

Kezdetek: CGS és SI

1970-ben végeztem az ELTE fizikus szakán, és akkor még a fizikában a CGS-rendszer Gauss-féle változata dívott: minden más mértékegységet a centiméter, gramm és másodperc segítségével fejeztünk ki. Ennek persze elképesztő következményei voltak. Az erő egysége még hagyján: *Newton* első törvénye alapján egysége a dyn lett ($1 \text{ dyn} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}/\text{s}^2$, egy szűnyog húzóereje), de az elektromágnesség egységei annyira bonyolultak voltak, hogy nem írtuk ki őket, csak azt mondtuk, például, hogy elektrosztatikus töltésegység. A utóbbi játszva származtatható volt a Coulomb-törvény CGS-alakjából (amelyben a vákuum permittivitása egységnyi), mint az erő négyzetgyöke szorozva a távolsággal, azaz $\text{g}^{1/2} \cdot \text{cm}^{3/2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Nem csoda, hogy a fizika különböző ágai bevezették a saját egységeiket. Jómagam az atomi egységekkel keveredtem többször összetűzésbe. Elméleti fizikusok az atomi folyamatok számításakor nagy előszeretettel fejezik ki eredményeiket a.u.-ban, és mindig komoly erőfeszítésembe került azokat valamilyen kezelhető-mérhető egységgé alakítanom. Az energia esete könnyű: a Rydberg-energia kétszerese, tehát az energiára $1 \text{ a.u.} = 27,2 \text{ eV}$. 1 eV energiára tesz szert egy elektron, amikor átszel 1 V feszültséget (ifjúkoromban ezt még *feszültségkülönbségnek* hívtuk: nemcsak az egységek változnak, hanem a szóhasználat is). A tudományom itt meg is állt, és minden alkalommal, amikor, például, *igazi* távolságra (vagy hullámhosszra) volt szükségem valamilyen atomi egységben kifejezett számítás alapján, el kellett kezdenem lapozni a kézikönyveket.

Különösen szórakoztató az atomi tömegegység, az ugyanis időben és térben változik. Az atomfizikában korábban a ^{16}O atomsúlyának a 16-od részével, újabban pedig a ^{12}C -é 12-ed részével ($1,660538 \times 10^{-27} \text{ kg}$) definiálják, még szerencse, hogy ez majdnem egyenlő a proton tömegével ($1,672621 \times 10^{-27} \text{ kg}$), az meg közel van jelenlegi kedvenc tömegegységemhez, a GeV/c^2 -hez ($1 \text{ GeV}/c^2 = 1,782661 \times 10^{-27} \text{ kg}$). Ugyanakkor a kémiai skála a természetes oxigén atomi tömege, azaz a természetben előforduló oxigénizotópok keverékében mért átlagos atomtömeg 16-od részét tekintette egységnyinek, amely persze vagy fél százalékkal kisebb volt.

Bár kezdetben kicsit bosszantott, hogy a vákuumnak hirtelen egységnyitől eltérő permittivitása és permeabilitása lett, a tömegalapegység meg a logikusabb gramm helyett a kg lett, a konkrét számításokat mégis nagymértékben megkönnyítette az MKSA (m, kg, s, amper), majd az abból kinőtt SI-rendszer használata. Eltűnt egy sor történelmi mértékegység, mint a mágneses térerősség gaussa, a nyomás atmoszférája vagy a radioaktivitás curie-je. Természetesen ezt

is időbe telt megszoknom, de a tesla esete igazán könnyű volt: $1 \text{ tesla} = 10 \text{ kilogauss}$.

Elismerem, hogy a curie-nél a becquerel sokkal logikusabb egység, hiszen $1 \text{ Bq} = 1 \text{ bomlás}/\text{s}$, míg $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$, viszont vegyük észre, hogy a Bq annyira kicsi aktivitás, hogy a gyakorlatban leggyakrabban a millió- (MBq) és milliárdszorosa (GBq) használatos. Ezzel együtt is gyorsan meghonosodott a használata.

