

Métermérés

Kiss Réka
Méréspartner: Juhász Kinga
Gyakorlatvezető: Sántha Levente Márk

Mérés ideje: 2019.02.12.

Mérés helye: Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar
1083 Budapest, Práter utca 50/a
kiss.reka.3@hallgato.ppke.hu

I. SI MÉRTÉKEGYSÉGRENDSZER

A. Kialakulása

A mérés tulajdonképpen a természettudományos megismerés alapja. Lényege, hogy egy önkényesen választott egységhez hasonlítjuk a mérendő jellemzőt. Ebből alakultak ki régebben az első mértékek, mint a láb, hüvelyk, könyök, arasz, marok, amik szorosan az emberhez köthetők. Hasonló módon alakulhattak ki a távolság mérésére használt kifejezések, mint a hajításnyira, köpésnyire vagy a tárolásra használt tárgyakhoz kötődően az akó, véka, hordó mértékek. Azonban ezek nem voltak egységesek, emberenként eltértek, sőt az egyes országokban és szakmákban is eltértek. Így tehát jogosan felmerült az igény egy nemzetközileg egységes, (például természeti állandókból) levezethető mértékegységrendszer kidolgozására.

B. Egységei

Az SI mértékegységrendszer elődje az ún. MKS rendszer volt, amely három alapegységre (hosszúság, tömeg és idő) épült, ezek kezdetüiből kapta a nevét. A rendszer egységes elfogadását és használatának lehetőségét az biztosította, hogy a legkülönbözőbb szakmák nemzetközi szervezetei működtek együtt. Az együttműködés eredménye a jelenleg is használt SI mértékegységrendszer, melyet 1960-ban fogadott el a 11. Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet.

A Mértékegységek Nemzetközi Rendszerének valamennyi egységét hét alapegységből lehet származtatni, ezek az:

- alapmennyiségek
- kiegészítő egységek
- származtatott mennyiségek.

Fizikai mennyiség	Jele	Egység neve	Mértékegység
hosszúság	l	méter	m
tömeg	m	kilogramm	kg
idő	t	másodperc	s
elektromos áramerősség	I	Amper	A
termodinamikai hőmérséklet	T	Kelvin	K
anyagmennyiség	n	mól	mol
fényerősség	I_v	kandela	cd

Az alapmennyiségek

Az alap- és kiegészítőegységek képezik a mértékegységrendszer alapját, ezért igen fontos, hogy ezeket nagy pontosságú, állandó értékű etalonokkal adják meg.

Az SI-alapegységek közül a kilogramm-alapegység (tömegegység) nemzetközi etalonja a Párizs mellett fekvő Sévres-ben őrzött platina-irídium henger. A többi hat SI alapegységet fizikai kísérletek alapján határozták meg. Az alapegységek segítségével megkaphatjuk a származtatott mennyiségeket. 1995 óta a korábban kiegészítő egységeknek nevezett egységeket (a sík- és térszöget) is a származtatott mennyiségekhez sorolják.

Fizikai mennyiség	Egység neve	Mértékegység
síkszög	radián	rad
térszög	szteradián	sr

Kiegészítő mennyiségek

Fizikai mennyiség	Mértékegysége (jelölése)	Kifejezése
síkszög	radián (rad)	m/m
térszög	szteradián (sr)	m^2/m^2
elektromos vezetőképesség	siemens (S)	$A * V^{-1}$
erő	newton (N)	$kg * m * s^{-2}$
teljesítmény	watt (W)	$J * s^{-1}$
frekvencia	hertz (Hz)	s^{-1}
elektromos töltés	coulomb (C)	$A * s$
elektromos ellenállás	ohm (Ω)	$V * A^{-1}$
nyomás	pascal (Pa)	$N * m^{-2}$
feszültség	volt (V)	$J * C^{-1}$
energia, munka, hő	joule (J)	$N * m$

Pár származtatott mértékegység

Az alapegységnél nagyobb vagy kisebb mennyiségek rövid leírására ún. prefixumokat (előszimbólumokat) használnak, ezek általában a 10 hárommal osztható kitevőű hatványainak rövidítései, de néhány hárommal nem osztható, alapmértékegységhez közeli hatvány is létezik. Például ilyen kivétel a centi-, deci-, deka-, hekto- előtag is.

