

# Fizika mérnök informatikusoknak 1. FBNxE-1

Előadók: Dr. Geretovszky Zsolt és Dr. Laczkó Gábor

Mechanika + Elektromosság

2010. szeptember 8.

## Információk

A követelmények ismertetése.

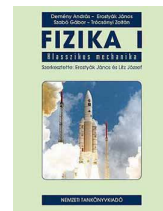
A kurzus segédanyagai a <http://opt.physx.u-szeged.hu/indexh.html> internet-címen az Oktatás/Kurzusok link alatt találhatóak meg.

### Ajánlott irodalom a mechanika részhez:



- Erostyák János, Litz József: *A fizika alapjai*, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002

- Erostyák János, Litz József: *Fizika I. Klasszikus mechanika*, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2007

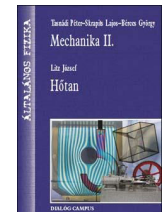
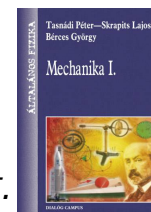


- Budó Ágoston: *Kísérleti fizika I.*, Nemzeti Tankönyvkiadó

- Dialóg Campus Kiadó *Általános Fizika* sorozatának könyvei:

Tasnádi Péter, Skrapits Lajos, Bérces György: *Mechanika I.*

Tasnádi Péter, Bérces György, Skrapits Lajos, Litz József: *Mechanika II. Hőtan*



A világhálón fellelhető anyag legtöbbször NEM lektoráltak!!

# A fizikai mennyiség

$$x = \{x\}[x] \quad (\text{számérték})(\text{mértékegység})$$

**A mértékegység** az azonos fajtájú mennyiségek halmazából kiválasztott vonatkoztatási mennyiségérték.

**Etalon:** valamely mennyiség mértékegységét reprodukálható módon megtestesítő mérőeszköz.

**Koherens mértékegységrendszer:** a mértékegységek zöme néhány definiált alaplammennyiség egységeiből származtatható.

Egy fizikai mennyiség definíciójával szemben támasztott a legfontosabb követelmény az, hogy egyértelműen megállapítható legyen belőle, hogy az illető mennyiséget **hogyan kell mérni**.

## Dimenzionális homogenitás

• A mértékegységrendszer transzformációjával szembeni szimmetria. Az egyenletek ezen tulajdonságát a Fourier-feltétel rögzíti:

**"Egy egyenletben szereplő minden tag dimenziójának azonosnak kell lennie."**

• Az egyenletek felbonthatók külön a mérőszámok és külön a mértékegységek közötti kapcsolatokra.

• pl. az  $x_3 = ax_1^{a1}x_2^{a2}$  egyenlet azt jelenti, hogy

$$\{x_3\}[x_3] = \{a\}[a]\{x_1\}^{a1}[x_1]^{a1}\{x_2\}^{a2}[x_2]^{a2},$$

azaz egyszerre kell teljesülnön, hogy  $\{x_3\} = \{a\}\{x_1\}^{a1}\{x_2\}^{a2}$  és  $[x_3] = [a][x_1]^{a1}[x_2]^{a2}$ , azaz a mértékegységek egymástól nem függetlenek.

• A természettörvények objektívek, az őket leíró egyenletekben szereplő mennyiségek **számértéke** függ az etalon illetve a zéruspont megválasztásától, azaz szubjektív.

• Pl.  $F = ma$  egyenletben a fizikai mennyiségek közötti *kapcsolat független a választott mértékegységtől*.

• A mértékegységet csak akkor kell megadni, ha a képletben egy mértékegységgel rendelkező konstans is szerepel.

• Dimenzióanalízis

• Dimenzió nélküli kifejezések (sin (); e()); stb.)

# Milyen a jó mértékegység?

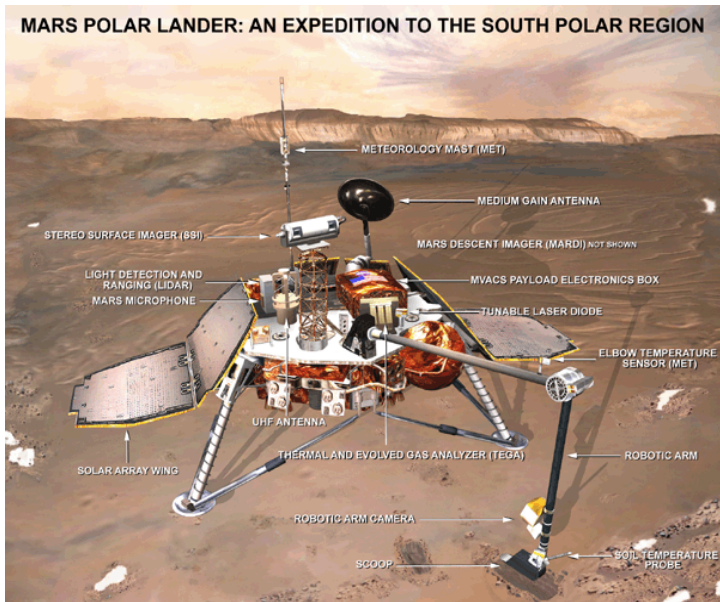
Elvileg a fizikai mennyiségekhez tetszőleges mértékegységet hozzárendelhetünk.

