

Az új SI-mértékegységrendszer

Nagyné Szilágyi Zsófia

vegyésszámológép, főosztályvezető, BFKH Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály
(MMFF)

nagyne.szilagyi.zsofia@bfkh.gov.hu

Szűcs László

fizikus, osztályvezető, BFKH MMFF Sugárfizikai és Kémiai Mérések Osztály (SKMO)

szucs.laszlo@bfkh.gov.hu

A mértékegységek minden korban fontos szerepet játszottak, amelyeknek alapvető mozgatórugói a kereskedelem és az egymás közti elszámolás voltak (pl.: természetbeli adószolgáltatás). Leginkább a hossz-, az idő-, a terület- és térfogat-, valamint a tömegegységek domináltak. Ezek a mértékegységek általában az emberi testrészekkel voltak kapcsolatosak és jelentősen különböztek egymástól még országokon, birodalmakon belül is, bár a középkor óta minden országban megvolt a törekvés az egységesítés felé. Ezt Luxemburgi Zsigmond Magyarország királyának 1405. évi 1. és 2. decretumai is bizonyítják, de így volt ez más országokban is.

1795. április 7-én a Francia Konvent a hosszúság egységeként elfogadta a métert (a Föld délkeleti hosszának negyvenmilliomod részéként definiálva), kilogrammként pedig 1 liter víz tömegét. Nagy jelentőséggel bírt, hogy a mértékegységek tízes rendszerét (az egységek tízszeresét, ill. tized részét) vezették be, ami addig nem volt általános. Az új definíciók nem lettek a társadalom széles köre által elfogadva. Az első hosszúság etalonok rézből, márványból készültek, majd tiszta platinából, végül platina-iridium ötvözetből. Franciaországban is csak az 1850-es évekre vált általánossá a méterrendszer. 1867-ben a Párizsi Világkiállításon létrehozták a Nemzetközi Méterbizottságot, ahová 24 országot hívtak meg, köztük az Osztrák-Magyar Monarchiát is.

Magyarországon a méterrendszert az 1874. évi VIII. törvénycikk – amelyet április 20-án hirdettek ki és 1876. január 1-től lépett életbe – vezette be. Párizs külvárosában (Sèvres) 1875. május 20-án létrehozták a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalt (BIPM), amelynek célja a méterrendszer fenntartása, fejlesztése, a nemzetközi etalonok fenntartása, a mérések egységességének és nemzetközi elfogadottságának biztosítása. Jövőre lesz 150 éve, hogy a Méteregyezményt alapítóként az Osztrák-Magyar Monarchia részéről 1875-ben gr. Apponyi Rudolf aláírta. A Méteregyezmény legfelsőbb döntési szerve az Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia (CGPM), amely 4 évente ülésezik. Az ülések közti időben az operatív szerv a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Bizottság (CIPM), amelynek a múltban három magyar képviselője is volt (Kruspér István 1879-1894, Bodola Lajos 1894-1929, Honti Péter 1968-1981).

1960-ban a CGPM 11. ülése döntött az SI (Système International d'Unités) bevezetéséről. A mértékegységrendszer 6 alapegységről állt, majd a CGPM 14. ülése kiegészítette a rendszert 7-re, az anyagmennyiség, a mól bevezetésével. 1960 óta a tudományos-technikai háttér fejlődése és elvárásainak szigorítása miatt a méter és a másodperc definíciója már kvantummechanikai alapokra került.

Az utolsó „tárgyi” etalon a kilogramm etalonja volt. Ezt a BIPM területén 8 méter mélyen 3 egymásba épített üvegbúra alatt, három kulccsal nyitható (amelyek három különböző személynél vannak) klimatizált helyiségben helyezték el. Az etalont 6 db tömegetalon vette körül, amelyek ugyanabból a platina-iridium ötvözetből, ugyanakkor készültek, mint maga a fő etalon, és amelyekhez rendszeresen (bár elég ritka időközönként) összemérték. A tapasztalatok alapján átlagosan 50 µg tömegcsökkenés volt tapasztalható. Ez a mai világban elfogadhatatlan.

A CGPM 26. ülése (2018. november 16.) hosszas előtanulmányok és kísérletek alapján drasztikusan megújította az SI mértékegység-rendszert. Ezen az ülésen Nagyné Szilágyi Zsófia, a BFKH MMFF főosztályvezetője, a Magyar Nemzeti Metrológiai Intézet képviselőjeként vett részt. A változás alapvetően megváltoztatta az SI mértékegységeinek hierarchiáját, a kandela kivételével kvantummechanikai alapokra helyezte az etalonok gyakorlati megvalósítását. Az új definíciók 2019. május 20-óta érvényesek.

A döntés értelmében 6 mértékegység univerzális természeti állandón alapul, egy esetben (kandela) egy ún. technikai állandón. Az utolsó etalon tárgy, a kilogramm szerepét a Planck-állandó vette át. Szerepet kapott a fénysebesség, a Boltzmann-állandó, a Cs-133 atom két hiperfinom nívója közti átmenet frekvenciája, az elemi elektromos töltés értéke és az Avogadro-szám. Szemléletbeli változás jött létre. Az említett természeti állandók értéke 2019 óta rögzített. Az adott természeti, ill. technikai állandók a mértékegységek megvalósításában játszanak szerepet.

Az új definíciók lehetővé teszik, hogy bárhol és bármikor létre lehessen hozni egy etalont. Ellentétben az ős etalonokkal, egy adott mértékegység esetén több értéknél is lehetővé vált annak megvalósítása. Az új definíciók egységes szöveggörnyezetben határozzák meg a mértékegységeket. A tudomány és technika fejlődésével időről időre át kell tekinteni ezeket a definíciókat, mert a meghatározásokban szereplő természeti állandók értékének pontosítása magával hozza azok újra definiálását. A legközelebbi revízió valószínűleg a másodpercet fogja érinteni, mivel a pillanatnyi megvalósítása az ún. cézium-fountain (az atomórák egy típusa) segítségével történik, amelynek pontossága 10^{-15} nagyságrendű. A kutatások az ún. optikai órák területén mutatják a jövőt, amelyek pontossága már 10^{-18} nagyságrendben van.

Az új „óra” pontossága elképesztő, ha meggondoljuk, hogy a fénysebesség értéke mintegy $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, így a fény által megtett távolság $t=10^{-18} \text{ s}$ alatt mindössze: $3 \cdot 10^{-10}$ méter (0,3 nanométer). Az új definíciók mellett a régi etalonok is használatban maradnak, de ezek már nem alapértékek, hanem bizonytalansággal rendelkező „használati etalonok”.