

Mennyiségek és egységek, az SI nemzetközi egységrendszer

Mennyiségek és egységek általános és alapvető metrológiai fogalmai és definíciói

(mérhető) mennyiség

Jelenség, tárgy vagy anyag minőségileg megkülönböztethető és mennyiségileg meghatározható tulajdonsága.

- *általános értelemben vett mennyiségek: hosszúság, tömeg, hőmérséklet, stb.*
- *konkrét mennyiségek: egy rúd hossza, huzalminta villamos ellenállása, stb.*

azonos fajtájú mennyiség

Az egymáshoz viszonyított nagyságuk szerint sorba rendezhető mennyiségeket azonos fajtájú mennyiségeknek nevezzük.

Az azonos fajtájú mennyiségek kategóriákba sorolhatóak, pl.:

- *munka, hő, energia*
- *vastagság, kerület, hullámhossz*

mennyiségrendszer

Egymással meghatározott összefüggésben levő, általános értelemben vett mennyiségek összessége.

(hosszúság, idő, tömeg, hőmérséklet, villamos ellenállás, anyagkoncentráció, stb. összességében)

alpmennyiség

Egy mennyiségrendszer olyan mennyiségeinek egyike, amelyeket megállapodászerűen egymástól függetlennek tekintenek.

Például a mechanika területén alpmennyiségnek szokás választani a hosszúságot, a tömeget és az időt.

származtatott mennyiség

Egy mennyiségrendszerben a rendszer alpmennyiségeinek függvényében definiált mennyiség.

Például egy olyan rendszerben amelyben a hosszúság, a tömeg és az idő alpmennyiségek, a hosszúság és az idő hányadosaként definiált sebesség származtatott mennyiség.

mennyiség dimenziója

Kifejezés, amely egy mennyiségrendszer valamely mennyiségét a rendszer alpmennyiségeit reprezentáló tényezők hatványainak szorzataként adja meg.

- ha a rendszer alpmennyiségeinek dimenziói: hosszúság l , tömeg m , idő t ,
- akkor a sebesség dimenziója: $l^1 \cdot m^0 \cdot t^{-1}$
- a gyorsulás dimenziója pedig: $l^1 \cdot m^0 \cdot t^{-2}$

egység dimenziójú mennyiség

Mennyiség, amelynek dimenzió-kifejezésében az alapkitevők dimenziói mind zérusok. (dimenziótlan mennyiség)

Például: fajlagos megnyúlás, súrlódási tényező, optikai törésmutató, stb.

egység (mértékegység)

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

Az egységeknek megállapodással elfogadott neve és jele van. (méter – m, amper – A, stb.)

egységrendszer (mértékegység-rendszer)

Egy adott mennyiségrendszerhez tartozó alapegységek és adott szabályok szerint meghatározott származtatott egységek összessége.

Például:

- Nemzetközi Mértékegység-rendszer (SI)
- CGS rendszer,
- stb,

koherens egység (mértékegység)

Az alapegységek hatványainak szorzataként kifejezhető olyan származtatott egység, amelyben az arányossági tényező 1.

A koherencia csak egy meghatározott egységrendszeren belül értelmezhető. Valamely egység lehet koherens az egyik rendszerben és nem koherens egy másikban.

koherens egységrendszer

Olyan egységrendszer, amelynek minden származtatott egysége koherens.

Pl.: Az SI-n belül a mechanikai egységek koherens rendszerének egységei:

m , kg , s , m^2 , m^3 , $Hz=s^{-1}$, $m \cdot s^{-1}$, $m \cdot s^{-2}$, $kg \cdot m^{-3}$,
 $N=kg \cdot m \cdot s^{-2}$, $Pa=kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$, $J=kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$,
 $W=kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$

Nemzetközi Mértékegység-rendszer, SI

Az Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet (General Conference on Weights and Measures) által elfogadott és ajánlott koherens egységrendszer.

Alapegységei:

méter – kilogramm – másodperc – amper – kelvin – mól - kandela

alapegység

Valamely alapmennyiség egysége az adott mennyiségrendszerben.

Bármely koherens egységrendszerben egy alapmennyiségnek csak egy alapegysége van.

származtatott egység

Valamely származtatott mennyiség egysége az adott mennyiségrendszerben.

