

MÉRTÉKEGYSÉGEK ÉS ETALONOK KULTÚRTÖRTÉNETE

c. választható tárgy (2021. tavaszi félév)

Az **előadó**, dr. Pataki Péter címzetes docens, az Országos Mérésügyi Hivatal nyugalmazott elnökhelyettese. Az EUROMET magyar delegátusaként másfél évtizeden keresztül vett részt az alkalmazott és tudományos metrológia nemzetközi együttműködéseiben. Korábbi, két évtizedes egyetemi munkássága is a műszer- és mérés technika kutatás-fejlesztésére, valamint a Mérés technika tárgy előadására vonatkozott (Pataki: Mérés technika I., jegyzetszám: 51442) . A Schnell László Műszer- és Mérés technika Alapítvány leköszönt elnökeként huszonnégy éven keresztül támogatta a BME Mérés technika és Információs Rendszerek Tanszék oktatási-kutatási tevékenységét és a villamosmérnöki kar hallgatóit.

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 részletes 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:

- ókori folyómenti kultúrák (kínai, indiai, mezopotámiai, egyiptomi) valamint hellén és római civilizációk,
- középkor, az „ezer év sötétség”, ami valójában a gazdálkodás, áruterelés, építészet, matematika és a mérések egységesítésének kora,
- reneszánsz, fellendülés a művészetben - megtorpanás a tudományban(?), a földrajzi felfedezések kora – a tengeri navigáció,
- géniuszok százada, a kísérleti és elméleti tudomány híres párosai, absztrakció és modellezés, csillagászat és helymeghatározás,
- felvilágosodás és a XX. század első harmada, 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 Méteregezmény és párizsi központjának létrehozása (1875), magyar tudósok és a Osztrák-Magyar Monarchia közreműködése. SI nemzetközi egységrendszer bevezetése (1960) és elterjedésének buktatói (pl.: egy Mars-űrszonda katasztrófája (1999). SI alapegységek rendszere.

3. fejezet: Időetalonok

Az idő alapegysége a másodperc: a homokórától az atomóráig. Az atomórák fizikája, egy maxwelli

jóslás megvalósulása, a 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 méreteken 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, femto-szekundumos pulzusszélességének szerepe a frekvencia-összehasonlításban, az atomi építőelemek mozgásának lefényképezésében, a szabályozott magfúzióban, a csillagháborúba, stb.

5. fejezet: Elektromos etalonok, mágneses összehasonlítások

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, ellenállás-etalonok (pl. Hamon-osztók) illetve az összehasonlítás szupravezető eszközei az áramkomparátor (CCC) és a nagyérzékenységű nullindikátor magnetométer (SQUID).

Napjaink kihívása a μ_0 és ϵ_0 kísérleti meghatározása, aminek ígéretes eszközei lehetnek a Kvantum-Hall Etalon (QHE) és a Thompson-Lampard Keresztkondenzátor (TLC).

6. fejezet: Tömegetalonok

A tömeg alapegysége a kilogramm: történelmi áttekintés, az egyetlen alapegység, amelynek definíciója másfél évszázadon keresztül 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 2019-es új tömeg-meghatározás, amely megváltoztat alapegységeket és szemléletmódot egyaránt (az „Új SI”).

A tömeghez kapcsolódó egységek: nehézségi gyorsulás és gravitációs állandó (graviméterek, GRACE és a LIGO programok), súlymérések kapcsán az összehasonlítási módszerek rendszerezése, valamint erő-, nyomás- és áramlásmérések nagy pontosságú etalon-berendezései.

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 szükségesség.

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

9. fejezet: Az „Új SI” koncepciója, az alapegységek definícióinak megváltozása (2019.)

10. fejezet: A statisztika és az etalon: történelmi példák, a legkisebb négyzetek módszerének születése (Legendre és Gauss vitái), a tolerancia Gauss-i etalonja, egy eloszlás titokzatos feltalálója, ...

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

12. fejezet: Kalibrálás és visszavezethetőség

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

14. fejezet: Híres magyarok, Eötvös Lorándtól Simonyi Károlyig

A távoktatásban előadott tárgy elsajátítását Pataki P.: Mértékegységek és etalonok kultúrtörténete c. elektronikus könyv támogatja.

*Pataki Péter
2020.10.16.*