- Azonban a mértékegységeket **célszerű** úgy megválasztani, hogy segítségével a mindennapi élet tapasztalatai egyszerűen kifejezhetők legyenek.
- Továbbá az egységet időtálló módon rögzíteni → a mértékegységeket lehetőleg természeti állandókra vagy jól reprodukálható jelenségekre kell alapítani, és a lehető legnagyobb körben egyezményesen elfogadtatni.

## Mértékrendszerek

- 1799. június 22. az első tízes alapú mértékrendszer (Decimal Metric System); az első platina méter és kilogram etalonok elhelyezése a párizsi Archives de la République-ban.
- 1832. Gauss megalkotja az **első koherens mértékrendszert**, melyben a kg-hoz és a m-hez hozzáveszi a csillagászatból vett másodpercet. Gauss meghatározza a Föld mágneses terének erősségét a milliméter, gramm and másodperc egységek segítségével.
- 1860-as évek Maxwell és Thomson javasolja, hogy a koherens mértékrendszer álljon **alap és származtatott mértékegységekből**.
- 1874 bevezetik a **CGS rendszert**, mely három mechanikai egységen a centiméteren, a gramon és a másodpercen alapul és a prefixumok közül bevezetik a mikrotól a megáig terjedőket.
- 1875 május 20. **Méter Konvenció**, feladata az új méter és kilogram etalonok kidolgozása.
- 1889 életbe lép az **MKS rendszer** az új méter és kilogram standardokkal és a bevezetésre kerülő csillagászati másodperccel.
- 1901 Giorgi bebizonyítja, hogy a mechanikai mértékegységekhez az amper, vagy ohmot hozzávéve koherens 4 elemű mértékrendszer alkotható.
- 1921 a Méter Konvenció felülvizsgálata.
- 1939 az **MKSA rendszer** bevezetése: a negyedik mértékegység az amper lesz.
- 1954 bevezetésre kerül a **kelvin és a candela**, mint a termodinamikai hőmérséklet és a fényerősség egységei.
- 1960 A hat elemű mértékrendszer a **Systeme International d'Unités (SI)** nevet kapja.
- 1971 az anyagmennyiség mértékegységének, a **mol**nak a bevezetésével teljessé válik a jelenleg is érvényes 7 tagú SI mértékrendszer.

# Mars Polar Lander



## Spacecraft Dimensions

1.06 meters tall by 3.6 meters wide.

## Spacecraft Weight

Total: 576 kg

Propellant: 64 kg

## Mission Timeline

1993: Project started

January 3, 1999: Launch

December 3, 1999: **LOST** during landing

## Project Cost

\$110 million for spacecraft development, \$10 million mission operations; total \$120 million (not including launch vehicle or Deep Space 2 microprobes).

Root Cause: Failure to use metric units in the coding of a ground software file, "Small Forces," used in trajectory models

## Az SI alap mértékegységei

Mennyiség	Név	Jel
Hosszúság	méter	m
Tömeg	kilogram	kg
Idő	másodperc	s
Elektromos áram	amper	A
Termodinamikai hőmérséklet	kelvin	K
Anyagmennyiség	mol	mol
Fényerősség	kandela	cd

# Az SI alapegységei

A *hosszúság* mértékegysége a *méter*, jele *m*. A méter annak az útnak a hosszúsága, amelyet a fény vákuumban 1/299 792 458 másodperc alatt tesz meg.

A *tömeg* mértékegysége a *kilogramm*, jele *kg*. A kilogramm a Sèvres-ben őrzött tömegetalon tömege.

A *idő* mértékegysége a *másodperc*, jele *s*. Az alapállapotú cézium 133 atom két hiperfinom szintje közti átmenethez tartozó sugárzás 9 192 631 770 periódusának időtartama.

Az *elektromos áramerősség* mértékegysége az *amper*, jele *A*. Az amper olyan állandó elektromos áram erőssége, amely két egyenes, párhuzamos, végtelen hosszúságú, elhanyagolhatóan kicsiny körkeresztmetszetű és egymástól 1 méter távolságban, vákuumban levő vezetőben fenntartva, e két vezető között méterenként  $2 \times 10^{-7} \text{N}$  erőt hozna létre.

A *termodinamikai hőmérséklet* mértékegysége a *kelvin*, jele *K*. A kelvin a víz hármaspontja termodinamikai hőmérsékletének 1/273,16-szorosa.