Előtag	Jele	Szorzó	Előtag	Jele	Szorzó
peta-	P	10^{15}	deci-	d	10^{-1}
tera-	T	10^{12}	centi-	c	10^{-2}
giga-	G	10^9	milli-	m	10^{-3}
mega-	M	10^6	mikro-	μ	10^{-6}
kilo-	k	10^3	nano-	n	10^{-9}
hekto-	h	10^2	piko-	p	10^{-12}
deka-	da	10^1	femto-	f	10^{-15}

Prefixumok

II. AZ IDŐ....

A. Az időmérés története, módszerei

Az idő mérése szinte az emberiséggel egyidős, hiszen már az ősidőktől kezdve használtak valamilyen eszközt a múlt idő megállapítására, ez természetes módon felmerülő igény az emberben. Az idő mérése eleinte csupán természeti jelenségek által volt megtehető, például csillagászati jelenségek, azaz az éjszaka-nappal váltakozása, a hold és a nap látszólagos mozgása, a hold fázisai alapján. Bár a sötétség-világosság aránya mindig változott, a kettő értéke együtt mindig ugyanannyi volt, így alakult ki a nap fogalma. Egy nagyobb időegység, a hónap létrejötte tulajdonképpen a hold fázisváltozásainak méréséből adódott, amely ciklus hossza 29,5 nap volt.

Egy még nagyobb időegység csillagászati alapját adja az az időszak, amennyi alatt a Föld egyszer körüljárja a Napot, ezt az időszakot pedig évnak nevezzük.

Kisebb egységek, a perc és a másodperc létrejöttéhez pedig az emberi szervezet adta az ötletet. A szívverések viszonylag állandó időközönként követték egymást, egy szívverést pedig mint egy másodperc definiálhattunk. Majd mint nagyobb egység jött létre a perc, ami egyenlő lett kb. 60 szívverésnyi idővel.

A csillagászati jelenségekhez kapcsolódóan a nap állását vizsgálva alkothatták meg a napórát, más néven árnyékorát. Ez igazából csak két farúdból állt. Ezeket úgy helyezték el, hogy az egyik rúd árnyékot vetett a másik barázdákkal (beosztásokkal) ellátott rúdra, és így tudták meghatározni a pontos időt.

A vízóra és a homokóra ugyanazon az elven alapszanak, bár megvalósításuk és elterjedésük ideje kissé különbözik. Lényegében mindkét mérési technikánál adott víz/homokmennyiség egyik edényből a másikba való átkerülésével mérünk. Ezek a technikák gyakrabban adott idő lemérésére szolgáltak. Megemlíthető még a gyertya is, mint módszer az időmérésre. Az egyenesen égő gyertyából azonos idő alatt azonos magasságú viaszoszlop olvad le, ezzel pedig mérhető az idő.

Ezek a kezdetleges módszerek azonban csak nagy pontatlansággal voltak képesek a pontos idő meghatározására, a pontosabb időmérő szerkezetek fejlődését a súllyal működtetett ingaóra feltalálása (1280 körül Angliában) indította el.

B. Az ingaóra

Az inga a gravitáció hatására a függőleges síkban lengéseket végez, ő maga pedig egy tömegközéppontján kívüli pontban felfüggesztett test. A matematikai inga olyan idealizált inga, mely egy l hosszúságú, súlytalan fonálból és rá erősített m tömegpontból áll. Egy speciális matematikai inga a másodperc-inga, melynek lengésideje 1 másodperc. Ez azt jelenti, hogy periódusideje 2 másodperc.

