

Fizikai mennyiségek, távolság és idő mérése

Szabó Gábor

Fizikai mennyiség

$$Q = \{x\}[x]$$

↑
mérőszám

← mérték-
egység

Mértékegység: az azonos fajtájú (dimenziójú) mennyiségek halmazából kiválasztott vonatkoztatási mennyiségérték.

Fizikai mennyiség megadása

mérőszám prefixum (SI)mértékegység

Prefixumok

exa	–	10^{18}
peta	–	10^{15}
tera	–	10^{12}
giga	–	10^9
mega	–	10^6
kilo	–	10^3
milli	–	10^{-3}
mikro	–	10^{-6}
nano	–	10^{-9}
piko	–	10^{-12}
femto	–	10^{-15}
atto	–	10^{-18}

Dimenzionális homogenitás

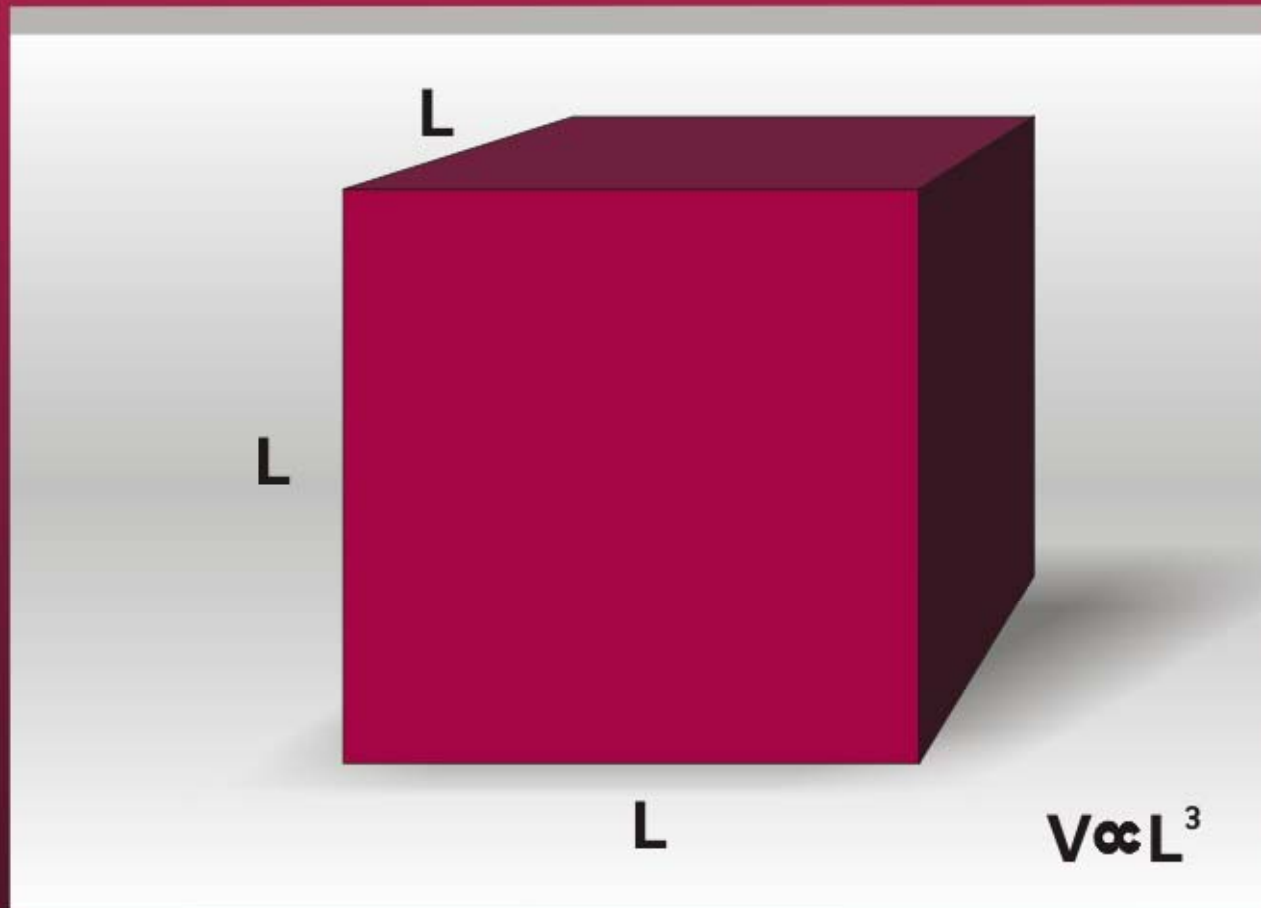
Fourier

$$[M_1]^{a_1}[M_2]^{a_2}\dots[M_n]^{a_n} = [M_1]^{b_1}[M_2]^{b_2}\dots[M_n]^{b_n}$$

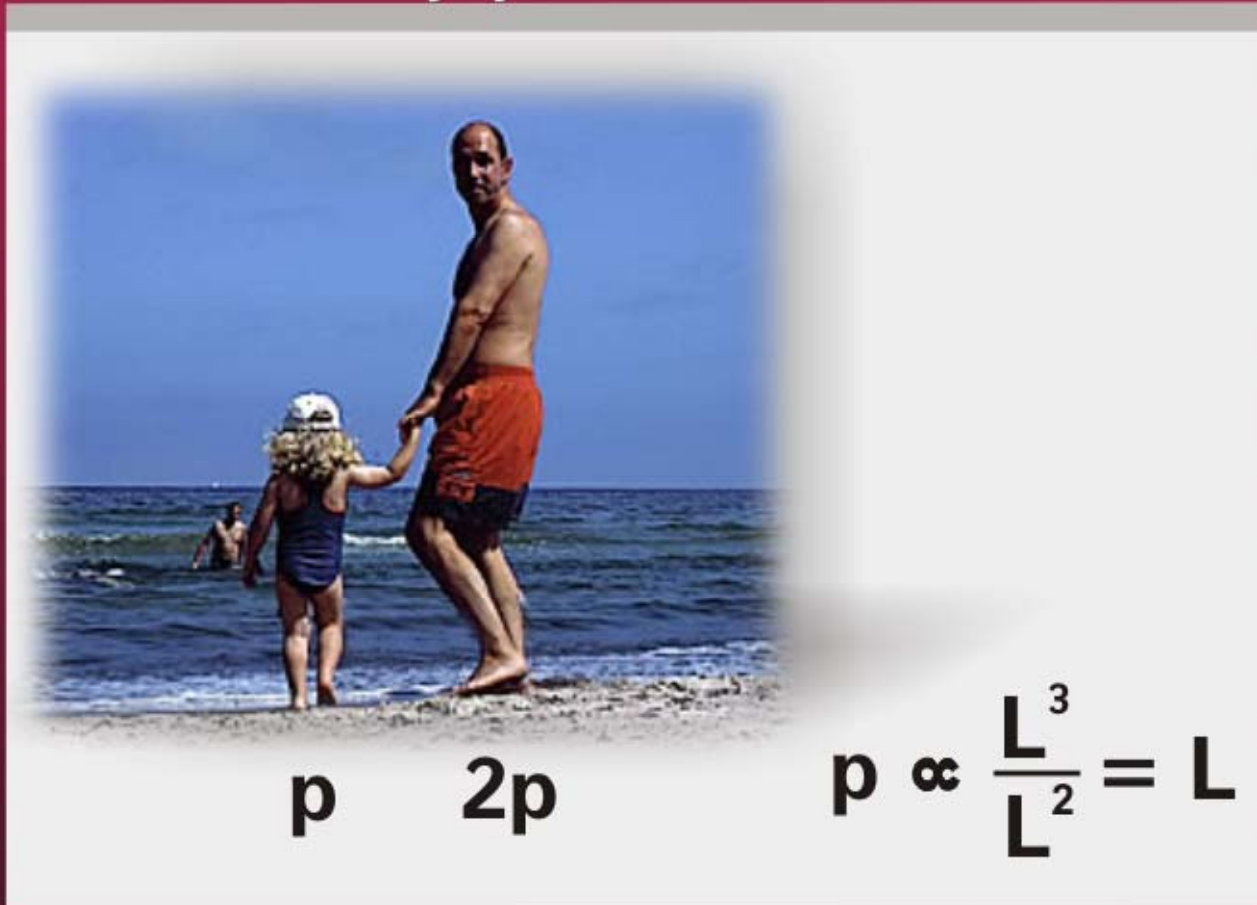
$$a_1=b_1, a_2=b_2, \dots, a_n=b_n$$

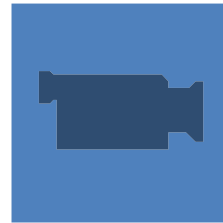
Dimenziók módszere, skálázás

A térfogat a lineáris méret köbével skálázódik



**Apa vagy gyermeke talpát
szúrja jobban a homok?**





Mérés

A mérendő mennyiségnek az adott mennyiség egységével (etalonjával) történő összehasonlítása.