Néhány származtatott egységnek külön neve és jele is van, például:

newton – N

joule – J

pascal – Pa

rendszeren kívüli egység

Egység, amely nem tartozik valamely adott egységrendszerhez.

Például:

*elektronvolt, az energia SI-n kívüli egysége
a nap, óra, perc, az idő SI-n kívüli egységei*

egység (mértékegység) többszöröse

Nagyobb egység, amelyet adott egységből a skálára vonatkozó megállapodásoknak megfelelően képeznek.

Például:

*- a méter decimális többszöröse a kilométer
- a másodperc egyik nem decimális többszöröse az óra*

egység (mértékegység) tört része

Kisebb egység, amelyet adott egységből a skálára vonatkozó megállapodásoknak megfelelően képeznek.

Például:

- a méter egyik decimális törtrésze a milliméter

mennyiség értéke

Valamely konkrét mennyiség nagyságának kifejezése egy szám és egy egység szorzataként.

Például: egy rúd hossza 5,34 m.

A mennyiség értéke lehet pozitív, negatív vagy nulla.

valódi érték

Egy adott konkrét mennyiség definíciójának megfelelő érték.

Egy olyan érték, amely egy tökéletes mérésel lenne megkapható.

*A valódi értékek természetüknél fogva **meghatározhatatlanok.***

konvencionális valódi érték, helyes érték

Valamely konkrét mennyiségnek tulajdonított, gyakran megegyezés alapján elfogadott olyan érték, amely az adott célnak megfelelő bizonytalanságú.

Például:

- Az Avogadro számnak a CODATA által ajánlott értéke.

- Egy referenciaetalon által megvalósított mennyiségnek tulajdonított érték, amely az adott célnak megfelelő bizonytalanságú.

mérőszám (mennyiségé)

Egy mennyiség értékének és az érték kifejezésében használt egységnek a hányadosa.

Például:

4,24 m – mérőszám: 4,24

egyezményes skála, referenciaérték-skála

Azonos fajtájú konkrét mennyiségek akár folytonos, akár diszkrét értékeinek olyan rendezett készlete, amelyet megállapodással vonatkoztatási alapként definiálnak az adott fajtájú mennyiség értékeinek nagyság szerinti elrendezéséhez.

Pl.: a Mohs féle keménységi skála, a kémiai pH skála, a benzinek oktánszám skálája.

Az SI Nemzetközi Egységrendszer

A metrikus rendszer

Metrikus rendszer: egy egységrendszer, amelyik a **méteren** és a **kilogrammon** alapul.

*Az ötlete a Francia Forradalom idején merült fel, amikor két anyagi etalont készítettek **platinából**: egyet a méterre, egyet a kilogrammra.*

A metrikus rendszer

*Ezeket az etalonokat **1799**-ben a Francia Nemzeti Archívumban helyezték el, és a „**levéltári méter**” és „**levéltári kilogramm**” néven váltak ismertté.*

*A Nemzetgyűlés megbízta a Francia Tudományos Akadémiát egy az **egész világon használható egységrendszer** tervezésével.*

A Méteregezmény

A 19. század közepére kialakításra került egy **egyetemes, tízes alapú metrikus rendszer**, amelynek bevezetését az ebben az időszakban rendszeresen megtartott **világkiállítások** tettek sürgető politikai igénnyé.



A Méteregyezmény

1875 május 20.-án a méterre vonatkozó diplomáciai konferencián Párizsban 17 kormány aláírta a **Méteregyezményt**.

Az aláírók megegyeztek egy tudományos intézet létrehozásában és fenntartásában:

Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal
(Bureau International des Poids et Mesures)

BIPM

A Méteregyezmény

A Méteregyezmény keretében négy évenként összeül az **Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia** (a **CGPM**) és ajánlásokat készít az új alapvető metrológiai meghatározásokról és minden BIPM-et érintő kérdésről.

A Méteregyezménynek jelenleg **51** tagja van.



A CGS rendszer

1875-ben a Méteregyezmény aláírásakor a **CGS mértékegységrendszer** volt használatban.

Alapegységei:

- centiméter
- gramm
- másodperc („szekundum”)

Az MKS rendszer

1889-ben új méter és kilogramm etalonokat készítenek, és definiálják a csillagászati másodperc fogalmát. Az **1. CGPM** bevezeti az **MKS** rendszert.

