

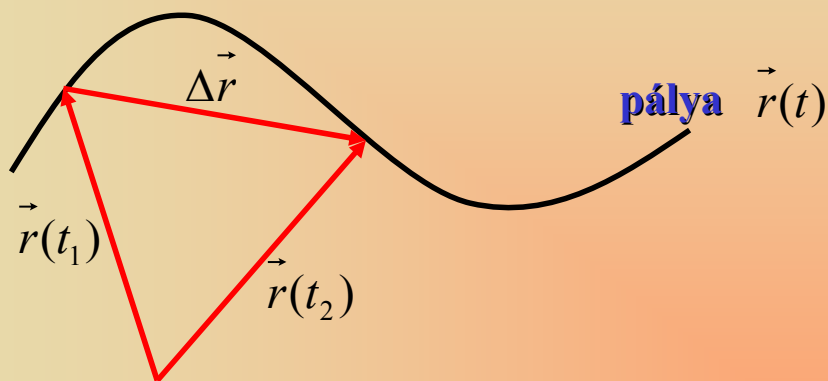
Mechanika I. rész

Környezettudomány és környezetmérnök hallgatóknak

Szabó Gábor

A kinematika alapjai

Az anyagi pont mozgása



$\vec{r}(t_1), \vec{r}(t_2)$ helyvektor(ok)

$\Delta \vec{r}$ elmozdulásvektor

A kinematika alapjai

Egyenesvonalú, egyenletes mozgás



$$\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = c$$

c a sebesség

Hogyan lehetne a sebesség fogalmát általános mozgásokra kiterjeszteni?

A kinematika alapjai

Megoldás: osszuk fel a mozgást olyan kicsi szakaszokra (legyen Δt elegendően kicsiny), hogy a mozgás már egyenesvonalú, egyenletesnek legyen tekinthető, és rendeljük a mozgáshoz az adott pont környezetében ezt a sebességet.

Kérdés: egyértelmű ez (nagyon sokféle hányados lehetséges)?

$$\frac{(\Delta \vec{r})_1}{\Delta t_1}, \frac{(\Delta \vec{r})_2}{\Delta t_2}, \frac{(\Delta \vec{r})_3}{\Delta t_3}, \dots$$

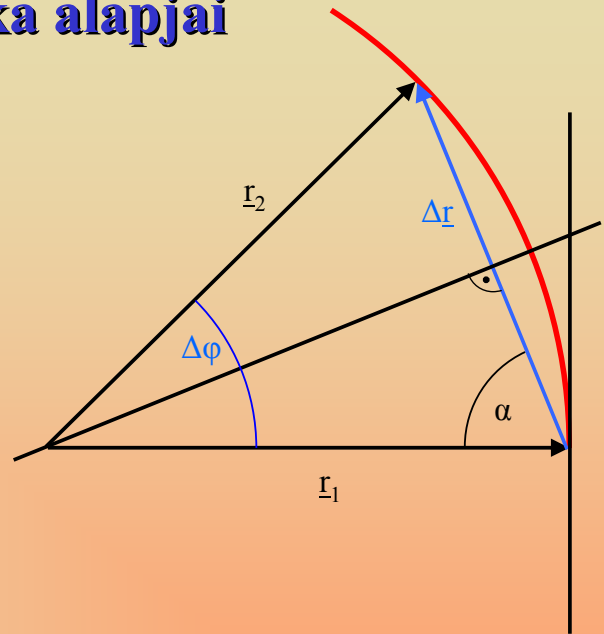
Tekintsünk egy példát

A kinematika alapjai

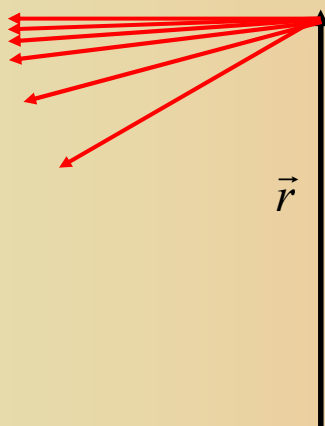
Görbevonalú mozgás

$r = 0.5\text{m}$

Δt (s)	$\Delta\varphi$	α	Δr (m)	$\Delta r/\Delta t$ (m/s)
0,1745	60°	60°	0,5000	2,8648
0,0873	30°	75°	0,2588	2,9658
0,0436	15°	$82,5^\circ$	0,1305	2,9914
0,0218	$7,5^\circ$	$86,25^\circ$	0,0654	2,9979
0,0145	5°	$87,5^\circ$	0,0436	2,9990
0,0029	1°	$89,5^\circ$	0,0087	3,0000