Miután Dubnában töltöttem 5 évet, itthon bekapcsolódtam a KFKI Mössbauer-laboratóriumának munkájába. A mössbaueresek (mire mi így hívtuk magunkat, *Rudolf Mössbauer* már a GALLEX neutrínófizikai kísérletben vett részt) kedvenc forrása az ^{57}Co , amellyel az ^{57}Fe stabil izotóp megfelelő átmenetét gerjesztik. Az átmenet energiája $14,4 \text{ keV}$ (kiloelektronvolt) ugyan, de a mérés annyira pontos, hogy az energiaspektrum letapogatásához a forrásból kijövő foton energiáját a céltárgy mozgásával (Doppler-hatás) változtatják. Így tehát a vizsgált anyagra jellemző, mért energiakülönbségeket a mozgás sebességével fejezik ki, azaz általában mm/s egységben. Ez tehát egy újabb energiaegység, és ember legyen a talpán, aki kapásból meg tudja mondani, hány eV-nak felel meg (tekintsük házi feladatnak).

Hosszúság

1982-ben kezdődött együttműködésem a kanadai TRIUMF intézettel. A nevét a TRI-University Meson Facility (három egyetem mezonyára) kezdőbetűiből kapta, de már akkor négy egyetem alkotta. Kanada nemrég tért át a metrikus egységekre (gondolom, ebben *Pierre Trudeau* francia kormányzásának is szerepe volt). A boltokban kg-ban kellett kiírni az egységárakat (állandó kérdés volt az eladóhoz: *az mennyi*, mármint fontonként) és a sebességkorlátozó KRESZ-táblák is km/h-ban szóltak, de ezzel nagyjából véget is ért a metrikus rendszer érvénye Vancouverben. Az amerikai gyártmányú autók, műszerek és szerszámgépek mind angolszász egységekben működtek. Észak-Amerikában persze nem így hívják: Kanadában birodalmi (*imperial*) egységeknek, Amerikában *standard* mértékrendszernek, de a közhasználatú súlymértékeikre használják a frangolul hangzó *avoirdupois* szót is. Ezek az elnevezések Magyarországról nézve viccesek, hiszen mitől lenne standard az USA mértékrendszere Amerikán kívül, a szóbanforgó birodalom pedig a brit birodalom, amelynek akkor Kanada már csak névleg volt része, és egyébként is, Kanadában az angolszász egységek amerikai változatát használták, nem az angolt.

A hüvelyk ($1 \text{ inch} = 25,4 \text{ mm}$) egészenként jól kezelhető, mert a négyeszerese nagyjából 10 cm . A baj az

amerikai mérőszalaggal az, hogy a hüvelyket nem tizedre, hanem kettesével osztja. Amikor a kísérlet geometriáját igyekeztünk feltérképezni, és valamelyikünk mérte a távolságot, hogy például 11 láb és 5 egész 11/32 hüvelyk, és a következő méret, mondjuk, 10 egész 3/8 hüvelyk volt, akkor nekem bizony nehezemre esett a kettőt kivonnom egymásból. Bonyolultabb esetben átszámoltuk a részadatokat méterre, összeadtuk-kivontuk, aztán visszaszámoltuk láb+hüvelykre, hogy *közérthető* legyen.

Egyszer ottani barátaink megkérdezték, milyen magas vagyok. Mondtam, hogy 195 cm, mire visszakérdeztek, hogy az mennyi. Előkaptam a kalkulátoromat, és közöltem, hogy mintegy 77 inch. Látva az értetlen arcokat, elosztottam 12-vel: 6,4 láb jött ki, és az sem volt jó. De amikor visszaszorozva a 0,4 lábat 12-vel, kijött 6'5", akkor azt mondták: nahát, tényleg magas vagy!

Első rajzomat a TRIUMF mechanikai műhelyében komoly derűtség fogadta, mert mm-ben skáláztam. Elismerték, hogy Kanada metrikus, de a gépeik mind amerikaiak voltak, tehát megkértek, méretezzem át érthető egységekre. Megtettem, pici szerkezetről lett lévén szó, mil-ben, amely ugyan a hivatalos definíció szerint a yard 3600-ad része, viszont éppen egy ezred inch. A menetekkel viszont bajban voltam, mert fogalmam sem volt, mit írjak az M1-es csavarok helyére. Kérésre a művezető a „0-80”-asat javasolta, mint jó kicsit. Meglepetésemre csavarokat a kész szerkezethez nem kaptam: Kiderült, hogy olyan kicsi csavarok Vancouverben nem léteznek, Kanada másik végéből, Torontóból kellett hozatnom őket.