Alapegységei:

- méter
- kilogramm
- másodperc („szekundum”)

Az MKSA rendszer

1946-ban a Méteregyezmény aláírói elfogadják az **MKSA** rendszert, ami az MKS rendszer kibővítése a villamos áram erősségének alapegységével.

Alapegységei:

- méter
- kilogramm
- másodperc
- amper

SI Nemzetközi Egységrendszer



1954-ben az MKSA rendszert kiegészítik a **kelvinnel** és a **kandelával**.

Ezt az új rendszert vezeti be a **11. Súly- és Mértékügyi Általános Konferencia (CGPM)**

1960-ban:

„A Nemzetközi Egységrendszer (Le Systeme International d’Unités – SI) a mértékegységeknek egy koherens rendszere, elfogadta és ajánlotta a CGPM”

SI Nemzetközi Egységrendszer



A **14. CGPM 1971**-ben kiegészítette az SI-t az **anyagmennyiség** egységével, ami így jelenleg **hét alapegységet** tartalmaz:

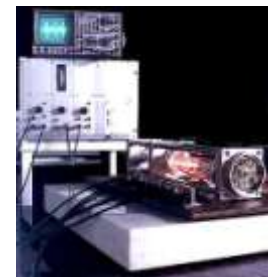
méter
kilogramm
másodperc
amper
kelvin
kandela
mól

A méter

A **hosszúság** alapegysége, jelölése: **m**.

Meghatározása:

A méter annak az útnak a **hosszúsága**, amelyet a **fény vákuumban 1/299 792 458 másodperc időtartam alatt megtesz.**



A kilogramm

A **tömeg** alapegysége,
jelölése: **kg**.

Meghatározása:

A kilogramm egyenlő a kilogramm nemzetközi prototípus tömegével.



A másodperc

Az **idő** alapegysége,
jelölése: **s**.

Meghatározása:

A másodperc az alapállapotú cézium-133 atom két hiperfinom energiaszintje közötti átmenetnek megfelelő sugárzás 9 192 631 770 periódusának időtartama.



Cézium atomóra (NIST)

Az amper

Az **elektromos áram** alapegysége, jelölése: **A**.

Meghatározása:

Az amper olyan állandó villamos áram erőssége, amely két egyenes, párhuzamos, végtelen hosszúságú, elhanyagolhatóan kicsiny körkeresztmetszetű és egymástól 1 méter távolságban, vákuumban elhelyezkedő vezetőben fenntartva, e két vezető között méterenként $2 \cdot 10^{-7}$ newton erőt hozna létre.

A kelvin

A **termodinamikai hőmérséklet** alapegysége,
jelölése: **K**.

Meghatározása:

A kelvin a víz hármaspontja termodinamikai hőmérsékletének $1/273,16$ -szorososa.



Lord Kelvin (1824-1907)

A kandela

A **fényerősség** alapegysége, jelölése: **cd**.

Meghatározása:

A kandela az olyan fényforrás fényerőssége adott irányban, amely $540 \cdot 10^{12}$ hertz frekvenciájú monokromatikus fényt bocsát ki és sugárerőssége ebben az irányban 1/683 watt per szteradián.

A mól

Az **anyagmennyiség** alapegysége, jelölése: **mol**.

Meghatározása:

A mól annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kilogramm szén-12-ben.

A mól alkalmazásakor meg kell határozni az elemi egység fajtáját: atom, molekula, stb.

Az SI alapegységek fejlődése

Az alapegység az alammennyiség mérésének az egysége a mennyiségek adott rendszerében.

Minden egyes alapegység **meghatározása** és **megvalósítása** a metrológiai kutatások felfedezéseivel változik, mert ezek teszik lehetővé az egység **pontosabb** meghatározását és megvalósítását.

Az SI alapegységek fejlődése

Az alapegységek fejlesztésének célja:

- az alapegység **visszavezetése** valamely jól mérhető **fizikai állandóra** (nem kell az etalonokat utaztatni),

- az alapegység definíciója által tartalmazott **bizonytalanság csökkentése** (minél kisebb mennyiségek mérésének lehetővé tétele).