A kinematika alapjai



$$\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Δt (s)	$\Delta\varphi$	α	Δr (m)	$\Delta r/\Delta t$ (m/s)
0,1745	60°	60°	0,5000	2,8648
0,0873	30°	75°	0,2588	2,9658
0,0436	15°	$82,5^\circ$	0,1305	2,9914
0,0218	$7,5^\circ$	$86,25^\circ$	0,0654	2,9979
0,0145	5°	$87,5^\circ$	0,0436	2,9990
0,0029	1°	$89,5^\circ$	0,0087	3,0000

A kinematika alapjai

Matematikai művelet: határátmenet

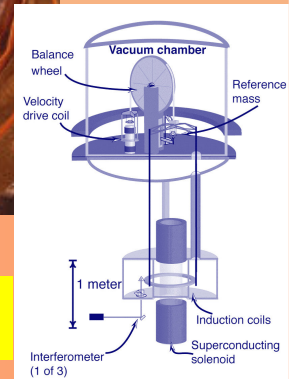
$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}$$

A sebesség, az elmozdulásvektor idő szerinti deriváltja.

Kepler törvények

A kilogramm új definíciója

Avogadro projekt



Watt mérleg

A Newton-féle gravitációs törvény

Ötlet: tételezzük fel, hogy a Hold centripetális gyorsulásának ugyanaz az oka mint a Föld felszínén szabadon eső tárgyak gyorsulásának.

$$L_{FH} = 384000 \text{ km}$$

$$R_F = 6350 \text{ km}$$

$$T_H = 27 \text{ nap } 7 \text{ óra } 43 \text{ p} \rightarrow \omega_H = 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ 1/s}$$

$$a_{cpH} = 2,72 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$g/a_{cpH} \approx 3600$$