Mérési hiba (pontosság)

$$X \pm \Delta X$$

Relatív hiba

$$\frac{\Delta X}{X}$$

Mértékegységek megválasztása

Elvárások:

Kellő mérési pontosság

Időtállóság

Essen az emberi méretek tartományába

Mértékegységek megválasztása

Koherens mértékegység rendszerek

Alapmennyiségek \Rightarrow származtatott mennyiségek

Hosszúság fogalma

méhek tánca



Hosszúság mérése

megalitikus yard



Hosszúság mérése

Indus völgyi kultúrák (Kr.e. 2600) 1,7 mm!

Antik láb



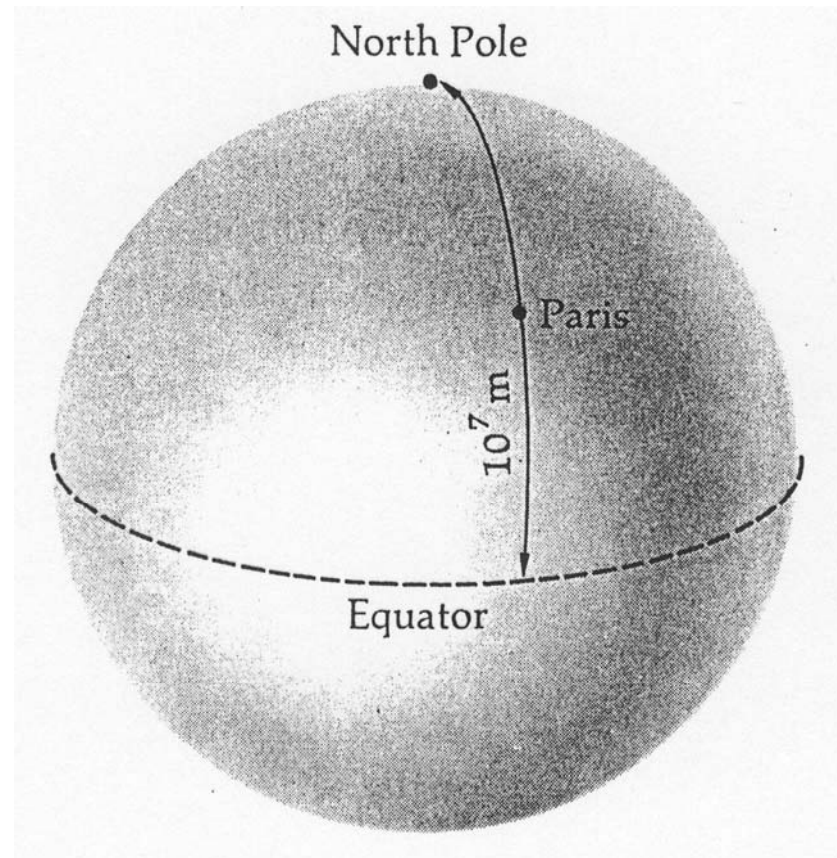
A hosszúság egységei

Méter (egységesítés)

A méter definíciójának fejlődése

1791:

A Párizson áthaladó délkör 40 milliommód része.



A méter definíciójának fejlődése

1889: ősméter (relatív hiba $2 \cdot 10^{-7}$)



A méter definíciójának fejlődése

1960:

A kripton által kibocsátott fény hullámhosszának 1,650,763.73-szerese (rel. hiba 10^{-8})

1983:

A fény által (vákuumban) $1/299,792,458$ s alatt megtett út (rel. hiba 10^{-12})

(Bay Zoltán javaslata)

Az új definíció pontossága

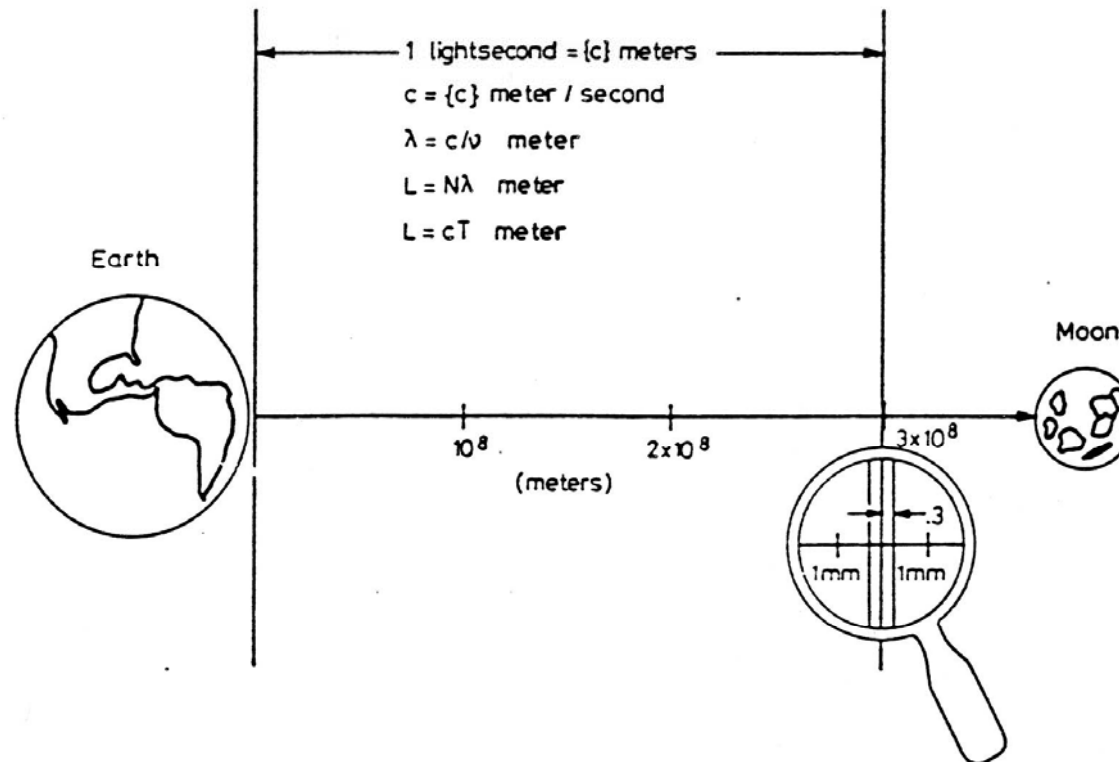


Fig. 3. Illustration of the unified time-frequency-length measurement System II. The second is defined like before (Fig. 1) by an atomic clock. The meter is defined such that 1 Light-second = {c} meters, where {c} is an agreed upon (dimensionless) number to be established after c is measured to the full accuracy permitted by the present meter (Fig. 2). The lightsecond is a distance traveled by light waves in 1 second, about 3/4 distance to the moon, with an uncertainty of only $\pm .3$ mm, corresponding to about one picosecond reproducibility of the second. Wavelength is a $\lambda = c/\nu$ submultiple of the meter, known as accurately as the optical frequency ν is measured. Length can be measured either as a multiple of wavelength or as c multiplied by a measured time-of-flight of light waves, T . The limit of reproducibility of the meter in this system is the same as that of the second, about 10^{-12}

A méter definíciójának fejlődése

Relatív hiba ma: 10^{-15} !!!