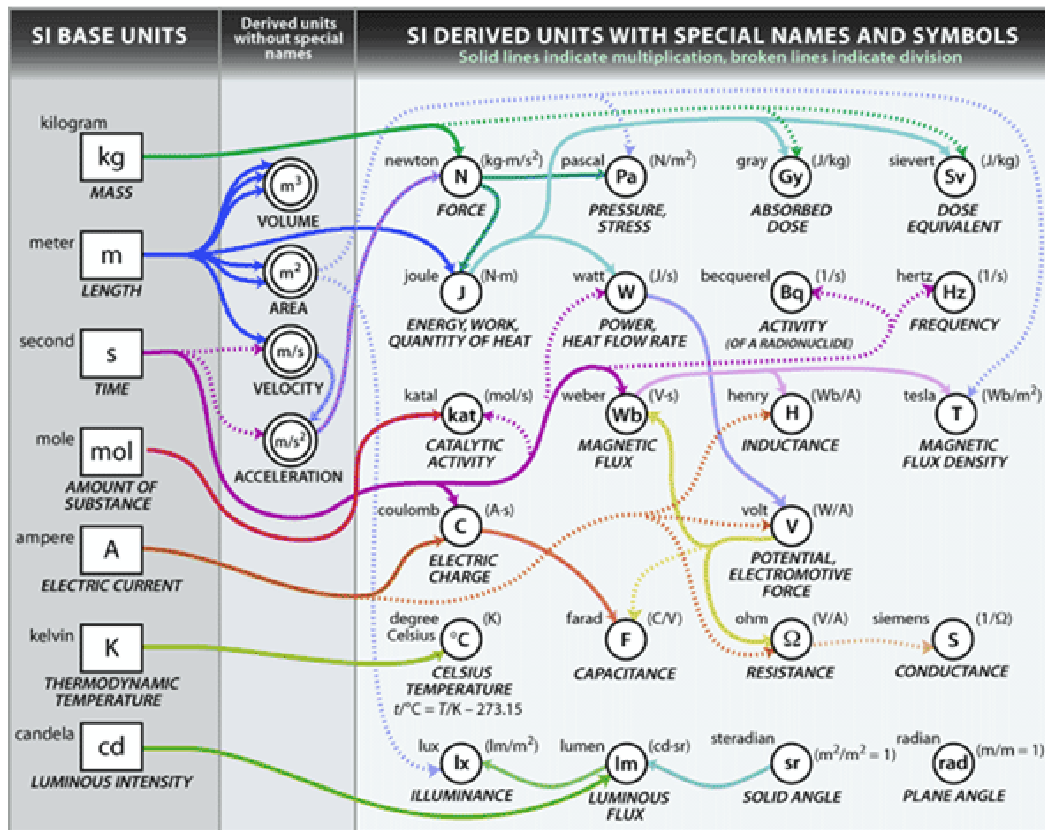
Az *anyagmennyiség* mértékegysége a *mól*, jele *mol*. A mól annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012kg szén-12 izotópban.

A *fényerősség* mértékegysége a *kandela*, jele *cd*. A kandela az olyan fényforrás fényerőssége adott irányban, amely 540THz frekvenciájú monokromatikus fényt bocsát ki és sugárerőssége ebben az irányban 1/683-ad watt/szteradián.

## SI prefixumok

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

# Származtatott mértékegységek



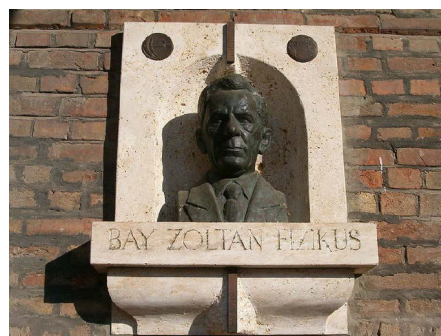
## A hosszúság

- **1799:** a Párizson áthaladó délkör hosszának 40 milliomod része (Cu mérőhasáb)
- **1889:** nemzetközi méter etalon platina-irídium (90/10) ötvözetből, ősméter (hiba 1µm, relatív hiba: 10<sup>-6</sup>)
- **1960:** a kripton 86 izotóp egy átmenetének hullámhosszához rögzítik a métert

$$1 \text{ m} = 1\,650\,763,73 \lambda_0$$

mérési eljárást adtak meg, relatív hiba: 10<sup>-9</sup>

- **1983:** A fény által vákuumban 1/299 792 458 másodperc alatt megtett út. (relatív hiba: 10<sup>-15</sup>)