Bár az ingaóra feltalálása már 1280 körül megtörtént, maga a szabadalom csak 1656-ban lett bejegyezve, Christiaan Huygens holland matematikus és fizikus neve alatt. Nagyon sokáig, évszázadokig az ingaóra (mellette használták még egyébként a hajszálrugós megoldást is) szolgált a pontos időmérésre. Az időmérésben ezekkel a technikai megoldásokkal már egész jó eredményt értek el, hiszen naponta 1 másodperc pontossággal meg lehetett határozni az aktuális időt. Így volt ez egészen a modern kvarc és atomórák megjelenéséig, amik jelenleg az időmérés csúcsát jelentik.

Az ingaórák megbízhatatlansága abban rejlett, hogy az ingához használt fémrudak időnként megnyúltak, azaz hosszuk megváltozott, így ezzel együtt lengésidejük is megváltozott. Pontosságuk érdekében ezért újra kellett kalibrálni őket meghatározott időközönként, illetve a rúd anyagát is megváltoztatták, például fát és fémeket egyszerre használtak fel a rúd elkészítéséhez, ezzel csökkentették a megnyúlást.

Mint magyar vonatkozás az ingákkal kapcsolatosan megemlíthető az Eötvös-inga, amelyet Eötvös Loránd készített el, bár ezzel a nehézségi gyorsulás apró változásait és nem időt mérhetünk.

III. MÉRÉSI ALAPFOGALMAK

A. Alapfogalmak

Metrológia: a mérés tudománya a mérési bizonytalanság meghatározásával együtt.

Mérés célja: információszerzés a mérendő mennyiség nagyságáról.

Mérés: azoknak a műveleteknek az összessége, amelyek célja egy mennyiség értékének meghatározása.

Mérési eredmény: a mérendő mennyiségnek tulajdonított, méréssel kapott érték.

Mérési hiba: a mért mennyiség és a mennyiség valódi értéke közötti különbség.

Mérési bizonytalanság: a mérési eredményhez társított azon paraméter, amely a mérendő mennyiségnek ésszerűen tulajdonítható értékek szóródását jellemzi.

Mérőszám: egy mennyiség értékének és az érték kifejezésében használt egységnek a hányadosa.

Mértékegység: megállapodás alapján elfogadott és definiált konkrét mennyiség, amellyel az ugyanolyan fajtájú más mennyiségek az e mennyiséghez viszonyított nagyságuk kifejezése céljából összehasonlíthatók.

Etalon: Hiteles mintapéldány. Rendeltetése, hogy egy mennyiség egységét illetve egy vagy több ismert értékét definiálja, megvalósítsa, fenntartsa vagy reprodukálja és referenciaként szolgáljon.

Abszolút hiba: a mért érték és a pontos érték különbsége.

Relatív hiba: az abszolút hiba és a pontos érték százalékos aránya.

B. Módszerek

- Közvetlen összehasonlítás: az etalonnal hasonlítottunk össze
- Közvetett összehasonlítás: méréskor az etalon nincs jelen, de egy ahhoz hitelesített pl. súllyal mérünk
- Differencia módszer: nem pontos az egyezés az etalon és a mérendő mennyiség között, ezért a különbségüket hozzá kell adni az eredményhez
- Helyettesítő módszer: alkalmazásakor az etalon jelenlétének egy használati etalonnal helyettesítjük és azt feltételezzük, hogy a használati etalon valamilyen

arányban pl.: 1/100 részét mutatja az eredeti etalonnak. Az alkalmazott matematikai módszer az egyenes arányosságon alapuló megoldásra vezet

- Felcserélési módszer: megvizsgáljuk, hogy a mérleg bal oldala és jobb oldala mennyire mutat azonos értéket
- Analóg mérés: a mérendő mennyiséghez folyamatosan változó mennyiségeket rendelünk hozzá.
- Digitális mérés: A mérendő mennyiségekhez diszkrét értékeket rendelünk hozzá, adott különbség két egymást követő érték között.

C. Reprodukálhatóság

Minden mérés más-más eredményt fog adni, kétszer nem végezhető el egy mérés ugyanúgy. Ennek több oka is van, külső körülmények, az emberi hibák mind-mind hozzájárulnak a mérés pontatlanságához.