Hosszúság mérésére szolgáló eszközök

Méterrúd, mérőszalag

Tolómérő

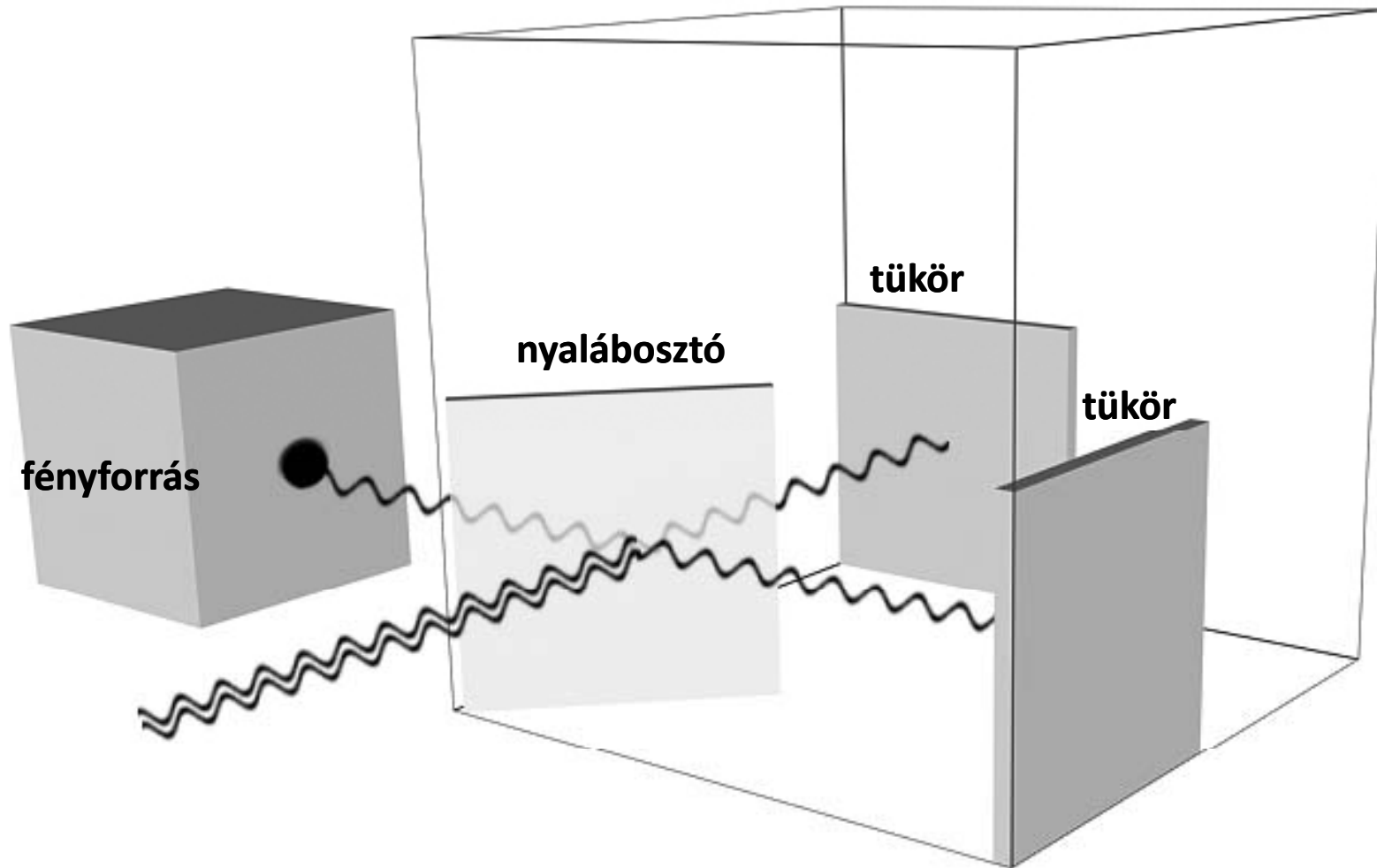
Csavarmikrométer

Lézeres távolságmérés

Lézeres távolságmérés



MICHELSON INTERFEROMÉTER



Időmérés



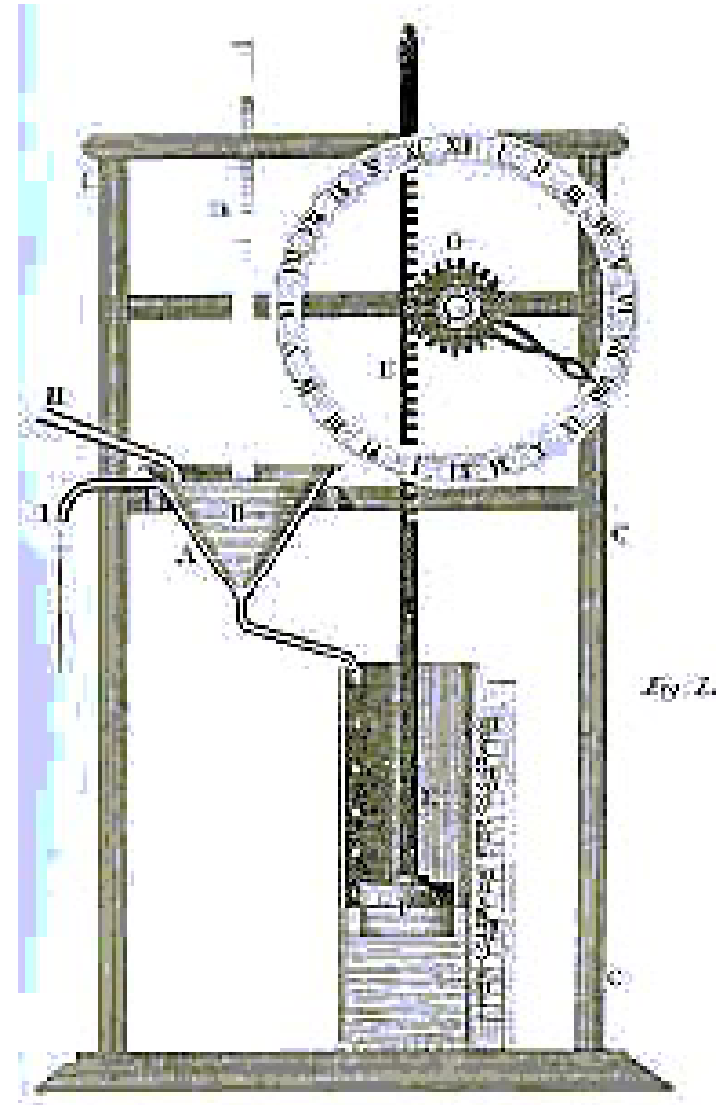
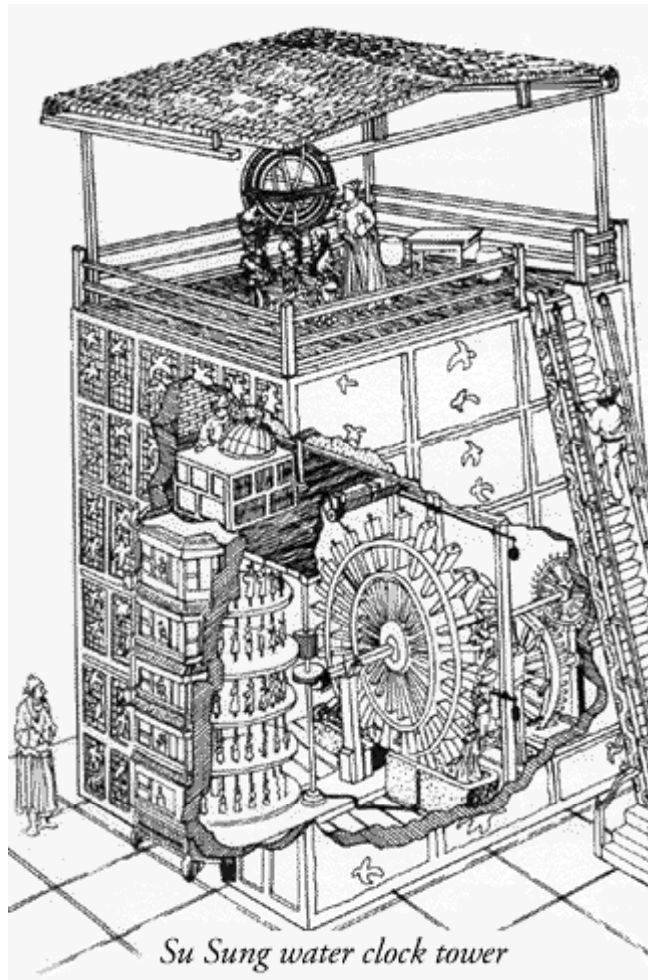
Időmérés