# A délkör 10°-os szakaszának lemérése, 1791-1798

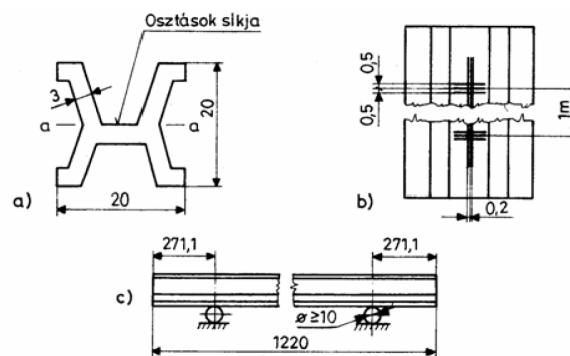


Jean Baptiste Joseph DELAMBRE  
1749 - 1822



Pierre François André MECHAIN  
1744 - 1804

## Az ősméter



Az ősmétert TRESKA francia fizikus tervezte, de a konstrukció kialakításában szerepe volt KRUSPÉR javaslatának is. A jellegzetes, "X" keresztmetszetű szelvény **90% platina és 10% irídium ötvözetéből** készült, így viszonylag kis lineáris hőtágulási együtthatóval rendelkezik. A rúd 1200 mm hosszúságú. A métert két, az ún. semleges síkra (a-a) a hossz tengelyre merőlegesen felvitt, **8 mm szélességű főkarok** közötti távolság reprezentálja. E karoktól 0,5 mm-re mindkét oldalon egy-egy segédvonal található, ezek a célzómikroszkópos optikai komparátor könnyebb beállíthatóságát segítik elő.

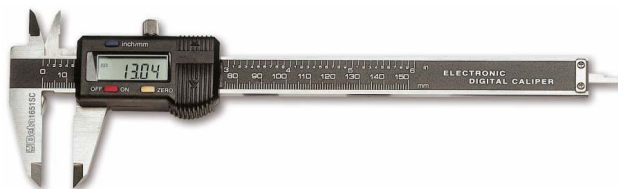
A semleges sík középvonalában egy kettős karc húzódik (a két vonal távolsága 0,2 mm). Ezek tűzik ki az etalon tengelyvonalát (b ábra). Az ősmétert a legkisebb lehajlást eredményező, ún. **Bessel-féle alátámasztási pontokon**, azaz a végektől számítva a teljes hossz 2/9-ed részének megfelelő távolságban kell alátámasztani, legalább **10 mm átmérőjű görgőkkel** (c ábra).

# Hosszúságmérő eszközök

Méterrúd, mérőszalag

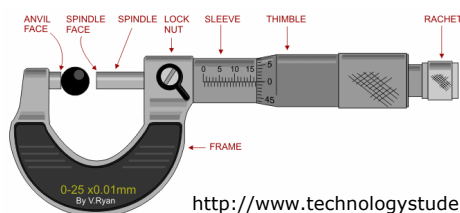


Tolómérő



nóniusz!

Csavarmikrométer



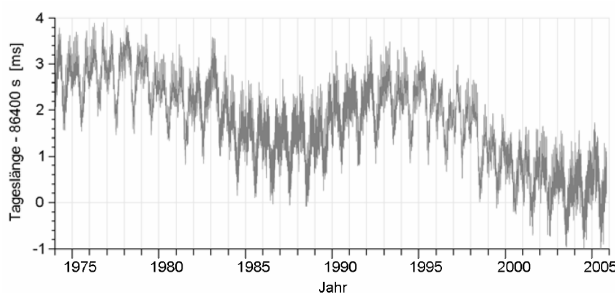
<http://www.technologystudent.com/equip1/microm1.htm>

Lézeres távolságmérés

... és még sok speciális megoldás.

## Az idő mérése

- **1820:** másodperc a közepes szoláris nap 1/86400 része

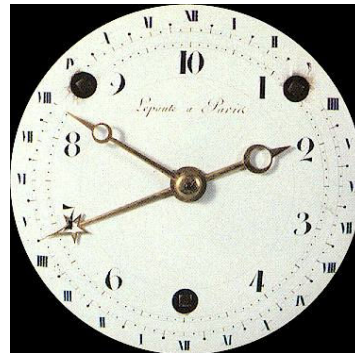


- **1956:** A másodperc a tropikus év 1/31 556 925.9747-ed része 1900 január 0 12 óra efemeris idő szerint.
- **1968:** Az alapállapotú cézium 133 atom két hiperfinom szinte közti átmenethez tartozó sugárzás 9 192 631 770 periódusának időbeli hossza.
- **1997:** rögzítik, hogy a fenti definícióban az alapállapot 0 K kinetikus hőmérsékletű nyugvó Cs atomot jelent.