Rengeteg angolszász hosszúságegység van, és a legtöbbet használják is, például 1 line (vonal) = 1/40 hüvelyk (0,635 mm), 12 hüvelyk = 1 láb (foot, 304,8 mm), 3 láb = 1 yard, 1 fathom = 2 yard és néhány közbülsőt átugorva 1 mérföld (mile) = 1760 yard = 1609 m. A köznapi használatban elég tudnunk, hogy a yard kicsit kevesebb, mint 1 m, a mérföld meg valamivel több, mint másfél km. A naiv közep európai vendég fő problémája nem maga az egység, hanem a különböző egységek közötti véletlenszerű szorzófaktor. Ráadásul a legtöbb mértékegység amerikai és brit definíciója különbözik: a yard esetén ez kicsi, 10^{-5} körüli, de számomra annál érthetlenebb.

A hüvelyktől Európában sem szabadultam. Első antiprotonos kísérletünkhöz japán kollégáim amerikai kriosztátot és gáztargetet vásároltak, amely, természetesen, amerikai méretezésű alkatrészekkel rendelkezett. Ahhoz, hogy a CERN metrikus rendszeréhez csatlakoztassuk, rengeteg átmenetet kellett készítenünk, rövid rézcsöveket egyik felén metrikus, másikon angolszász menetű csatolókkal. 1993-ban hosszú órákat töltöttem azzal, hogy szortíroztam ezeket a menetes szerelvényeket és filctollal ráírtam az amerikaiakra a méretet, a hazait ugyanis ránézésre meg lehet becsülni. Biztosan az amerikaiat is, csak nem nekünk, és főleg nem, ha összekeveredtek a metrikusakkal. Az egyik gyakori méret, 3/8 hüvelyk, például, közel 10 mm, viszont a menete egészen más; a kettő nem

megy egymásba, ami gyakran akkor derült ki, amikor már tönkretettük az erőltetéssel.

Amerikában viszont tapasztaltam a yardnak, mint hosszúságegységnek egy rendkívül praktikus használatát. A legtöbb településen a házszámok valahonnan, többnyire a városközponttól kezdve utcánként százat ugranak, úgyhogy könnyű a térkép alapján utazási távolságot becsülni, és azt, hogy egy keresett cím melyik két kereszttutca közé esik. Ráadásul a házak számát meg gyakran az határozza meg, milyen messze vannak a blokk végétől, tehát nincs kavarodás, ha egy telket megosztanak. Az a cím tehát, hogy *3952 East 57th Avenue* azt jelentheti, hogy az adott ház az 57. kelet–nyugati utca keleti felén van, a 39. blokkban, mintegy 52 távolságegységnyire (pl. yardra) a keresztdődtől. Az európai módszer persze jóval izgalmasabb az összevissza kezdődő és befejeződő, véletlenszerűen elnevezett, tekervényes utcákkal és az utca elején mindig újakezdődő házszámozással. A tokiói címek még érdekesebbek: a városrész nevét három szám követi, az első egy kis városnegyedé, a második egy blokké, a harmadik pedig a házszám a blokkon belül, amelyet kis térképek mutatnak hirdetőoszlopon. Utcanevekre persze így nincs is szükség.

Terület

Egészen mostanáig fennmaradt Magyarországon néhány régi, nem-metrikus mértékegység, mint a *bold* és a *négyszögöl*, de kihalóban vannak. Azt persze tudjuk, hogy egy telek 200-as, ha hétszáz-valahány négyzetméter, de ez is lassan elmúlik, mint ahogy a mezőgazdaságban is eluralkodott a hektár.

Amerikában a lakások és kis telkek területét négyzetlábban, a nagyobbakat, mint az országokét pedig négyzetmérföldben mérik.

Térfogat

Az SI, a m^3 és társai mellett megengedi a litert és mellette a hektolitert, decilitert és centilitert, az utóbbiakat nyilván történeti okokból.