Napórák (Kr.e. 3500)



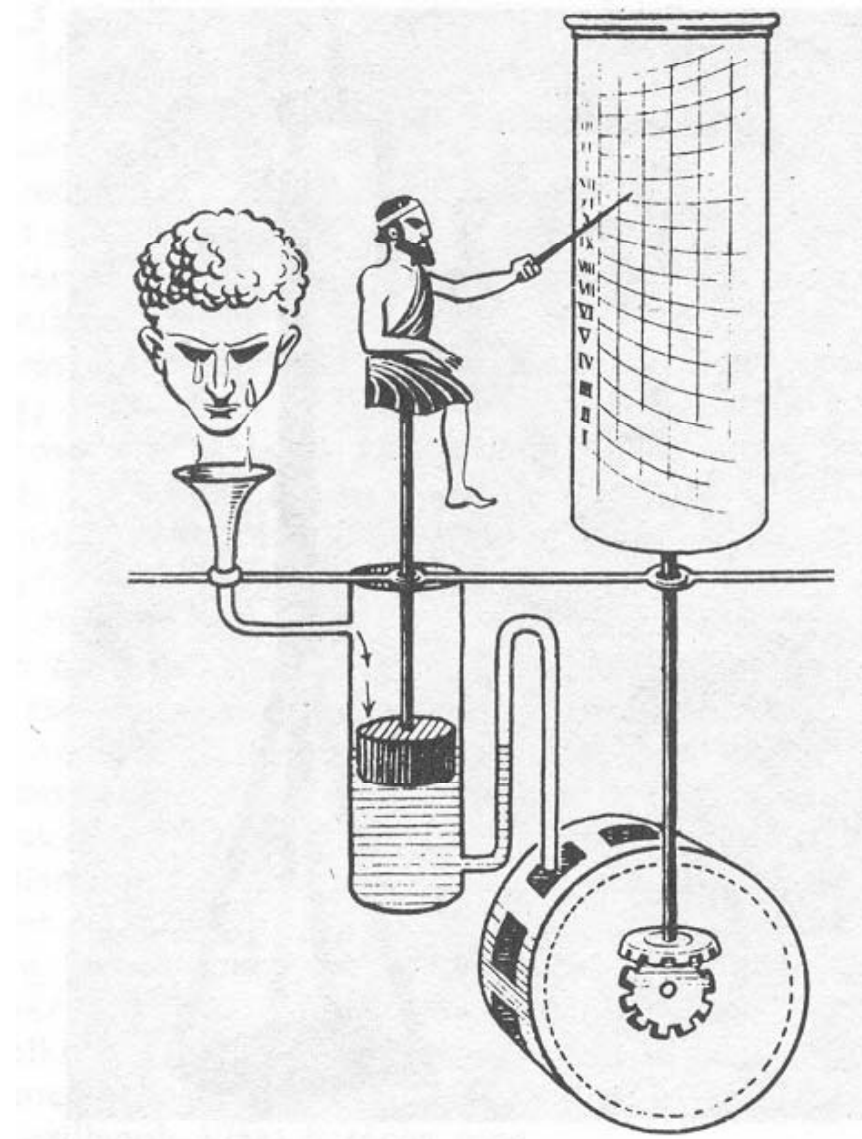
Időmérés

Vízórák (Kr.e. 1400)



Időmérés

Vízórák



Időmérés

Gyertya



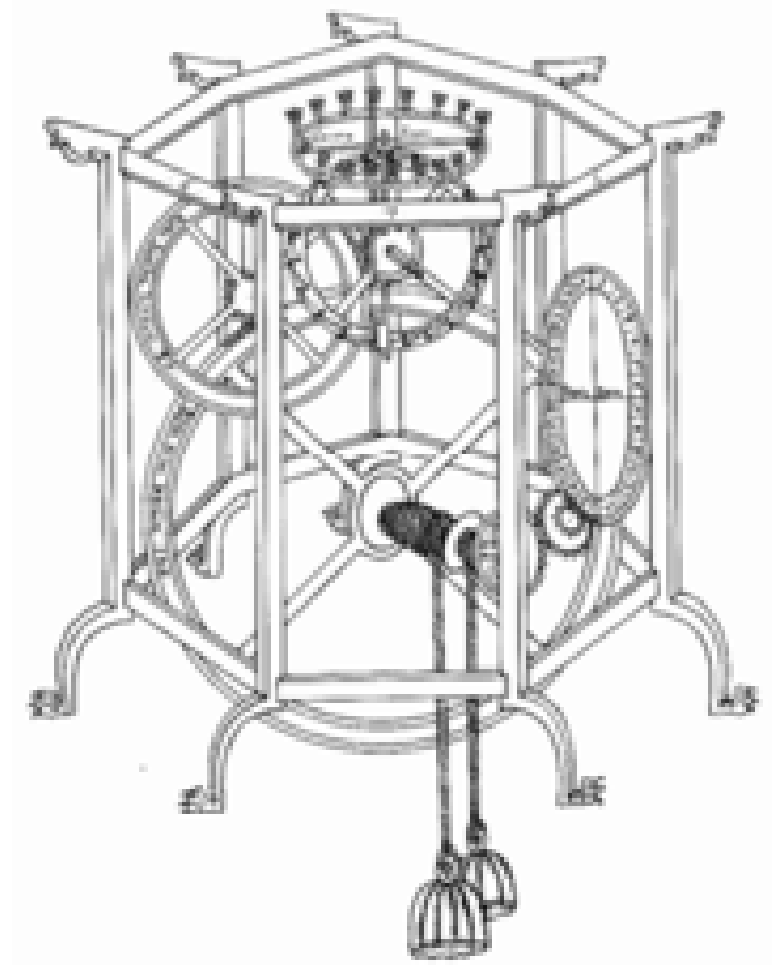
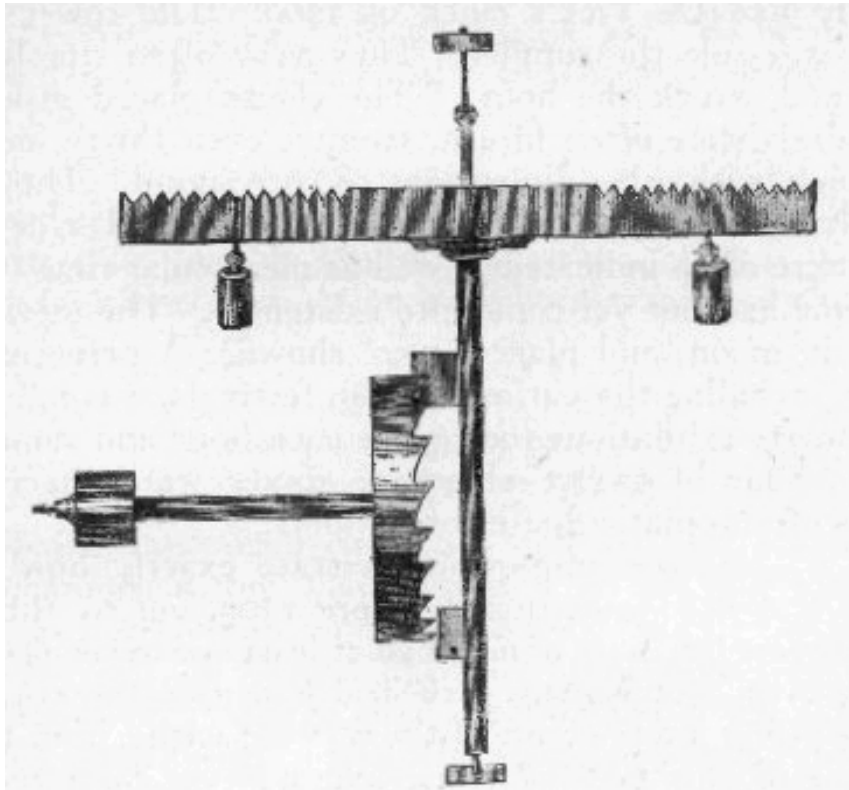
EXP

Időmérés

Kilincskerék (1350 körül)

Időmérés

Kilincskeresék



Időmérés

Kilincskerék (1350 körül)

Inga (Huygens, 1656) 10 s/nap !