Mára a **kilogramm kivételével** minden alapegység meghatározását sikerült fizikai állandóra visszavezetni.

A méter története

- **1799**, a levéltári méter: A Föld Párizson áthaladó délkörének negyvenmilliomod része.
1791 és 1798 között végezték a geodéziai méréseket a délkör 10^0 -os franciaországi szakaszán. A mérések alapján készült el 1799-ben a **végleges platina mérőhasáb**. A definíció **bizonytalansága a 10^{-5} m-es tartományba esett.**



A méter története

- **1889**-ben elvetették a délkörön alapuló definíciót: **Egy méter az a távolság, amely a párizsi ősméter két középső osztásának a tengelyvonalak által határolt szakasza között mérhető 0°C -on, és 750 torr nyomáson.**
30 db méterrudat gyártottak le Londonban. Mivel a 6. sz. rúd esett legközelebb a „levéltári méter”-hez, ez lett az ősméter, a többi kisorsolták a Météregyezményt aláíró országok között. (Magyarország a 14. számút kapta.)
A definíció **bizonytalansága 10^{-7} méterre csökkent.**



A méter története

- **1927**: újra fizikai állandóra vezették vissza, és ezzel reprodukálhatóvá tették a métert: **A méter az a távolság, amely a vörös kadmium hullámhosszának $1\,553\,165,13$ szorosát teszi ki 15°C -on, 760 torr nyomáson, a levegő 0,03% CO_2 tartalmánál, $g=9,80665$ m/s nehézségi gyorsulás mellett.**
A mérést interferométerrel végezték. A definíció **bizonytalansága 10^{-8} méterre csökkent.**

A méter története

- A kadmium nem adott elég éles interferencia vonalakat, ezért **1960**-ban – a mérési elv megtartása mellett – új meghatározást fogadtak el: **Egy méter a 86-os tömegszámú kripton izotóp $2p_{10}$ és $5d_5$ energiaszintjei közötti átmenetnek megfelelő, narancsszínű sugárzás hullámhosszának $1\,650\,763,73$ -szorosa.**
A definíció **bizonytalansága 10^{-9} méterre csökkent.**

A méter története

- **1983**-ban a CGPM elfogadta egy magyar fizikus – **Bay Zoltán** – javaslatát, hogy az általa kidolgozott **lézeres hullámhossz mérési elv** alapján a méter meghatározása a következő legyen: **A méter annak az útnak a hosszúsága, amelyet a fény vákuumban 1/299 792 458 másodperc időtartam alatt megtesz.** A definíció **bizonytalansága** ezzel **10^{-11} méterre** csökkent.



Bay Zoltán fizikus
1900-1992

SI származtatott egységek

Az SI származtatott egységeinek leszámaztatása SI-alapegységekkel történik, a **mennyiségek közötti fizikai kapcsolat** alapján. Például: A fizikai kapcsolat alapján

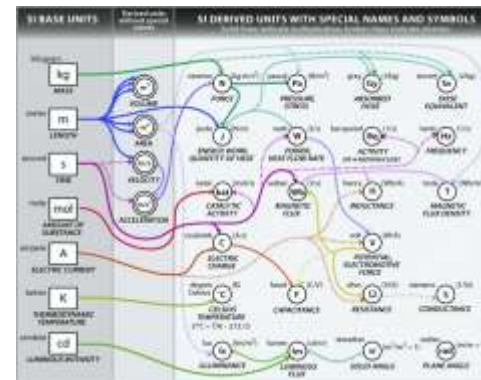
- a hosszúság mennyisége **m** egységben,
- az idő mennyisége **s** egységben, tehát
- a sebesség mennyisége **m/s** egységben határozható meg.

SI származtatott egységek

- A származtatott egységeket a matematikai szorzás és osztás jelöléseinek felhasználásával, **alapegységekkel** fejezik ki.
- A CGPM néhány származtatott egységénél **egyedi elnevezést** és **jelölést** fogadott el.
- Egy származtatott egységet gyakran az **alapegységek és egyedi elnevezésű származtatott egységek különböző kombinációival** lehet kifejezni.

Előnyben kell részesíteni az egyedi elnevezéseket és kombinációkat az azonos származtatott egységekkel kifejezett különböző mennyiségek megkülönböztetése érdekében.