A térfogat logikus angolszász mértékegysége, természetesen, köbhüvelyk (cu in), köbláb (cu ft), köbyard stb., de vannak egészen sajátosak is, mint a folyadék-uncia (fluid ounce), ebben mérik az élelmiszereket. 1 fl oz = 28,4 és 29,6 cm^3 Angliában, illetve Amerikában, és ez nem a köbösített hüvelyk különbsége, hanem a különböző gallonoké, az amerikai gallon ugyanis éppen 231 US-köbhüvelyk, azaz 3,785 liter, szemben a brit gallonnal, amely sokkal több, 4,546 liter. Az italt viszont kvarthban (*quart*) és pintben mérik, amely a gallonok negyed, illetve nyolcadrésze. A quart nem tévesztendő össze a *quarter*rel, amely sokkal nagyobb, Angliában 64 gallon. Kanadában vettem egy ősrégi, hatalmas amerikai autót, a motorja 480 köb-inch volt, azaz csaknem 8 literes; a tankjába, ha jól emlékszem, 30 USA-gallon benzint fért.

Egyébként a naív idegen megzavarására minden anyagot másféle űrmértékben mérnek, a búzát, például, *bushel*ben, amely Angliában 8 gallon, Amerikában pedig köbhüvelykben definiálják, de literben nem pontosan annyira jön ki. A kőolaj mértéke a hordó, amely az egyszerűség kedvéért Angliában 36 gallon (*barrel oil*), az USA-ban pedig 42 gallon (*petroleum barrel*), egyébiránt pedig majdnem pontosan egyenlőek 159 liter körül. A lexikon szerint van még jó pár egzotikus angolszász térfogategység, de azokkal, szerencsére, nem volt alkalmam találkozni. Jó sok angol egységet sorol fel egyébként a <http://home.clara.net/brianp/quickref.html> honlap.

Súly, tömeg

Első találkozásom az angolszász egységekkel egy londoni szállodában történt, amikor ráálltam a fürdőszobáméregre: el nem tudtam képzelni, milyen súlyegységben nyomhatok 12-t. Otthon aztán utánanézttem: ők a testsúlyt stone-ban mérik (kő), amely 6,35 kg. Ez szerencsére Amerikában nem ismeretes, ott a testsúlyt fontban mérik. Furcsa, hogy a *pound* szót lb-vel jelölik a latin *libra* után.

A rengeteg angolszász tömegegység attól is függ, mit mérünk vele: a patikában és az ékszerészetben egészen más tömegegységeket használnak, de ez nyomaiban nálunk is megmaradt, mint például a *karát*. Ami nagyon rendes tőlük: az angolszász tonna ugyanannyi Angliában és Amerikában és közeli a metrikushoz: 1 *ton* = 1016 kg. Persze ez sem ilyen egyszerű, mert Amerikában használják a *rövid tonnát* is, amely pontosan 2000 font, tehát csak 907 kg.

Nyomás

Kezdetben volt a *torr*, más néven higanymilliméter (Hgmm): 1 mm higanyoszlop nyomása. Mivel a metrikus súlyt a vízzel definiáljuk és a légköri nyomás közel 10 m vízoszlopénak felel meg, valamivel metrikusabb az atmoszféra: 1 atm \equiv 760 torr = 1,013 kg/cm². Metrikus, de nem SI a *bar* vagy régebbi nevén *technikai atmoszféra*, at: 1 bar = 1 kg/cm². Vákuumméréshez használt kisebb egysége a mbar.

A nyomás SI-egysége, a pascal (1 Pa = 1 kg/m², 1 atm = 101325 Pa) kemény dió, nehezen megy át a használatba. CERN-es kollégáimmal a vákuumot és kis nyomást még ma is torrban, illetve jobb esetben millibarban fejezzük ki azon egyszerű okból, hogy a piacon kapható műszerek leginkább azt mutatják (bár fogadni mernék, hogy programozhatók lennének pascalban is). Még ma is látni időnként hPa-ban adott nyomásértéket: pseudo-SI ugyan, mert a hekto nem elfogadott ugrószám, csak az ezresek azok (kivétel a már említett hektoliter és a hPa), viszont 1 hPa jó közelítéssel 1 mbar. Mielőtt felháborodnánk eme pontatlanságon, gondoljuk meg, ez a közelítés még mindig mennyivel jobb, mint a mbar-t és a torr-t nagyjából

azonosnak venni, pedig azzal is jópárszor találkoztam már, persze csak 10⁻⁵ mbar alatti vákuumra, amelynek mérése már inkább csak nagyságrendi.