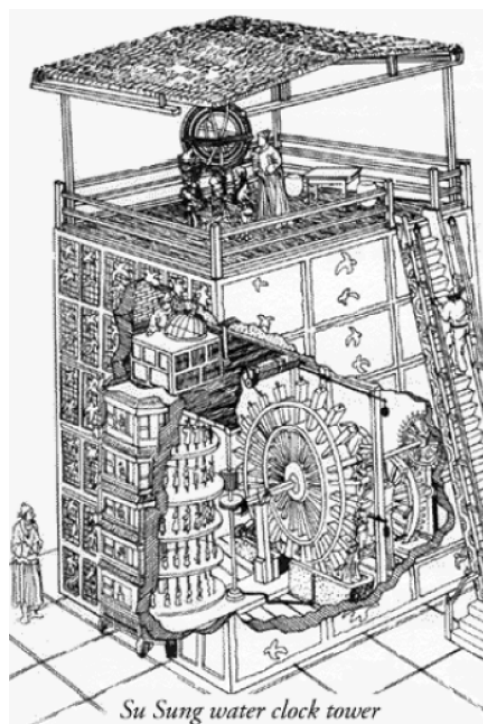
# Érdekesség az időmérés történetéből

- Decimális (!) idő mértékrendszer  
Kína, i.e. 1000  
Franciaország, 1793. október 5.

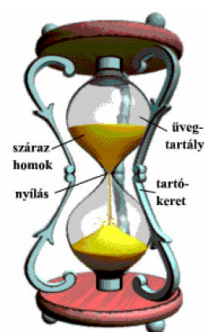


## Időmérő eszközök 1.

Vízórák (i.e. 1400)



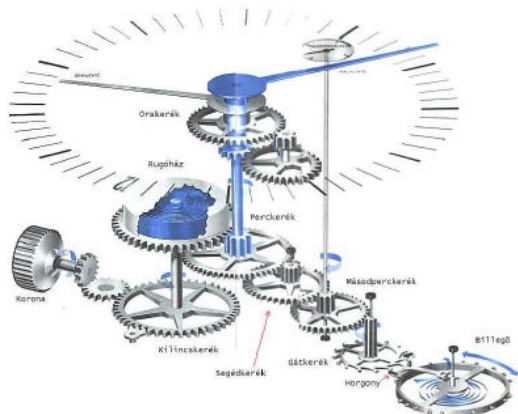
Homokórák



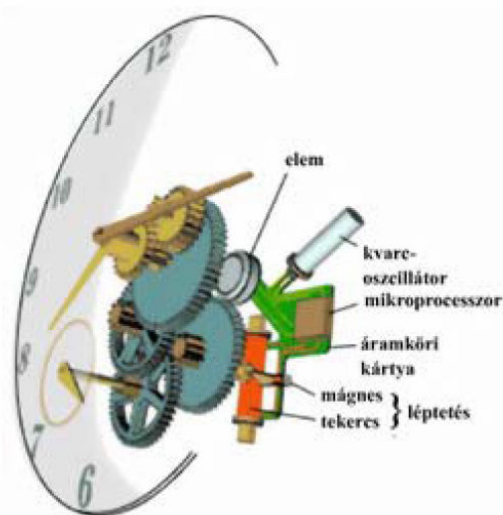
... és még sok egyéb leleményes megvalósítás.

## Időmérő eszközök 2.

Mechanikus óraszerkezetek  
(kilincskerék, kronométer 0,1s/nap)

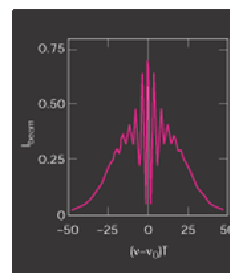
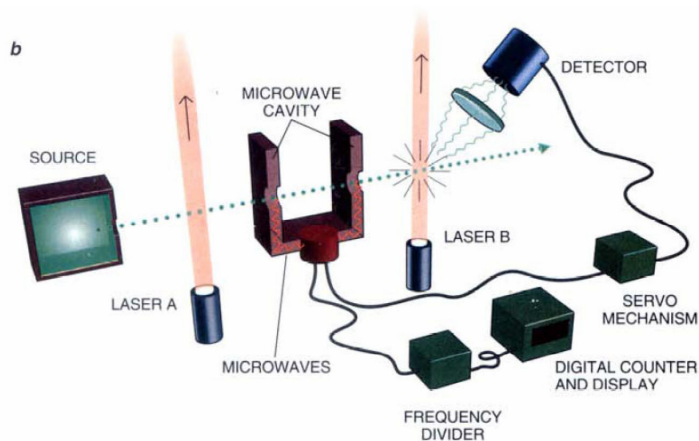