SI származtatott egységek



Származtatott SI-egységek külön névvel és jellel

Származtatott mennyiség	Származtatott külön nevű SI egység	Jelölés külön jellel	SI egységekkel kifejezve	SI alapegységekkel kifejezve
erő	newton	N		$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
nyomás	pascal	Pa	N/m^2	$\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
energia, munka, hőmenny.	joule	J	$\text{N}\cdot\text{m}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
teljesítmény	watt	W	J/s	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}$
elektromos potenciál-különbség	volt	V	W/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
elektromos ellenállás	ohm	Ω	V/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-2}$
mágneses fluxus	weber	Wb	$\text{V}\cdot\text{s}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
induktivitás	henry	H	Wb/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-2}$
síkszög (kiegészítő egység)	radián	rad		$\text{m}\cdot\text{m}^{-1}=1$
térszög (kiegészítő egység)	steradián	sr		$\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}=1$

Származtatott SI-egységek, amelyek neve és jele külön nevű és jelű SI-egységeket tartalmaz

Származtatott mennyiség	Származtatott egység	Jelölés	SI alapegységekkel kifejezve
forgatónyomaték	newton méter	N·m	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
felületi feszültség	newton per méter	N/m	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
szögsebesség	radián per másodperc	rad/s	$\text{m}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}=\text{s}^{-1}$
hőkapacitás, entrópia	joule per kelvin	J/K	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
energiasűrűség	joule per köbméter	J/m^3	$\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
elektromos térerő	volt per méter	V/m	$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
permeabilitás	henry per méter	H/m	$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-2}$
moláris energia	joule per mól	J/mol	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{mol}^{-1}$
sugárintenzitás	watt per szteradián	W/sr	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}$

SI-prefixumok

Szoró-tényező	Prefixum neve	Prefixum jelölése	Szoró-tényező	Prefixum neve	Prefixum jelölése
10^1	deka	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hekto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

SI-prefixumok használata

- A prefixumok szigorúan csak **10 hatványai lehetnek**. (egy kilobit 1000 bit és nem 1024)
- A prefixumot **szóköz nélkül** kell az egység jelölése elé írni. (a centiméter **cm** és nem **c m**)
- **Kombinált** prefixumok nem használhatóak. (a **10^{-6} kg** helyesen **1 mg** és nem **1 μkg**)
- A prefixumot nem szabad **egyedül** írni. (**$10^9/\text{m}^3$** nem írható **G/m^3** -ként)

SI-egységek nevének és jelölésének írása

- A neveket **nem írják nagybetűvel**, a jelölés első betűje **csak akkor nagybetű**, ha az egység neve **személynévből** származik, vagy a jelölés a **mondat kezdőbetűje**.
- A jelölést **többes számban** sem szabad változtatni, a többes szám jelét nem szabad hozzáadni.
- A jelölést **soha nem követi pont**, hacsak az nem a mondat végén áll.
- **Szorzással összekapcsolt** egységeknél néhányat egyszerű **szóközzel** is lehet kombinálni. (**N·m** vagy **N m**)

SI-egységek nevének és jelölésének írása

- **Osztással összekapcsolt** egységeket **törtvonallal** vagy **negatív kitevőjű hatvánnyal** kell kombinálni. (**m/s** vagy **m·s⁻¹**)
- Az **összetett egységek** csak **egy törtvonalat** tartalmazhatnak. (**m/s²**, de nem **m/s/s**)
- A jelölésnek **szóközzel** kell követnie a számjegyes értéket. (**5 kg**, de nem **5kg**)
- Az egységjelölés és az egységnév nem keverhető.

Számértékek megadásának szabályai

- **Szóközöket** kell hagyni minden **hármasszámcsoport között**, a tizedes vessző mindkét oldalán. Négy számjegyes számnál a szóköz elhagyható. (**15 312,012 53**)
- **Matematikai jelöléseket** csak az egységjelöléseknél lehet használni, az egységneveknél nem. (**kg/m³**, de nem **kilogramm/köbméter**)
- Világosan látható legyen, hogy melyik egységjelöléshez tartozik a számérték. (**25 cm x 48 cm**, de nem **25 x 48 cm**)