A megfelelő angolszász mértékegység a font/négyzet hüvelyk (*pound-per-square-inch, psi*). Az összes amerikai műszer ebben mért. Előnye, hogy közeli az atmoszférához, 1 bar = 14,2 psi, és legalább tizedes mértékben osztódott. Hátránya, hogy nehéz kapásból 14-gyel osztani, amikor bar-ra szeretnénk átszámítani.

Hőmérséklet

A mi *celsius*-fokunk remek, mert abból lett a fizika *kelvin*je. A *reaumure* régen kihalt, bár gyermekkoromban még voltak abban mérő hőmérők az utcán. Az angolszász *fahrenheit* viszont él és virul, de számomra reménytelen: nemcsak nem tudtam hozzászokni, de változatlanul számológépre van szükségem, hogy fogalmam legyen róla, mennyi is, például 40 F celsiusban: még a 32-t hamar levonom belőle, de az osztás 1,8-del már meghaladja a fejszámolási képességet. Szegény amerikai kollégák itt is két egység között őrlődnek, hiszen a fizika az általuk némi logikával *centigrade*-nek nevezett celsiust használja, amíg otthon a sütő vagy a szoba hőmérsékletét és a gyerek lázát fahrenheitben mérik. Az utóbbi esetben viszont kidomborodik a fahrenheit előnye: könnyű megjegyezni, hogy 100 F fölött célszerű orvost hívni (Fahrenheit a *t* = 100 F-et a saját testhőmérsékletéhez igazította, nyilván lázas volt éppen).

A történeti igazság kedvéért azért meg kell említenem, hogy ha ma a fahrenheit mint mértékegység, meglehetősen értelmetlennek tűnik is, *D. G. Fahrenheit* német fizikus csaknem 300 évvel ezelőtt készítette első hőmérőjét, és utána még vagy 200 éven keresztül a Fahrenheit-féle hőmérők voltak a legpontosabbak.

Atomfizikai energia: eV, angström, nm, GHz

Első CERN-i kísérleteim az alacsonyenergiás antiproton-gyűrűnél zajlottak, kezdetben olasz, majd japán-német munkatársakkal együttműködésben (az előbbi esetben tényleg zajlottak, utána inkább csak folytak). A japán kísérletben antiproton-átmenetek energiáját mértük atomokban lézerspektroszkópia segítségével. A vizsgált átmeneti energiák a látható fény tartományába estek, tehát 2 eV körüliek voltak. A festéklézereknek, a dolgok természetéből fakadóan, a hullámhosszát szabályoztuk a rezonátor méretével, és ennek megfelelően az atomi átmeneteket hullámhosszban, nanométer egységekben kaptuk. A kalibráló vonalakat, történeti okokból, angströmben tabellázták, de azt csak 10-zel kellett osztanunk, egyszerű volt. Elméleti kollégáink azonban a cikk elején emlegetett atomi egységekben szerették megadni számításaik eredményét, amelyet nekünk kellett nm-re átszámolnunk, amíg rá nem vettük őket, hogy tabellázzák számunkra

nm-ben is (ez nekik csak egyetlen sorral jelentett többet a programkódjukban).

A nehézségek akkor kezdődtek, amikor a mérési pontosságunk kezdte elérni az igazi atomfizikusokét, akik az összes mennyiséget frekvenciában szerették kifejezni, és tőlünk is azt kérték. A hullámhosszakat továbbra is nm-ben kapjuk, de a korrekciókat, a Doppler- és instrumentális kiszélesedést és más szisztematikus hatásokat GHz-ben és MHz-ben kellett kifejeznünk, mert azok voltak többé-kevésbé függetlenek a konkrét tanulmányozott átmenettől.