$$L_{FH}/R_F = 60 \rightarrow (L_{FH}/R_F)^2 \approx 3600$$

A Newton-féle gravitációs törvény

$$\vec{F} = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

A gravitációs állandó mérése

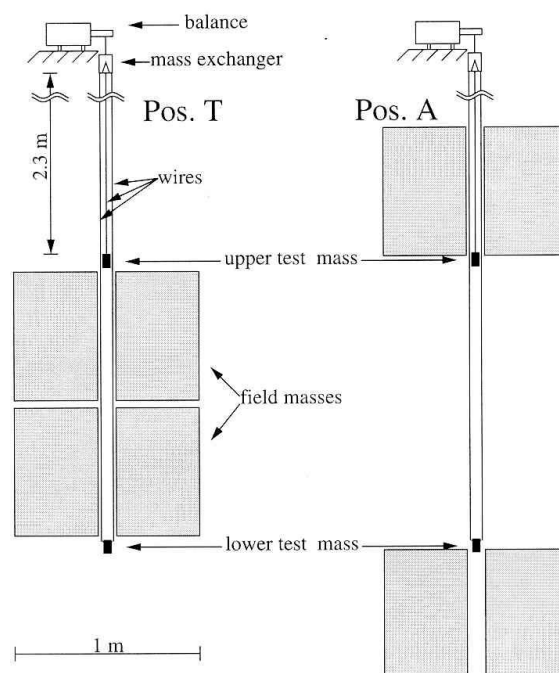
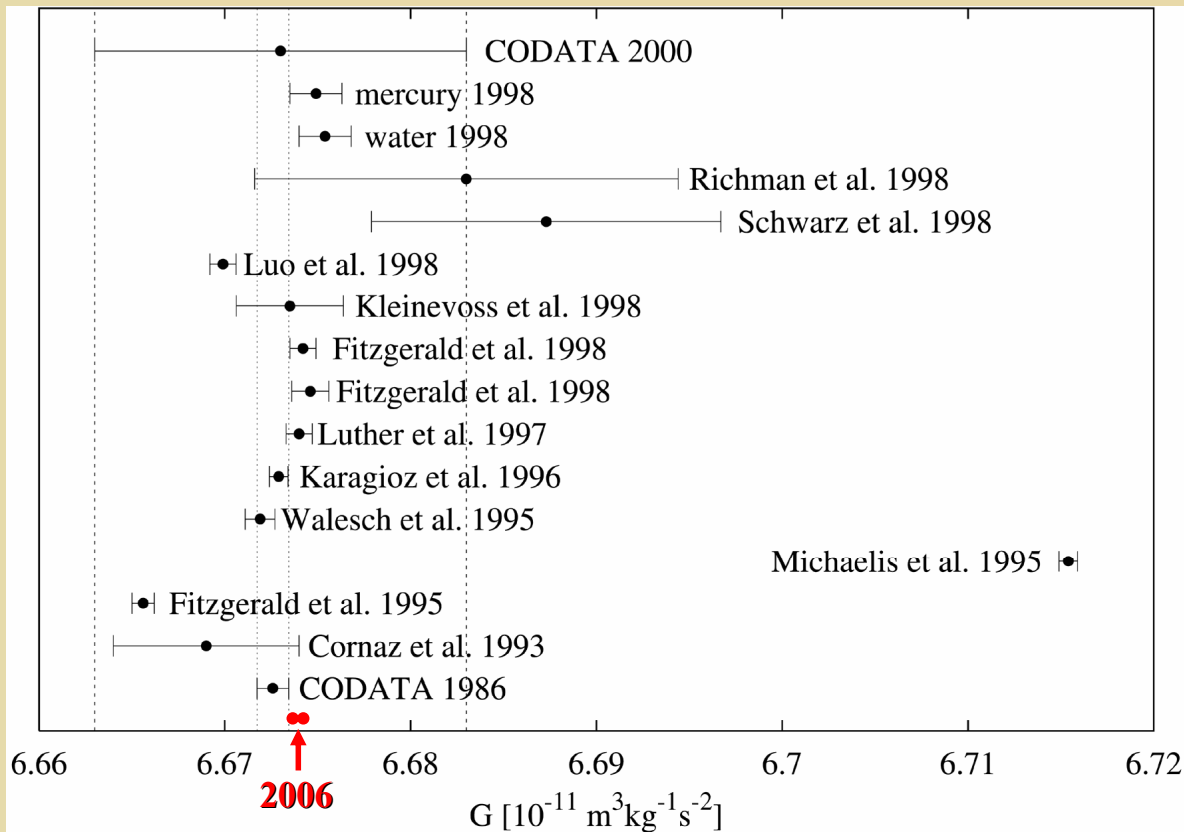
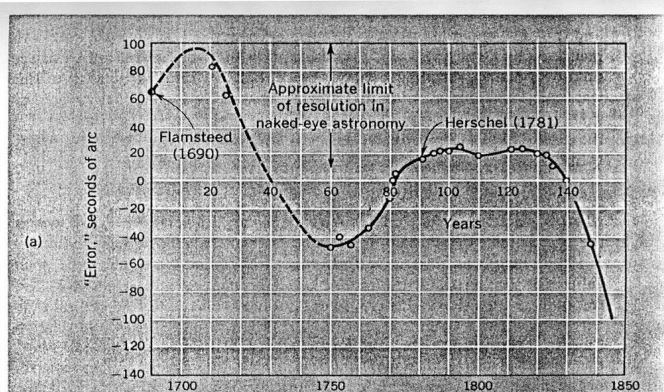


FIGURE 2.1: The principle of the experiment. The two field masses are shown in the two positions together (T) and apart (A) used for the measurements.