Kvarc alapú időmérés (1920-1940)  
 $10^{-4}$ s/nap



## Időmérő eszközök 3. Atomórák

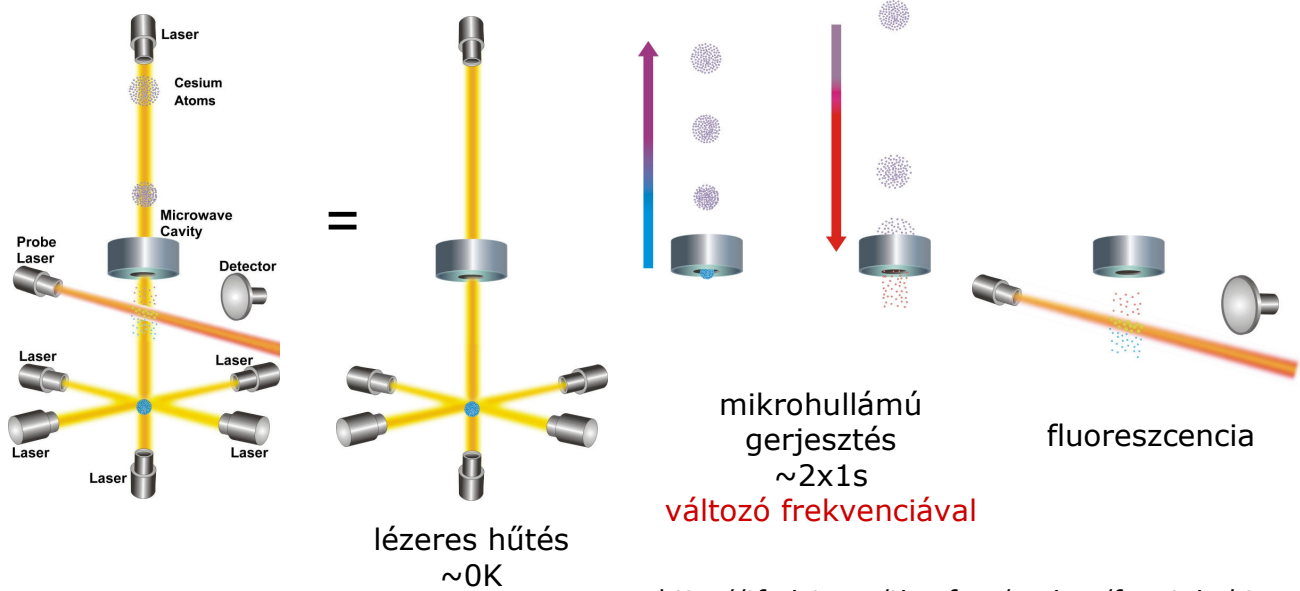
- történeti áttekintés  
<http://tf.nist.gov/cesium/atomichistory.htm>
- 1949: az első  $\text{NH}_3$  alapú (Isidor Rabi)
- 1952: NBS-1, az első Cs alapú
- 1955: az első, mely Cs nyálábot használ



- 1967: az SI másodperce atomórával definiált.
- 1989: Norman Ramsey, Hans Dehmelt és Wolfgang Paul fizikai Nobel díjat kap

# Atomórák folyt.

- 1999: NIST-F1 atomi szökőkút elvű atomóra, pontosság (2005-ben)  $5 \times 10^{-16}$  vagy 1 másodperc 60 millió évben

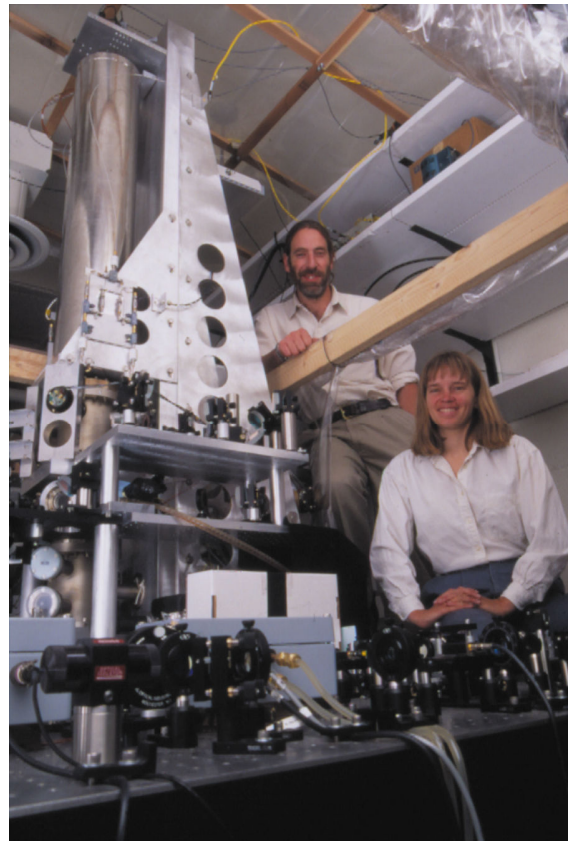
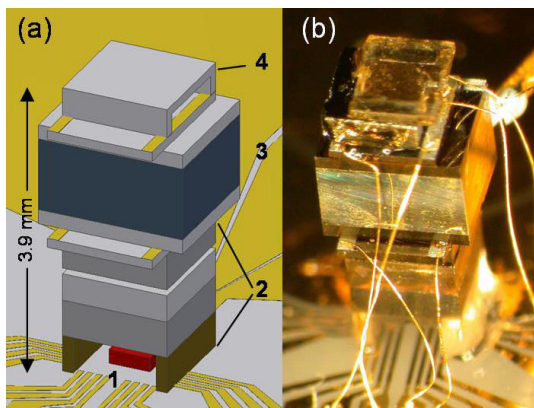


