen előnyei vannak a kidolgozott rendszernek?
5. A gyakorlatban hogyan használható a koncepció?
6. Napjainkra milyen hatást gyakorol a kidolgozott rendszer?
7. Mik a gondolatrendszer további folytatásai, további eredményei, további kutatási területek és kérdések?
8. Érdekes volt számotokra a feldolgozott szöveg? Ha igen, miért? Ha nem, miért?
9. A feldolgozás során tanultatok fizikát? És más tantárgyat? Mit?
10. Milyen érzéseket váltott ki belőletek a szövegfeldolgozás?
11. Honnan tudjátok, hogy az elolvasott szöveg nem egy áltudományos leírás volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

Mesés oktatófilm és egy elektronikus leírás erről a témáról:

- <https://youtube.com/watch?v=JyJBy24MIGw>
- <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/nyomdaipar/mertekrendszerek-szamitasok/mertekrendszerek/si-alapegysegek-szarmaztatott-egysegek>