A gravitációs állandó mérése



Sikertörténet: a gravitációs törvény



Herschel

Adams \Rightarrow Airy

Le Verrier \Rightarrow Galle

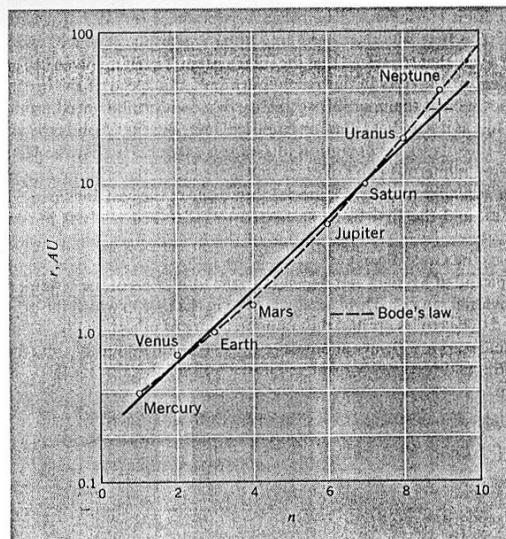
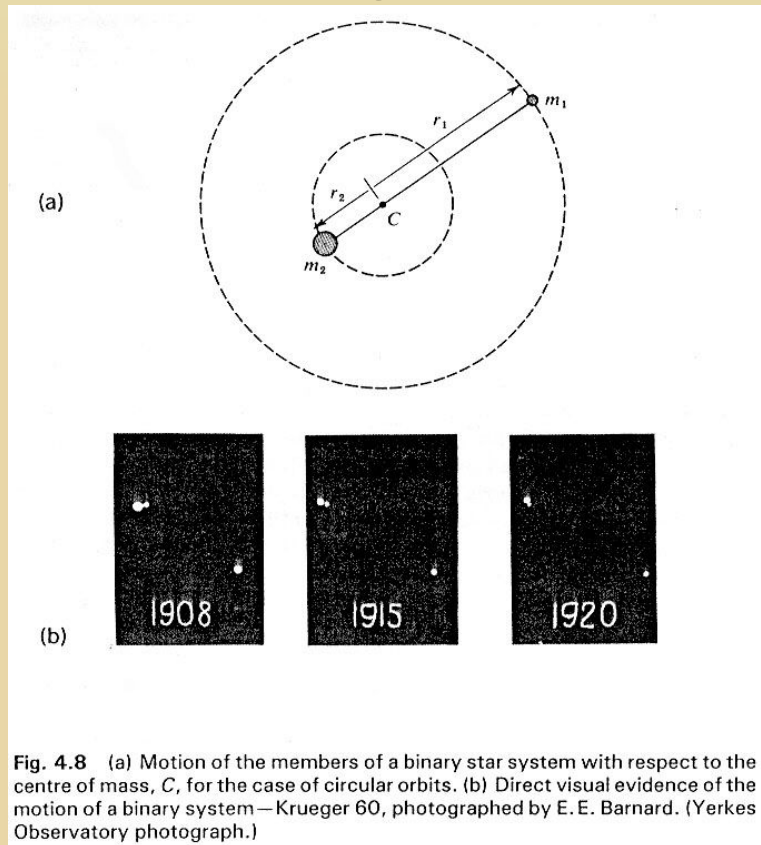


Fig. 4.5 (a) Unexplained residual deviations in the observed positions of Uranus between 1690 and 1840. (b) Basis of ascribing the deviations to the influence of an extra planet. The arrows indicate the relative magnitude of the perturbing force at different times.