Nagyenergiájú fizika

Jelenlegi fő területemen, a nagyenergiájú fizikában csaknem kizárólag két mértékegységet használunk, a GeV-et és a pikobarnt. Az, hogy az energia mértékegysége a GeV (1 GeV = 10^9 eV) nem meglepő, hiszen a nagy gyorsítók ma már TeV, azaz 10^{12} eV fölöttiek. Nem túlzottan érdekes és nehéz is észlelni a GeV alatti részecskéket. Még az is könnyen megemészthető, hogy az $E = mc^2$ Einstein-reláció alapján és a fénysebességet egységnyinek véve a tömegeket is GeV-ben mérjük, illetve a könnyebbekét MeV-ben. Igényesebb kollégák GeV/ c^2 -et, illetve MeV/ c^2 -et írnak, de kisebbségben vannak. Innen már igen apró lépés a p lendületet (idősebbek kedvéért: impulzust) is GeV-ben, illetve pontosabban GeV/ c -ben kifejezni, hiszen a nagyenergiájú részecskék gyakorlatilag mind relativisztikusak, és zérus tömeg esetén $E = pc$.

Az instabil részecskék élettartama már kicsit bonyolultabb eset. Az exponenciális bomlás időfüggésének energiában a Breit–Wigner-féle rezonancia Lorentz-függvénye felel meg, amely szerint a bomló állapot energiaeloszlása

$$W(E) \sim \frac{1}{(E - M)^2 + \Gamma^2/4},$$

ahol a csúcs M maximumhelye a bomló részecske tömege, Γ szélessége pedig az élettartammal fordítottan arányos (ezt gyakran hozzák téves ok-okozati összefüggésbe a Heisenberg-féle határozatlansági relációval, holott csak az eredetük hasonló). A rövid életű állapotok élettartamát tehát célszerű a rezonanciájuk szélességével jellemezni, amely GeV, így lesz az idő mértékegysége GeV $^{-1}$. Az azonban már tényleg furcsa, amikor – tekintettel arra, hogy a lendületet is GeV-ben mérjük, és a távolság a lendülettel hasonló viszonyban van, mint az időtartam az energiával – az igen kicsi távolságokat időnként GeV $^{-1}$ egységekben mérik.

A nagyenergiájú fizika gyakorlatilag kizárólag energiát és *hatáskeresztmetszetet* mér, az utóbbival lehet ugyanis a legegyszerűbben kifejezni azt, hogy két egymásnak repülő részecske milyen valószínűséggel lép kölcsönhatásba. Történeti okokból a hatáskeresztmetszet egysége a *barn*, 1 barn = 10^{-28} m 2 . Ez első ránézésre ugyan kicsinek tűnik, de a neve nem véletlen: már a keresztzülei tudták, hogy nagy lesz, azért

nevezték így el (a barn angolul *csúirt* jelent). A nagyenergiájú fizika jellegzetes folyamatai pikobarn (azaz 10^{-12} barn) körüli hatáskeresztmetszettel rendelkeznek, bár mostanában a ritka folyamatoknál a femtobarn (10^{-15} barn) is gyakran előfordul. Mivel pedig az álló céltárgyas kísérletek *fluxusát* és az ütközőnyalábok *luminozitását* egyaránt a felületegységen időegység alatt áthaladó vagy ütköző részecskék számával, azaz cm $^{-2}$ ·s $^{-1}$ egységben mérjük, a legegyszerűbb azt is barnnal kifejezni. A teljes vagy integrális luminozitást a luminozitás idő szerinti felösszegzésével, integrálásával kapjuk a gyorsító működésének idejére. A LEP, például, működése utolsó évében, 2000-ben, mintegy $\mathcal{L} = 220$ pb $^{-1}$ integrális luminozitású elektron–pozitron ütközést produkált 200 GeV körüli ütközési energiával. Ebből könnyű megmondani, mennyi eseményt várunk egy ismert hatáskeresztmetszetű reakcióból: ha például a vizsgált hatáskeresztmetszet 2 pb, az észlelési határfokunk pedig a szimulációk szerint 50%, akkor $\mathcal{L} = 100$ pb $^{-1}$ luminozitásnál 100 eseményt várhatunk.