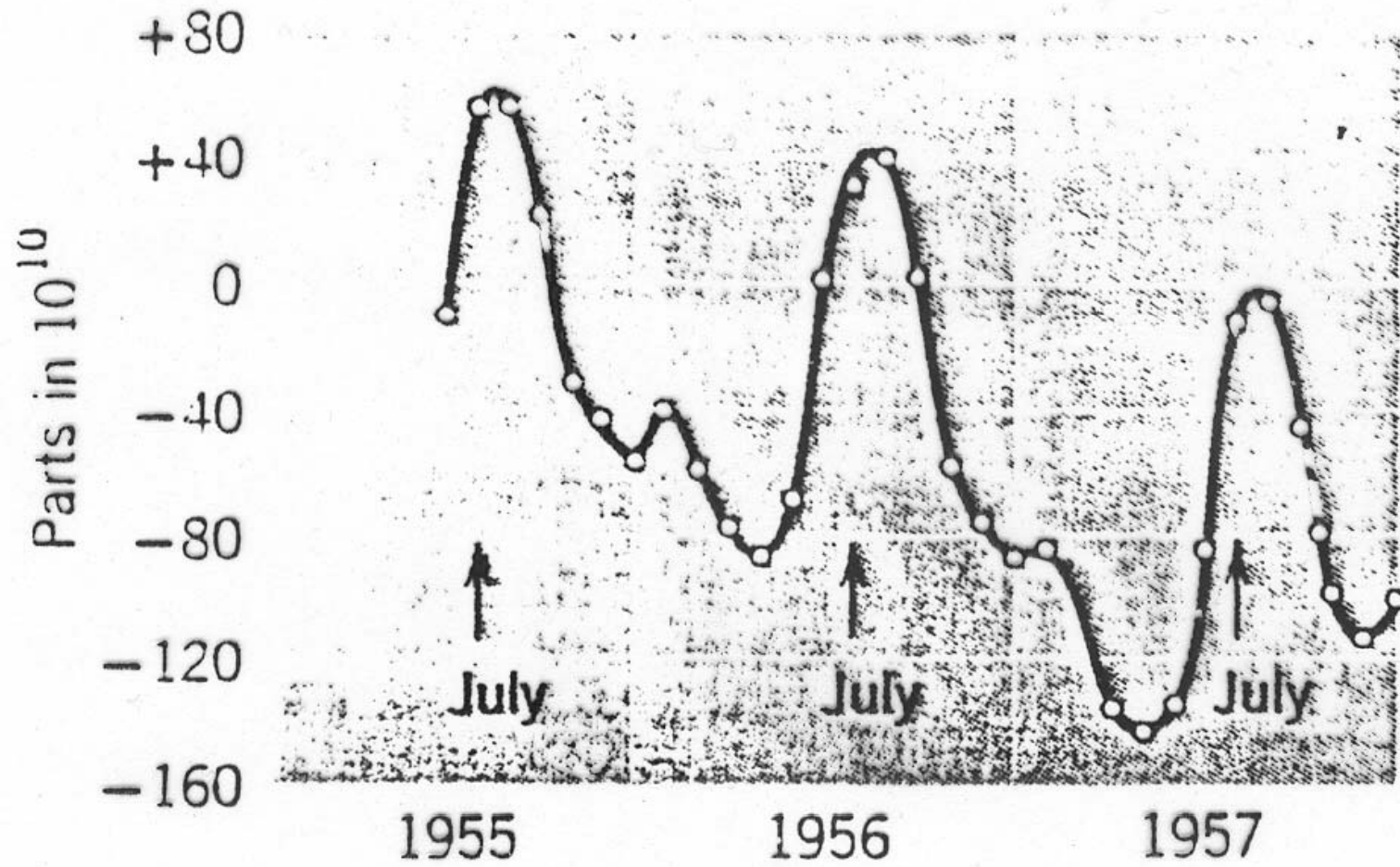
Shortt 1921, master/slave 0,01 s/nap

Kvarcórák 10^{-4} s/nap

A másodperc definíciója

A Föld tengely körüli forgása alapján

Nap hosszának változása



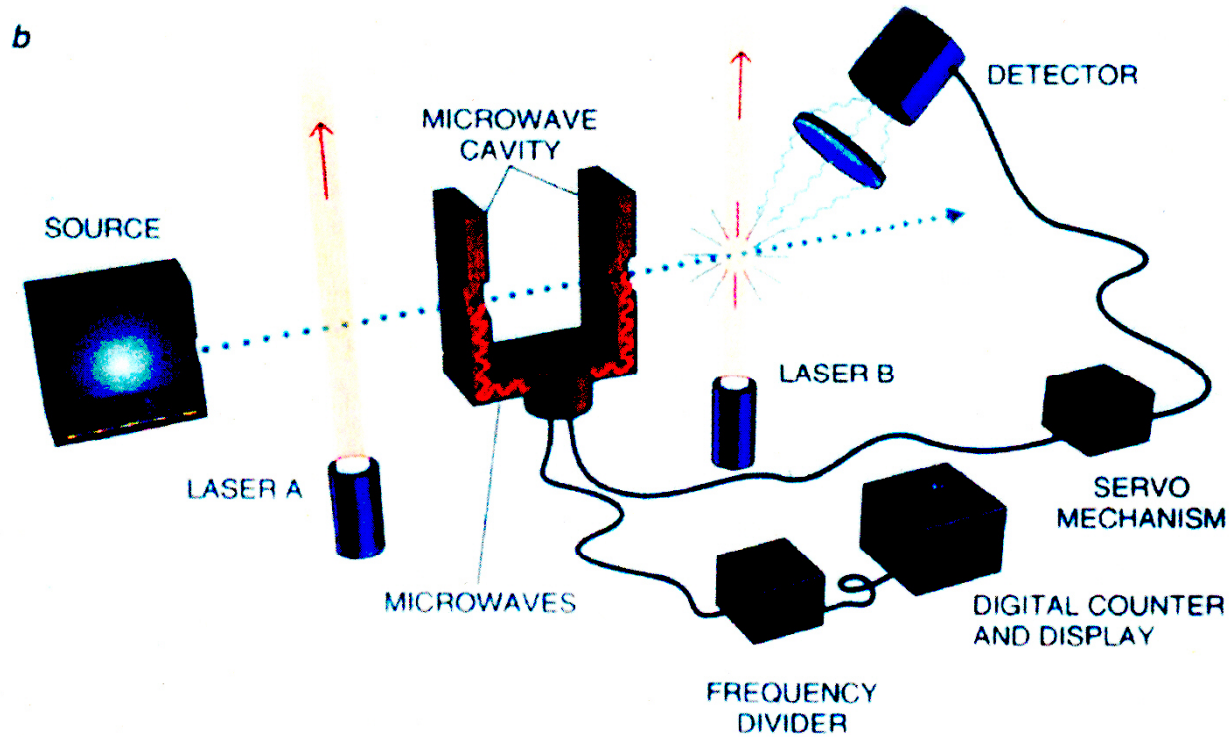