<http://tf.nist.gov/timefreq/cesium/fountain.htm>



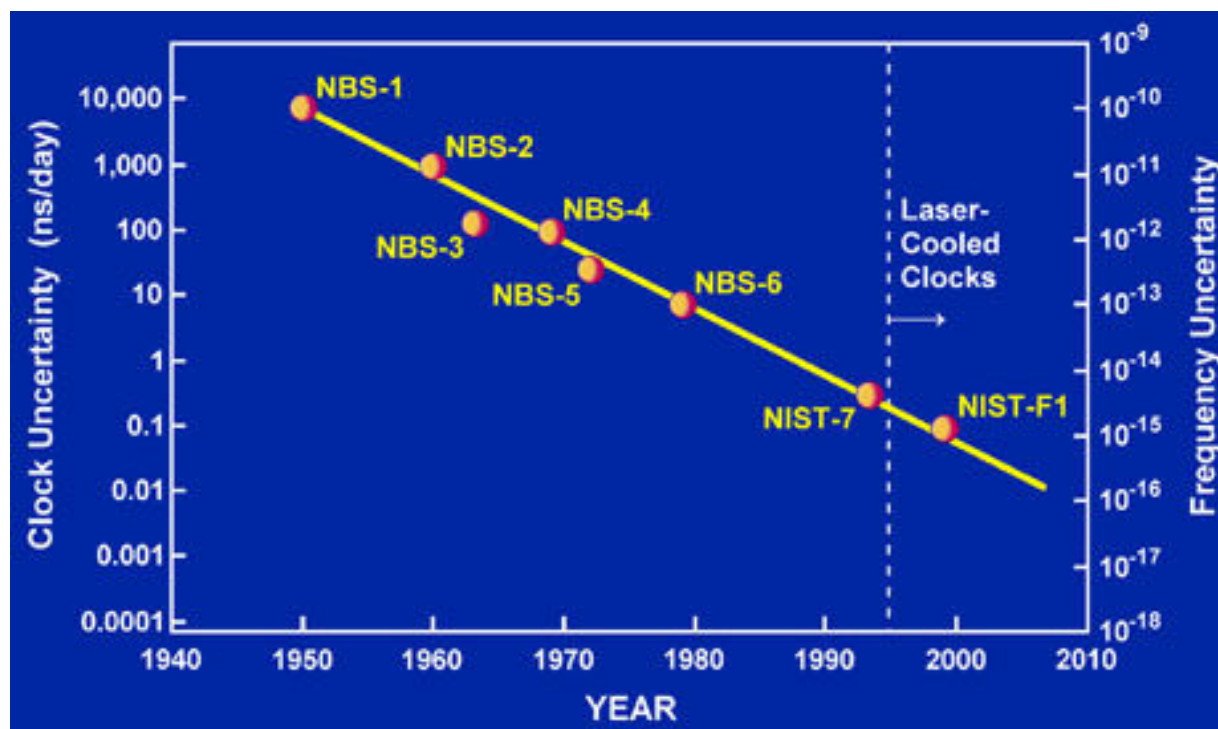
<http://tf.nist.gov/cesium/fountain.mpg>

2004: Elkészül az első miniatűr atomóra



Steve Jefferts és Dawn Meekhof  
a feltalálók

# Atomórák pontossága



## GPS

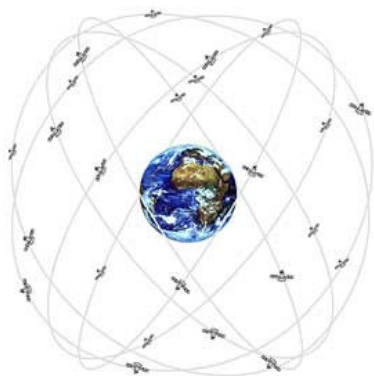
Global Positioning System = globális helymeghatározó rendszer

1978-1985 „felépül” az amerikai NAVSTAR (Navigation System for Timing and Ranging) rendszer első fázisa (11 műhold)

1982 pályára áll az orosz GLONASS rendszer első műholdja

1995 24-re bővül a NAVSTAR műholdak száma

2007 Az EU saját rendszer kiépítése mellett dönt (Galileo: várható befejezés 2010 (2013))



NAVSTAR  
tszfm: 20183km



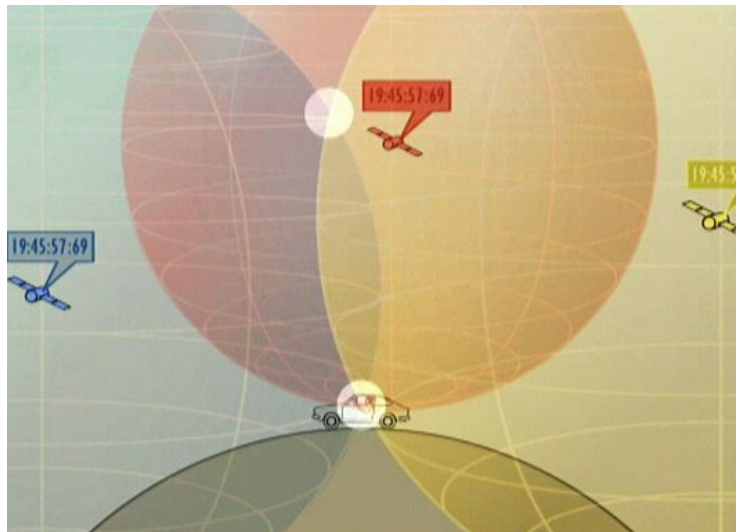
A legmodernebb műhold ...