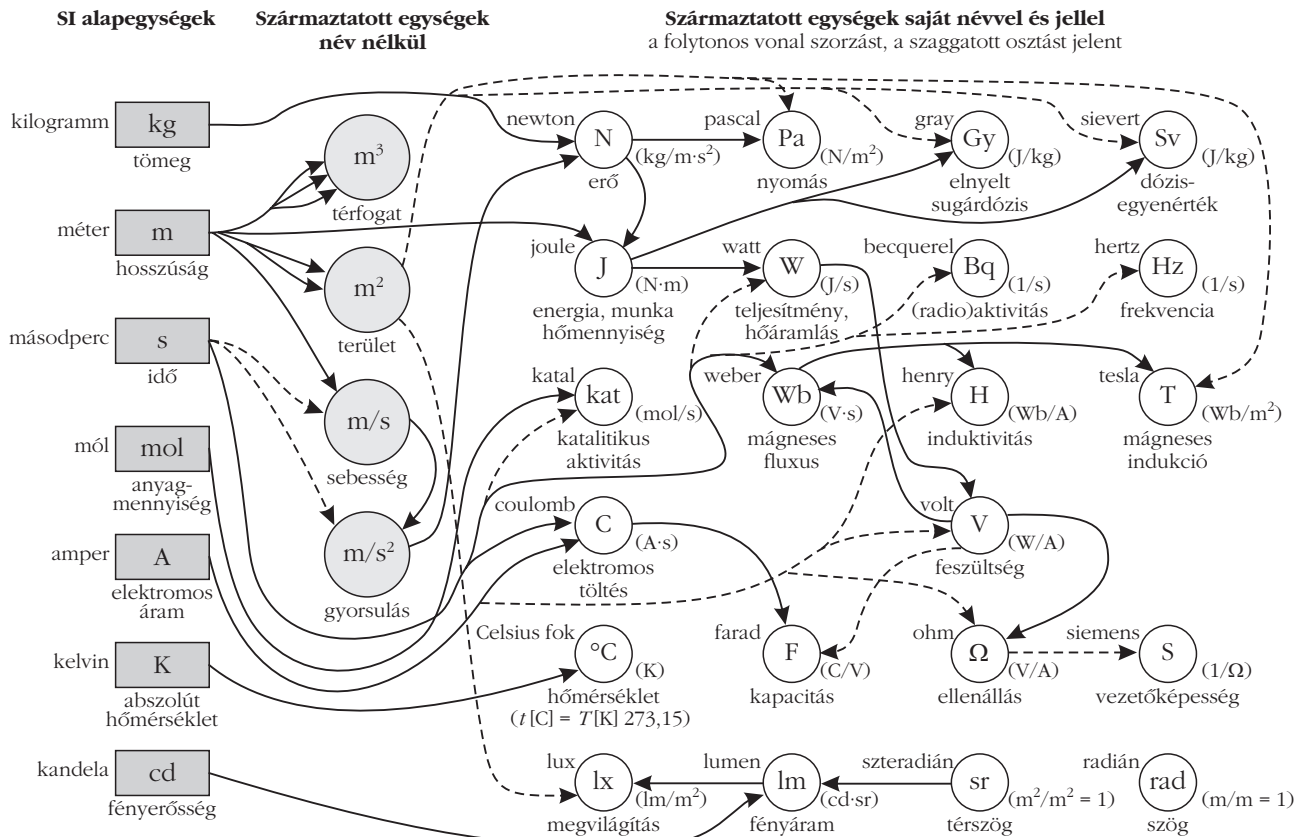
Érdekes a részecskefizika szögmérése is. Egy nagyenergiájú elektron–pozitron, proton–proton vagy nehézion-ütközést követően a szélrózsa minden irányába repülnek szét a részecskék. A fizikai analízishez azonosítanunk kell az azonos irányban kibocsátott *hadronzárporok* egymáshoz tartozó részecskéit, és ehhez az egyes részecskék pályájának távolságát egymástól célszerű a lendületvektoruk közötti szöggel definiálni. Ezt a LEP gyorsítónál szöggel, illetve annak koszinuszával fejeztük ki. A protonütköztetőknél viszont a polárszög helyett *pszeudorapiditást* használunk, amelynek definíciója $\eta = -\ln \Theta/2$, ahol Θ a részecske és a nyaláb közötti szög (Θ a részecskefizika kedvenc görög betűje, mindenféle szöget jelölünk vele, még az állapotok keveredésére vonatkozókat is). Az ilyen ütközéseknél a legtöbb kirepülő részecske nyalábirányú háttéreseményhez tartozik, tehát annál érdekesebb valami, minél merőlegesebb a lendületvektora a protonnyaláb irányára. Ugyanakkor a pszeudorapiditás csak a nyalábtól való szögtávolságot jellemzi, a részecskepályák egymáshoz képesti távolságához célszerű bevenni a Φ azimutuszöveget is, amely a gyorsítóknál használatos koordinátarendszerben, ahol a nyaláb iránya a z -tengely, a nyalábra merőleges síkra vetített szög. Az LHC-kísérletekben tehát a részecskepályák távolságát szög helyett a

$$\Delta R = \sqrt{\eta^2 + \Phi^2}$$

mennyiséggel jellemezzük.