1) Hibák csoportosítása:

- Rendszeres hibáknak azokat a hibákat nevezzük, amelyek nagysága és előjele meghatározható, amelyekkel így a mérési eredményt korrigálni lehet. Nagyságuk elméleti vizsgálattal, mérések összehasonlításával meghatározható.
- Véletlen hibáknak azokat a hibákat nevezzük, amelyeknek a pontos értékét nem tudjuk meghatározni, sőt időben is mutathatnak változó hatást, ezért az általuk létrehozott mérési hiba nagysága is és előjele is (adott határok között) megváltozhat.
- Durva hibának erős környezeti hatás, vagy személyi tévedés következtében fellépő olyan hibákat nevezzük, amelyben a relatív hiba akár 50-100%-ot is elérhet.

IV. A FOLYOSÓ PÁRHUZAMOSSÁGÁNAK MÉRÉSE

A használt eszköz a mérésben: 'D' jelű méterrúd.

A mérés menete: A folyosón kijelöltünk mérőpontokat, és ezeknél a mérőpontoknál megmértük a méterrúddal a folyosó két fala közti távolságot. A mérőpontok kb. 10 csempénként voltak felállítva, de lemérve őket ez mindig 3 méterrúdnyi távolság, azaz 3 méter volt.

Az elemi mérések száma, leszámítva az utolsót legyen n , a rendszeres hibákat jelölje: h_r , a véletlen hibák összegét pedig: h_v . A rendszeres hibák egy elemi mérés során összedava (becslés): $h_r = \pm 0,5 \text{ cm}$ A véletlen hibák összegének becslése:

$h_v = \pm 3 \text{ cm}$ A hibákat számításba véve az eredmények a következők (a $l = (n * (100 \pm h_r) \pm h_v + x) \text{ cm}$):

Mérőállomás	Mért érték
1	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 41,5$
2	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 41$
3	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 41$
4	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 40,5$
5	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 40,5$
6	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 40$
7	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 40$
8	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 39,5$
9	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 38$
10	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 37,5$
11	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 37$
12	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 36,5$
13	$2 * (100 \pm 0,5) \pm 3 + 35,5$

A. Hibák

A mérésünk nem volt pontos, felmerültek hibák az elvégzésük során. Hibáinkat állandó és véletlenszerű hibák szerint csoportosíthatjuk.

Állandó/abszolút hibák:

- A méterrúd hibái: pontosan egy méter hosszú-e, beosztása pontatlan-e, kopott-e, páratartalom/hőmérséklet hatására változhat, felülete egyenetlen lehet, elgörbülhet.
- A fal egyenes volt-e.
- A padló egyenetlen, a csempék kiemelkednek.

Véletlenszerű/relatív hibák:

- Pontosan tudtuk-e odailleszteni a méterrúdat a falhoz. (Feltettük, hogy 90 fokos szöget zár be a fal és a méterrúd, azonban a fuga miatt rendszeresen előfordulhatnak eltérések.)
- A szemmérték: nem mindegy, honnan, milyen szögből olvassuk le a méterrúddal mért értékeket, akár több centis eltérés is előfordulhat.
- A csempék csúszósak, a méterrúd elcsúszhat rajtuk könnyedén.
- Egyéb tényezők(pl személy által elkövetett hibák): fáradtság, figyelmetlenség, társaink zavarhattak minket.

A folyosó két végének értékeit nézve: Az egyik vég $200 \pm 0,5 \pm 3 + 41,5 \text{ cm}$, a másik $200 \pm 0,5 \pm 3 + 35,5 \text{ cm}$. Ezeket összevetve, a hibákat beleszámolva a folyosó két vége közötti eltérés abszolútértékben 13-1 cm.

Szintén a két véget nézve, megállapíthatjuk, hogy a folyosók falai nem párhuzamosak, össze/széttartanak (ez nézőpont kérdése).