A másodperc definíciója

A Föld tengely körüli forgása alapján

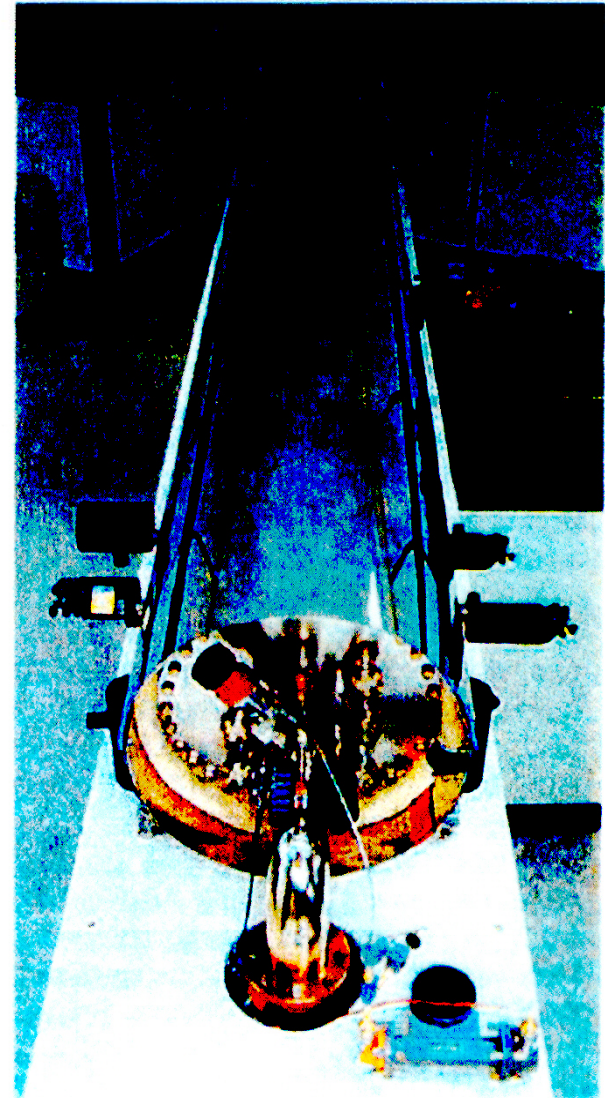
Az év alapján

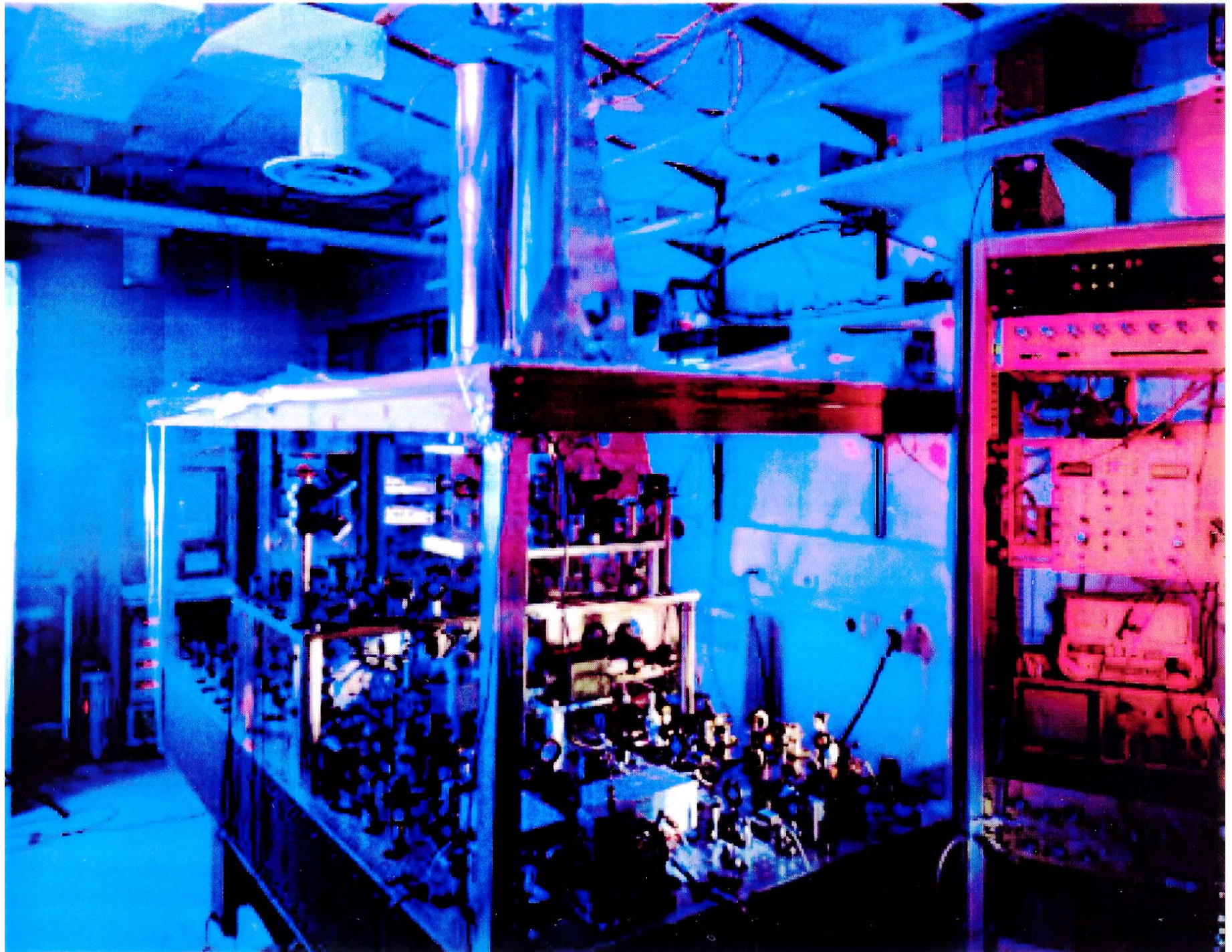
Atomóra: a Cs 133-as izotópja átmeneti
periódusidejének 9,162,631,770-szerese.

