

## MÉRTÉKEGYSÉGEK ÉS ETALONOK KULTÚRTÖRTÉNETE

### c. választható tárgy (2016.)

Az **előadó**, dr. Pataki Péter nyugalmazott címzetes docens, aki az Országos Mérésügyi Hivatal elnökhelyettese és az EUROMET magyar delegátusaként másfél évtizeden keresztül vett részt az alkalmazott és tudományos metrológia nemzetközi együttműködésében. Számos cikkében és előadásában foglalkozott a metrológia kultúrtörténetével, az elsődleges etalonok bemutatásával. Korábbi, két évtizedes egyetemi munkássága is a műszer- és mérés technika kutatás-fejlesztésére és a Mérés technika tárgy előadására vonatkozott. A Schnell László Műszer- és Mérés technika Alapítvány elnökeként a BME Mérés technika és Információs Rendszerek Tanszékét támogatja.

Az **előadás célja** az alapegységek és elsődleges etalonok fejlődéstörténetének bemutatása, a mai megvalósítások fizikájának tárgyalása. Az előadás súlyt helyez a tudománytörténeti, az elméleti és technológiai valamint a nemzetközi együttműködési vonatkozások bemutatására, illetve a várható fejlődési irányok felvázolására. Közel száz vetített ábra és kép segíti a megértést és színesíti az előadást.

#### A tárgy tematikája:

##### 1. fejezet: Történelmi áttekintés

A metrológia mint a mérés tudományának és technikájának összessége. A mérés elméleti és technológiai megközelítése. A mértékegység és etalonjai. A mérési eredmény megbízhatósága, összehasonlíthatósága és visszavezethetősége, mint a mérési eredmény kölcsönös elismerhetőségének feltétele.

A mérési kultúrára jellemző példák, súlypontok a különböző korokban valamint ezek tudományos és áltudományos értékelése napjainkban :

- az ókori folyómenti kultúrákban (kínai, indiai, mezopotámiai, egyiptomi) valamint a hellén és római társadalmakban,
- a középkorban („ezer év sötétség” helyett a gazdálkodás, árutermelés, építészet, matematika és a mérések egységesítésének kora),
- a reneszánszban (fellendülés a művészetben - megtorpanás a tudományban(?), felfedezések kora - tengeri navigáció),
- a gényuszok századában (a kísérleti és elméleti tudomány híres párosai, absztrakció és modellezés, csillagászat és helymeghatározás),
- a felvilágosodásban és a XX. század első harmadában (új tudományterületek megjelenése, az eltérő mértékegységek „káosza”, az egységesítés és a statisztikai szemlélet kialakításának igénye),

##### 2. fejezet: Mértékegységrendszerek

A méterrendszer: a felvilágosodás, a francia forradalom szerepe a metrikus méterrendszer terjedésében. Gauss és Maxwell munkássága a koherens egységrendszerek, az alapegységek kialakításában. A Méteregeyzmény és párizsi központjának létrehozása (1875), magyar tudósok és az Osztrák-Magyar Monarchia közreműködése. SI nemzetközi egységrendszer bevezetése (1960) és elterjedésének buktatói (pl.: egy Mars-űrszonda katasztrófája (1999)). SI alapegységek rendszere, magyar tudós szerepe a nemzetközi egységdefiníciók szemléletváltó fejlődésében.

Természeti állandókon alapuló kvantumfizikai primer etalonok szerepe a mérési eredmények megbízhatóságában, összehasonlíthatóságában, visszavezethetőségében. A természeti állandók állandósága és a nagy kvantumfizikai alapelv. Az „Új SI” koncepció megjelenése.

### 3. fejezet: Időetalonok

Az idő alapegysége a másodperc: a homokórától az atomóráig. Az atomórák fizikája (egy maxwelli jóslás megvalósulása, cézium frekvenciaforrás pontosságának korlátai, a lézerhűtés technikája és az ötödik halmazállapot kísérleti igazolása). A „határtalan pontosság” és a nemzetközi időskála.

### 4. fejezet: Hosszúságetalonok

A hosszúság alapegysége a méter: történelmi áttekintés, a méterdefiníciók és etalonjaik fejlődése. Bay Zoltán úttörő munkássága: lézerhullámhossz, mint hosszetalon. A lézerek fizikájának és típusainak tárgyalása. Lézer-méteretalonok hullámhosszának átszarmaztatása mechanikai hosszetalonokra (mérőhasábokra): Michelson-interferométerek.