V. A SZEM FELBONTÁSA

A mérés menete: Addig mentünk hátrafele a képeket nézve, amíg a képek el nem mosódtak. Ehhez a csempéket vettük segítségül. Megmértük, többször is, hogy mennyi 10 db csempe távolsága fugával együtt, ebből átlagot vontunk és néztük a hibahatárokat is, de azt kaptuk, hogy egy csempe $30 \text{ cm} \pm 2 \text{ mm}$. Ezek után lemértük a pixelek távolságát is a képen.

	távolság	a képek méretei
színes kicsi	3,45 m	$12 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm}) * 9 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm})$
színes nagy	19,95 m	$25 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm}) * 16 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm})$
fekete kicsi	13,95 m	$9 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm}) * 12 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm})$
fekete nagy	24,75 m	$24 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm}) * 15 \text{ cm} (\pm 1 \text{ cm})$

Tekintsünk egy derékszögű háromszöget, melynek egyik befogója a mért távolság ('l'), másik befogója a hatszögek/négyzetek közti távolság ('t'). Ekkor a keresett szöget megkaphatjuk egy egyszerű szögfüggvénnyel. A hatszögek/négyzetek közti távolságot jelöljük 't'-vel:

$$\alpha = \arctan \frac{t}{l}$$

Alkalmazhatnánk a számolás során \arctg -t is, azonban ez nem ad olyan pontos eredményt. Érdemesebb a szög meghatározásához annak tangensét venni, mivel ekkor a számológépen nagyságrendekkel kisebb érték szerepel, mint a nevezőben. (Az így kapott függvényértékek nagy x érték mellett a 0-ába tartanak, ami azt jelenti, hogy a hiba öröklődésének

a mértéke is jelentősen lecsökken a kotangens alkalmazásával kapott eredményhez képest.)

Az eredmények:

	Kinga	Réka
látószög (k, sz)	2,04°	1,99°
látószög (n, sz)	0,75°	0,71°
látószög (k, f)	0,39°	0,36°
látószög (n, f)	0,60°	0,55°

A mérés során minden egész méter után ± 2 vagy ± 5 mm-t adunk hozzá a távolsághoz, ügyelve a mértékegység váltásra, majd a fennmaradó 1 méternél kisebb rész miatt ($\pm 2\text{cm}/100 \cdot \text{fennmaradó rész (cm)}$) szorzatot adjuk hozzá az addigi értékhez, illetve a pixeltávolságokhoz is törtrésszel szorozva hozzáadjuk ($\pm 0,2\text{cm}/100 \cdot 1,05\text{cm}$) a rúd méret változása okozta eltérést. Ezek alapján az végleges távok pl a nagy fekete-fehér kép, az én vizsgálatom során:

+2 mm			-2 mm		
l (cm)	pt (cm)	szög (°)	l (cm)	pt (cm)	szög (°)
3006,9	24,021	0.458	2993,1	23,979	0.459
+5 mm			-5 mm		
l (cm)	pt (cm)	szög (°)	l (cm)	pt (cm)	szög (°)
2490,75	25,2	0,579	2459,25	22,8	0.531

VI. FORRÁSOK

<https://mkeh.gov.hu/meresugy/hasznos/uncertainty-of-measurement>
<http://gyorkos.uw.hu/mertekegysegek.htm>
<http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/muszeripar.pdf>
<http://atvaltas.hu/si-prefixumok.php>
<https://www.aje.com/arc/editing-tip-si-units-technical-writing/>
<http://regisegnet.hu/orak-az-idomeres-tortenete/>
<http://www.viszki.sulinet.hu/tananyagtar/fizika/gorbem/imt.pdf>
<https://www.arcanum.hu/en/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-pallas-nagy-lexikona-2/m-1120C/masodperc-inga-11B98/>
<http://www.bgrg.hu/Files/fiz/FizikaWeblap/arckepcsarnok/huygens.html>
<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/fizika-9-evfolyam/a-fizikai-es-a-torzios-inga-az-inga-lengesi-sikja-a-torzios-inga>