Atomórák

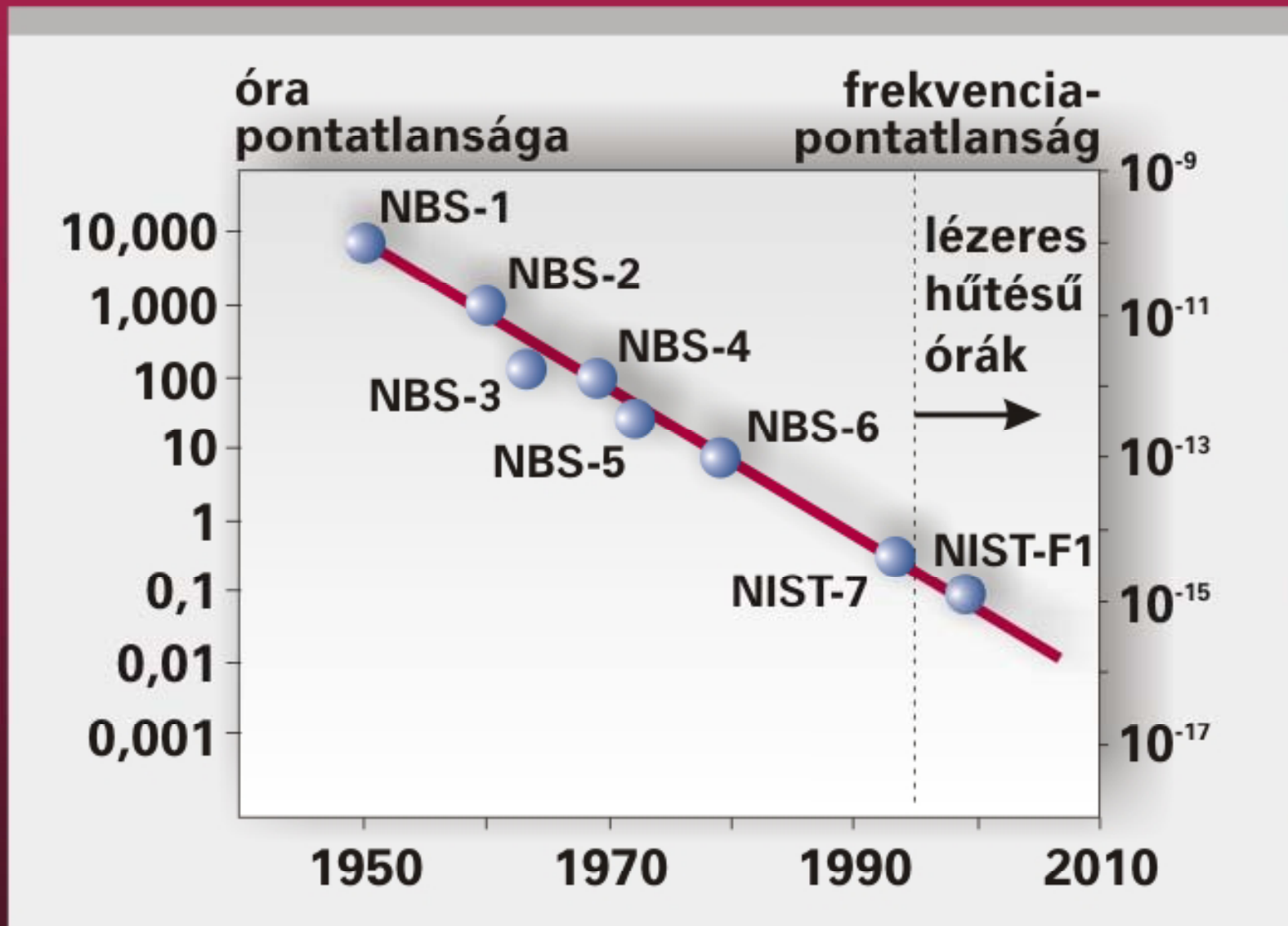


directed to a device that divides the frequency into usable timing pulses. Optically pumped standards (*b*) use light rather than magnets to select atoms. Laser A pumps the atoms into the right energy level, preparing them to be excited by the microwaves. Only atoms placed in the correct energy level by the microwaves absorb light from laser B. They quickly reemit that energy, which is sensed by a photodetector. An optically pumped clock using cesium atoms at the National Institute of Standards and Technology, called NIST-7, now keeps time for the U.S. (*photograph*).



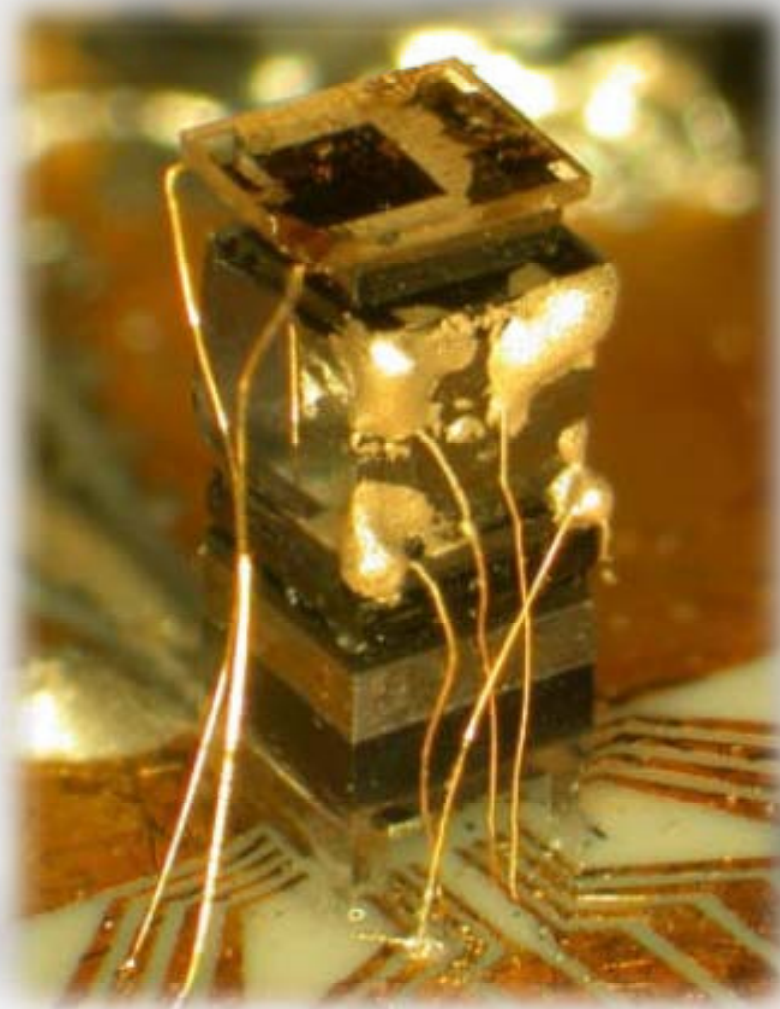


Az atomórák mérési pontosságának fejlődése



Forrás: NIST

Chip méretű atomóra



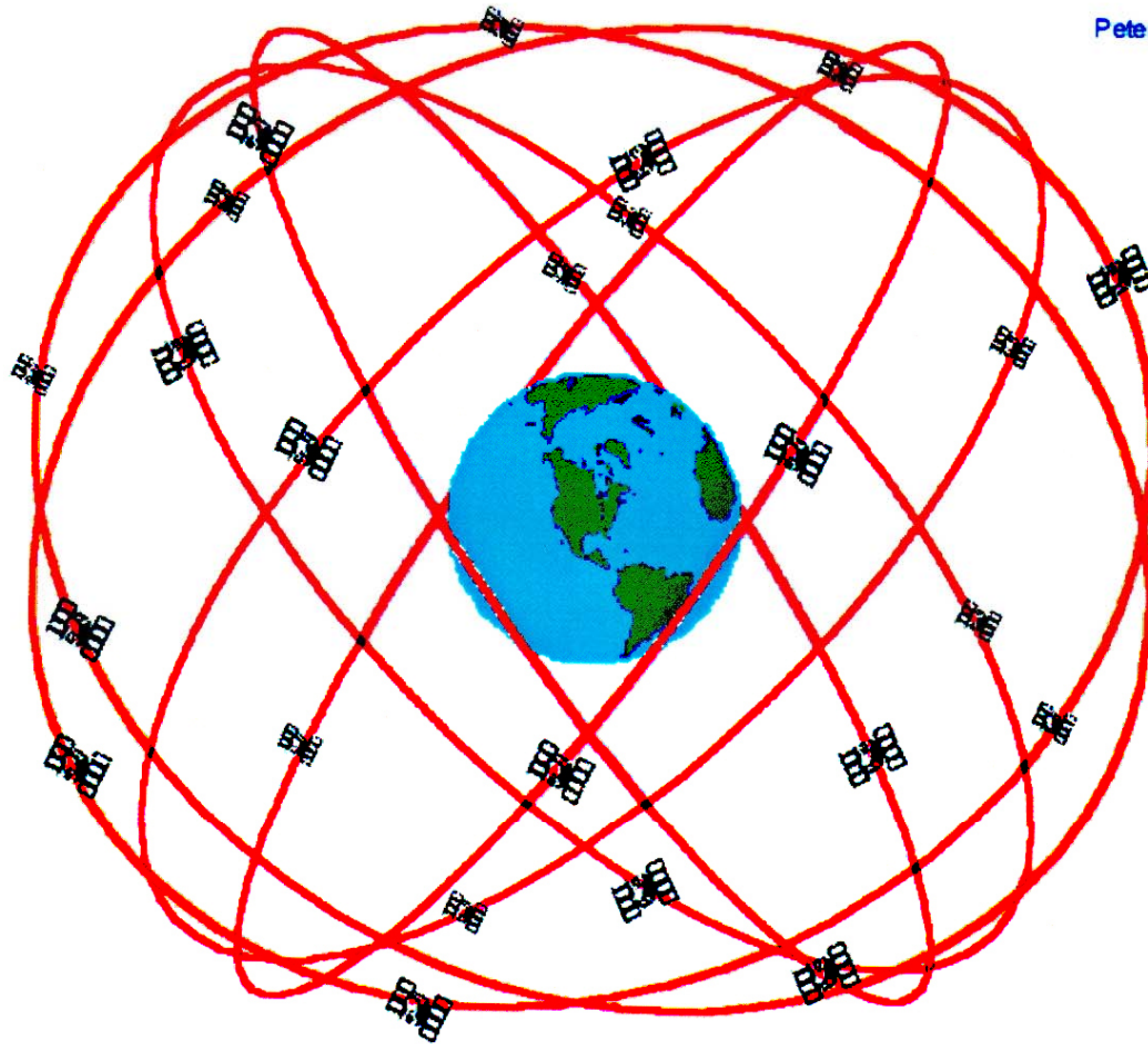
Forrás: NIST

Universal Coordinated Time (UTC)