... és annak egyik Rb-atomórája.

<http://www.kowoma.de/en/gps/>

# A GPS működési elve



A trilateráció, vagy a 3 pontú helyzetmeghatározás

Három egymást metsző gömb felületének két pontja közös. Általában a két metszéspont közül csak az egyik reális. Ha tehát az autó GPS-e ismeri legalább három műhold pontos helyzetét és az azoktól mért pontos távolságát, akkor meg tudja állapítani saját térbeli helyét.

## A GPS működése 1/2

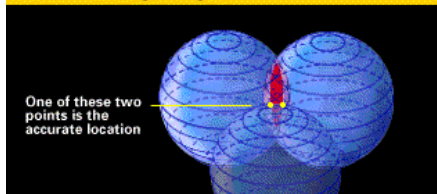
### How it works

Satellites are reference points for locations on earth



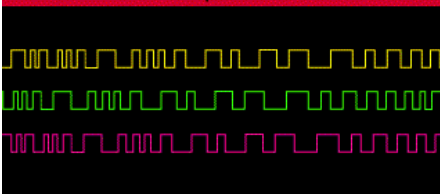
### Step 1: Triangulating from Satellites

In Review: Triangulating

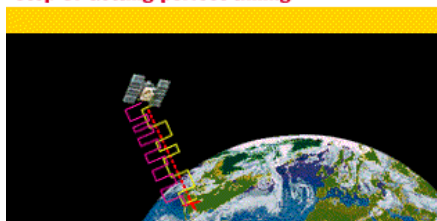


### Step 2: Measuring distance from a satellite

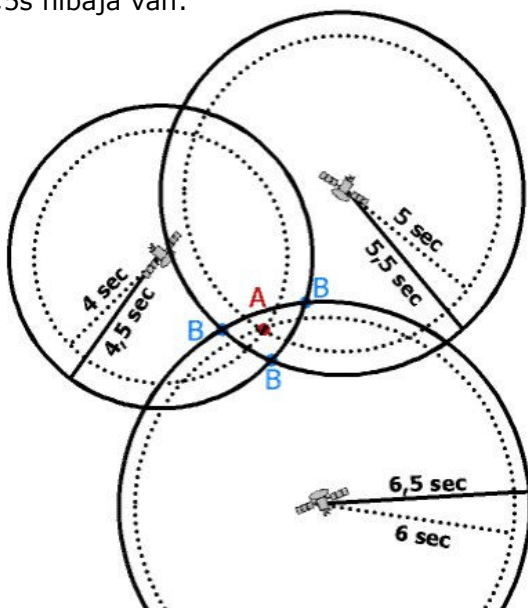
Each satellite has a unique Pseudo Random Code



### Step 3: Getting perfect timing



Ha a vevőegységnek 0,5s hibája van:



Az ideális 1 metszéspont helyett (A pont), 3 metszéspontot (B pontok) kapunk.

... kell egy negyedik műhold.

## A GPS működése 2/2

### How it works

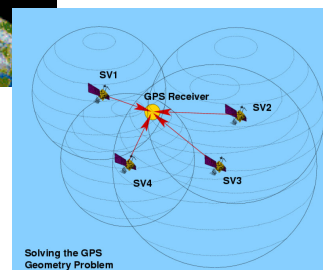
Satellites are reference points for locations on earth



### Step 3: Getting perfect timing

In review: Perfect timing

A fourth satellite takes another measurement to check the other three



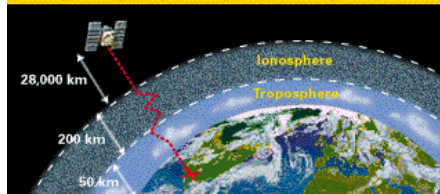
### Step 4: Knowing where a satellite is in space

Changes are transmitted back to the receivers



### Step 5: Correcting errors

Taking a rough trip through the atmosphere



Hibaforrás	Mérték
Ionoszféra	± 5 m
Ephemeris errors	± 2.5 m
Műhold órája	± 2 m
Többszörös visszaverődés	± 1 m
Troposzféra	± 0.5 m

<http://www.kowoma.de/en/gps/errors.htm>

<http://www.trimble.com/gps/index.shtml>