Hosszúságmérés kapcsolódó mérései: érdességmérések (atomi méretekben pásztázó tűszondás mikroszkóppal, felületi profil mérése interferométerrel, stb.), távolságmérések (Jákob-pálcájától a „total station”-okig, illetve a globális navigációs szatellit rendszerekig). Lézerfrekvencia mérése atomórával! Öt nagyságrenddel eltérő frekvenciák összehasonlításának technológiája: a Femtoszekundumos Optikai Frekvenciafésű Technológia tárgyalása. Az impulzuslézerek hatalmas teljesítménysűrűségének, femtoszekundumos pulzusszélességének szerepe a frekvencia-összehasonlításban, az atomi építőelemek mozgásának lefényképezésében, a szabályozott magfúzióban, a csillagháborúba, stb. (Több Nobel-díjas felfedezés gyors hasznosulása; a spin-off vállalkozások szerepe.)

### 5. fejezet: Elektromos és mágneses etalonok

Az amper villamos alapegység kvantumfizikai megvalósítása töltésszámlálással, valamint feszültség- és ellenállás-etalonokkal: (Josephson-etalon, Kvantum Hall-etalon és a Single Electron Transistor fizikája és technológiája. A pontosság kvantumfizikai korlátai: a megvalósítási és reprodukálási bizonytalanságok megkülönböztetése.)

A kvantumfizikai elvű primer etalonokról való továbbszarmaztatás nagy pontosságú eszközei: Zener-etalonok, ellenállásetalonok (pl. Hamon-osztók) illetve az összehasonlítás szupravezető eszközei az áramkomparátor (CCC) és a nagyérzékenységű nullindikátor magnetométer (SQUID).

Napjaink kihívása a  $\mu_0$  és  $\epsilon_0$  kísérleti meghatározása, aminek ígéretes eszközei lehetnek a Kvantum-Hall Etalon (QHE) és a Thompson-Lampard Kereszt-kondenzátor (TLC).

### 6. fejezet: Tömegetalonok

A tömeg alapegysége a kilogramm: történelmi áttekintés, az egyetlen alapegység, amelynek definíciója napjainkig egy prototípus. A nemzetközi prototípus stabilitásának és a nemzeti tömegetalonok kalibrálásának kérdései. A természeti állandó alapú tömeg-meghatározás alternatívái, az új etalonkísérletek fizikája és a pontossági határok. Két módszer – a „varázsgömb” és az „árammérleg” - amelyek kiegészítik egymást, és remélhetőleg lebontják a korlátokat. A 2011-re várt új tömegdefiníció halasztásának okai. A beharangozott új tömeg-meghatározás, amely megváltoztat majd alapegységeket és szemléletmódot egyaránt (lesz „Új SI” ?).

A tömeghez kapcsolódó egységek: nehézségi gyorsulás és gravitációs állandó (graviméterek, GRACE program), súlymérések (összehasonlítási módszerek modellezése), valamint erő-, nyomás- és áramlásmérések nagy pontosságú etalonberendezései.

### 7. fejezet: Hőmérséklet-, fényerősség- és anyagmennyiség egységei és etalonjai

A hőmérséklet egysége és etalonmértékei. Az etalon hőmérsékleti pontokat megvalósító fix-pontok fizikája és technológiája (pl. hőáram-kompenzált hőszigetelés). Összehasonlító eszközök fizikája és az interpolációs technikák szerepe a nagy pontosságú hőmérsékletmérésben. Kémiai és biológiai

etalonok, anyagminták megvalósításának, valamint e két szakterület mérési eredményei kölcsönös elfogadhatóságának aktuális kérdései és a gazdasági szükségszerűség.

8. fejezet: A természeti állandók felosztása, megismerhetősége és bizonytalansága (Maxwell-től Hawking-ig)

9. fejezet: Az „Új SI” koncepciója, az alapegységek definícióinak várható változása

10. fejezet: A statisztika és az etalon

11. fejezet: A GUM-etalon: a bizonytalanság típusú megközelítés. Példa: a kiterjesztett bizonytalanság becslése, mint a mérés- és áramkörtervezés hatékony eszköze.

12. fejezet: Kalibrálás és visszavezethetőség

13. fejezet: Mérés és gazdaság, gigantikus befektetések, „A pontos mérés a fizika szíve, tapasztalatom szerint az új fizika a következő tizedesnél kezdődik.”

14. fejezet: Híres magyarok, Eötvös Lorándtól Bay Zoltánig

*Az előadássorozat végén a hallgatók megkapják a 120 oldalas elektronikus jegyzet elérhetőségét!*  
*Pataki Péter*