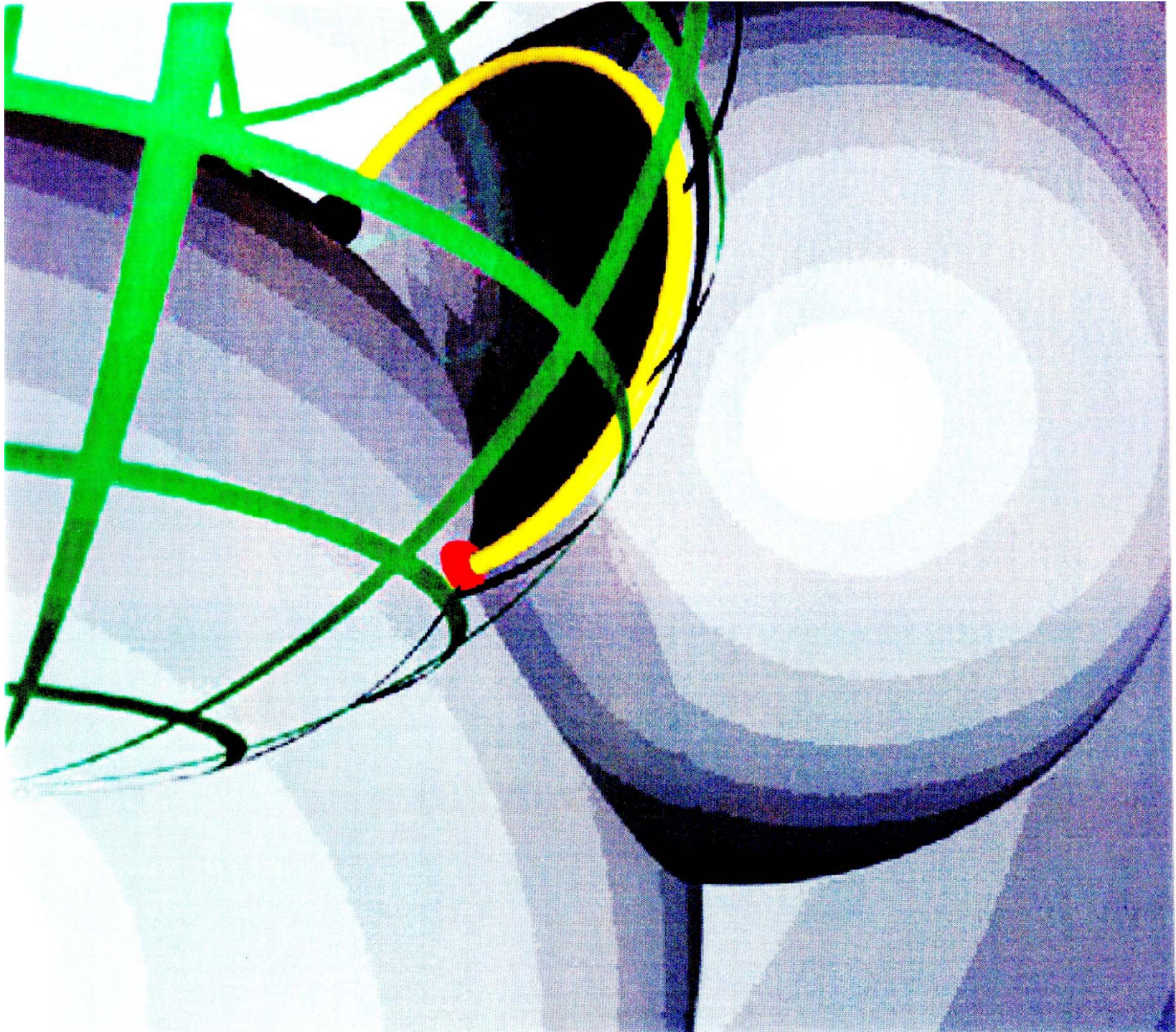
„Szökő” másodpercek (22 alkalom 1972 és 1999 között)

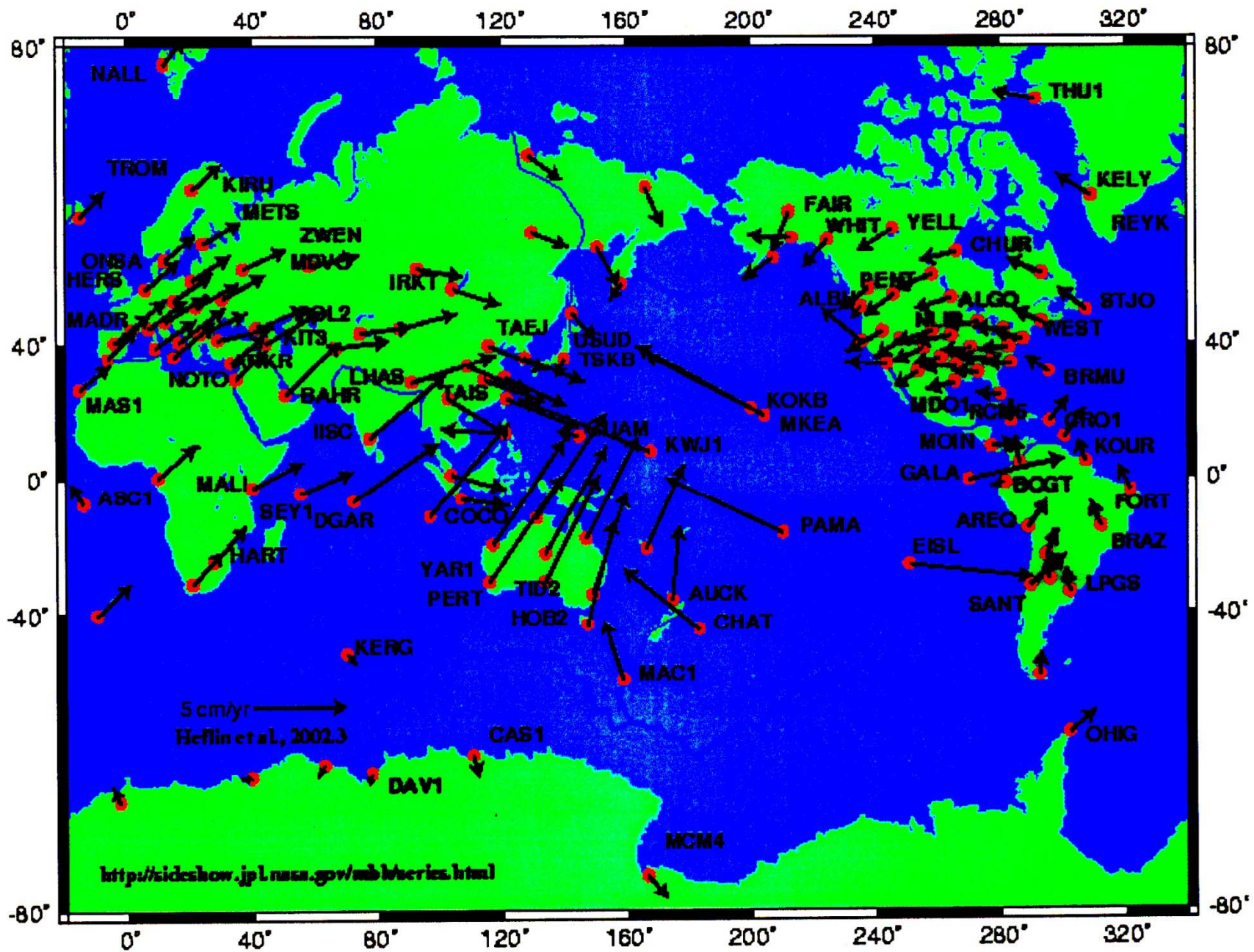
A következő 2005-ben !

A global positioning system (GPS) működése



GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination





GPS

Relativisztikus korrekciók

Pontosság növelés