Éljenek a metrikus egységek!

Számomra a metrikus rendszer legszebb része az ezres váltószámok: a méterből így lesz kilométer és femtométer (amely történetesen régebben fermi volt), a s-ből ns és a kg-ból ... no, itt egy kis dadogást észlelünk, hogy nem a gramm az alapegység és a mega-



1. ábra. Az SI-mértékegységek összesítése. Balról jobbra az alap, az elsődleges és másodlagos származtatott SI-egységek. Feltüntettük az egységek nevét, jelét és származtatását; az utóbbit mind képletel, mind pedig összekötő vonalakkal. A folytonos vonalak szorzást jelentenek, azaz a kiinduló mennyiség szorzótényezőként szerepel a nyíllal jelölt végegység származtatásánál, a szaggatott vonal pedig osztást.

gramm tonna maradt, de a milligramm és mikrogramm működik. Szegény angolok nagyon szenvedhettek, amikor a régi, megszokott pénzrendszerükről (1 shilling = 12 penny, 1 font = 20 shilling, 1 guinea = 21 shilling) át kellett térniük az 1 font = 100 penny fantáziátlan és unalmas rendszerére.

A tudomány metrikus és a közélet angolszász hosszúságegységei meglehetősen zavart jelentenek Amerikában. Számomra a legelképezetőbb példa erre a 650 millió dolláros *Mars Climate Orbiter* űrmisszió, amely a NASA hivatalos elemzése szerint főként azért veszett oda, mert 57 mérföld helyett 57 km magasan léptették be a Mars légkörébe. A jelentés persze ennél diplomatikusan fogalmaz: egyrészt közli a tény, hogy 80–90 km magasság helyett 57 km-en lépett be a légkörbe, másrészt pedig hibaként felrója, hogy nem váltottak át bizonyos mennyiségeket angolszászról metrikus egységekre.

Amikor egy fiatal kanadai munkatársamnak panaszkodtam, milyen nehéz megszokni az angolszász

mértékegységeket, rákérdezett, mi, magyarok, mennyire vagyunk metrikusak. Közöltem, hogy maximálisan. Erre jöttek a keresztkérdések: Mekkora a súlyom? Mondom, 76 kg, de nálunk úgy kérdezik: hány kiló vagy. Mekkora a lakásom területe? 64 m². Némi gondolkodás után felcsillant a szeme: hány tojás van egy dobozban? Mondom, tíz. Erre kifakadt: miféle ország lehet az, ahol 12 helyett 10 tojást raknak egy dobozba? Mosolyogva mondtam: metrikus.

Ezt a cikket elsősorban a saját szórakoztatásomra írtam, és csak reménykedhetem benne, hogy az olvasóira is. *Trócsányi Zoltán* barátom viszont azt tanácsolta, tegyem hasznossá azzal, hogy hozzárakok egy ábrát az eredeti és származtatott SI-egységekről. Többféle van forgalomban, angol nyelvű minta alapján felépítettem egyet magyarul. A másodlagos mértékegységeket általában szorzással-osztással kapjuk az eredetiekből: a folytonos vonalak a nyíl irányában szorzást, a szaggatottak osztást jelentenek. Köszönöm a tippet, Zoli!

KITÜNTETÉS

Az Európai Fizikai Társulat Tanácsa 2007. március 23–24-i londoni ülésén a nukleáris szilárdtestfizika magas színvonalú műveléséért és a magyar és európai fizi-

kus közösségnek tett lelkes szolgálataiért *Nagy Dénes Lajost* az EPS tiszteleti tagjává (EPS Fellow) választotta. Az ülésen 8 EPS Fellow-t választottak meg.