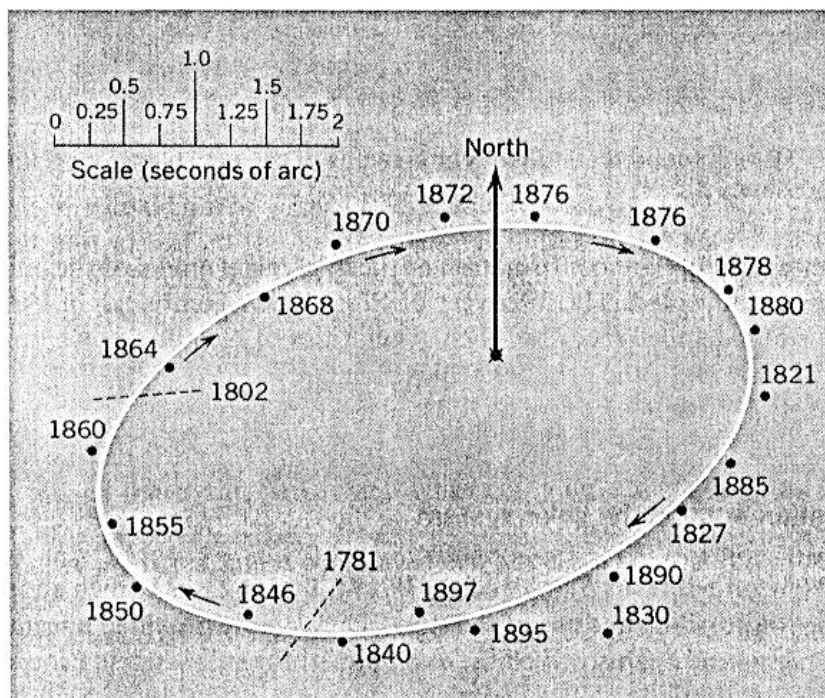
Fig. 4.6 Graph for predicting the orbital radius of the new planet with the help of Bode's law.

Bode törvény

Sikertörténet: a gravitációs törvény



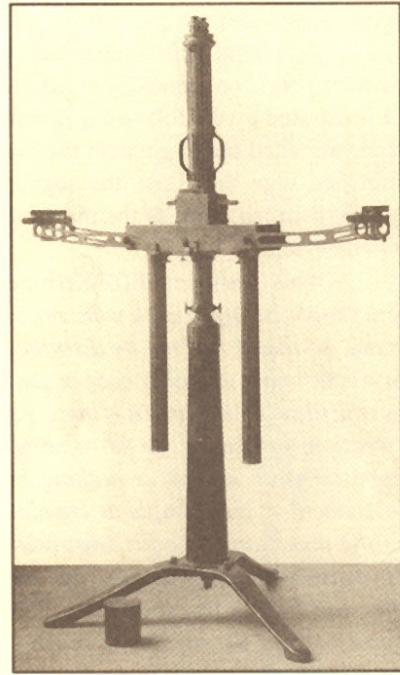
Sikertörténet: a gravitációs törvény



Súlyos és tehetetlen tömeg



Péter Lányi



Double balance, 1902. EÖTVÖS and his colleagues used this instrument in their experiments to study the equivalence of inertial and gravitational mass

Súlyos és tehetetlen tömeg



During observation, the oxen can have a rest



The first torsion balance field measurements (on Ság hill, Transdanubia, Hungary) in 1891. EÖTVÖS can be seen at the telescope

Súlyos és tehetetlen tömeg



A sensation in the press. Scientists drifting on ice sheets on Lake Balaton. A sudden rise in temperature led to the ice breaking up and EÖTVÖS and his colleagues found themselves falling into captivity of the ice. Thanks to brave fishermen they were saved

Súlyos és tehetetlen tömeg

Eötvös Loránd mérései szerint a súlyos és tehetetlen tömeg hányadosa $\sim 10^{-9}$ -en pontossággal független az anyagi minőségtől.

Súlyos és tehetetlen tömeg

Table 5.1. *Tests of the weak equivalence principle^a*

Experiment	Name	Method	Substances tested	Limit on $ \eta $
Newton	Newton	Pendula	Various	10^{-3}
Bessel	Bessel	Pendula	Various	5×10^{-5}
Eötvös	Eötvös, Pekár and Fekete	Torsion balance	Various	5×10^{-9}
Potter	Potter	Pendula	Various	2×10^{-5}
Renner	Renner	Torsion balance	Various	2×10^{-9}
Princeton	Roll, Krotkov and Dicke	Torsion balance	Aluminum and gold	10^{-11}
Moscow	Braginsky and Panov	Torsion balance	Aluminum and platinum	10^{-12}
Munich	Koester	Free fall	Neutrons	3×10^{-4}
Stanford	Worden	Magnetic suspension	Niobium, Earth	10^{-4}
Boulder	Keiser and Faller	Flotation on water	Copper, tungsten	4×10^{-11}