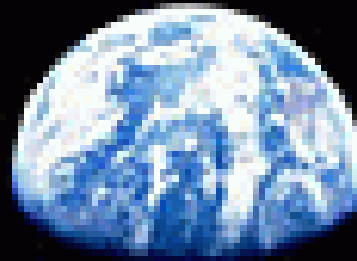


**A Föld  
mint  
fizikai  
laboratórium**



**Az atomoktól a csillagokig**

**Dávid Gyula  
2006. 01. 12.**



## A Föld - régóta ismert fizikai objektum

triviális  
jól ismert  
nem ismert

fizikai tulajdonságok



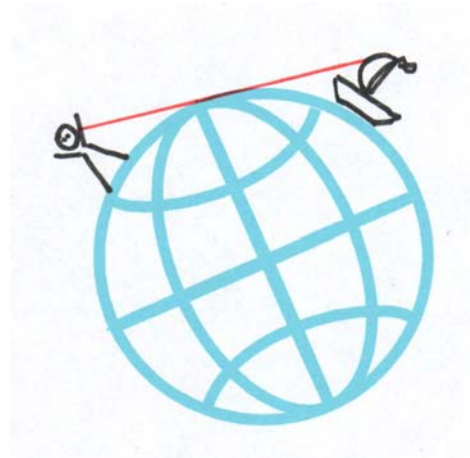
alkalmazások más rendszerek,  
más jelenségek vizsgálatára

## A Föld

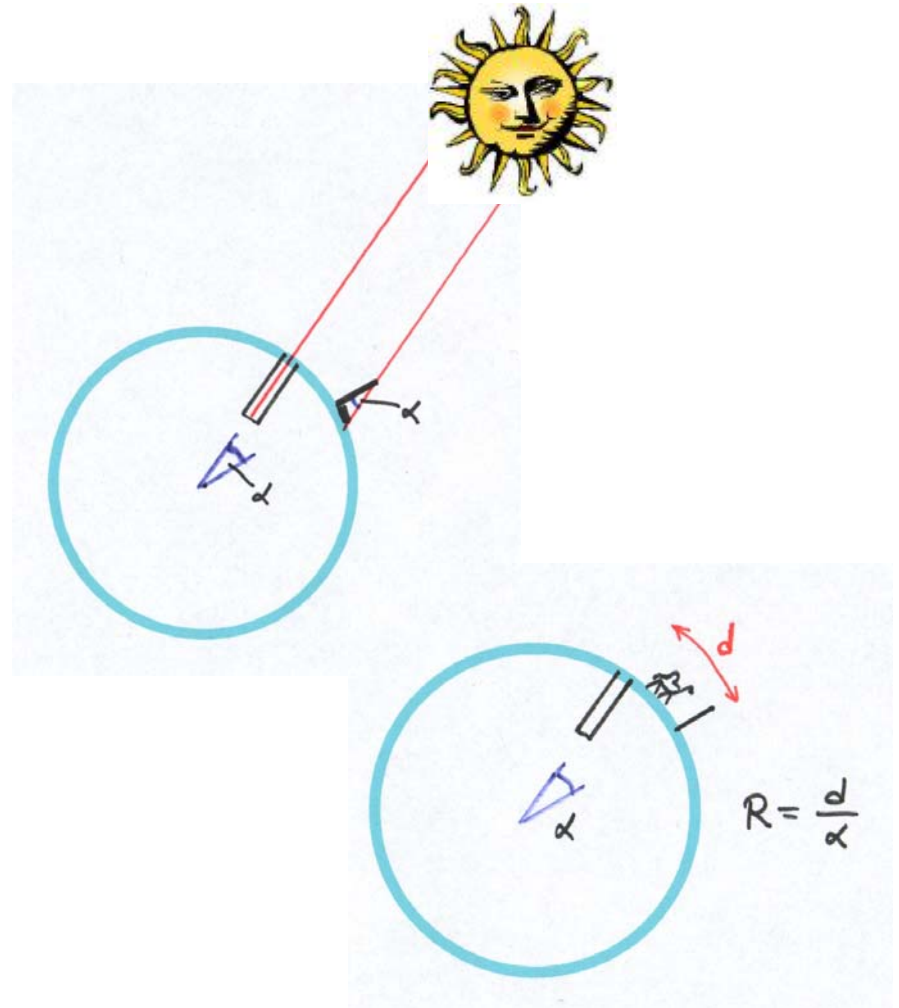
- gömbölyű
- nagy
- mozog - nem mozog - mégis mozog
- forog
- vonz
- azért mégsem annyira
- rezeg
- földel
- vezet
- mágneses
- detektál
- árnyékol
- meleg
- emlékezik
- kaotikus
- konstruál
- lakott



# 1. A Föld gömbölyű



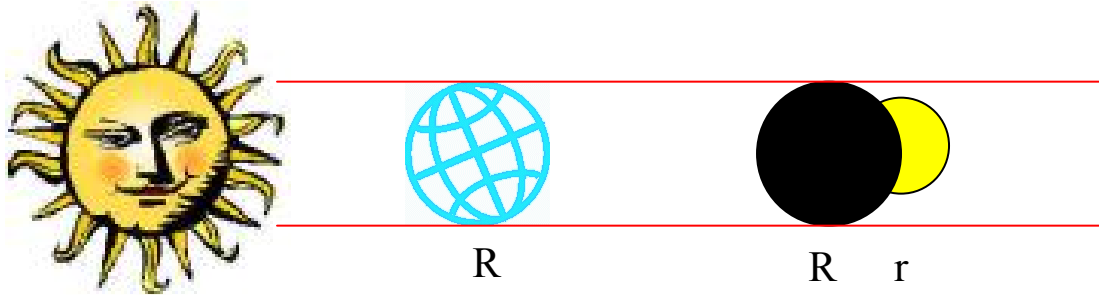
Távolban  
(csak)  
egy fehér vitorla...



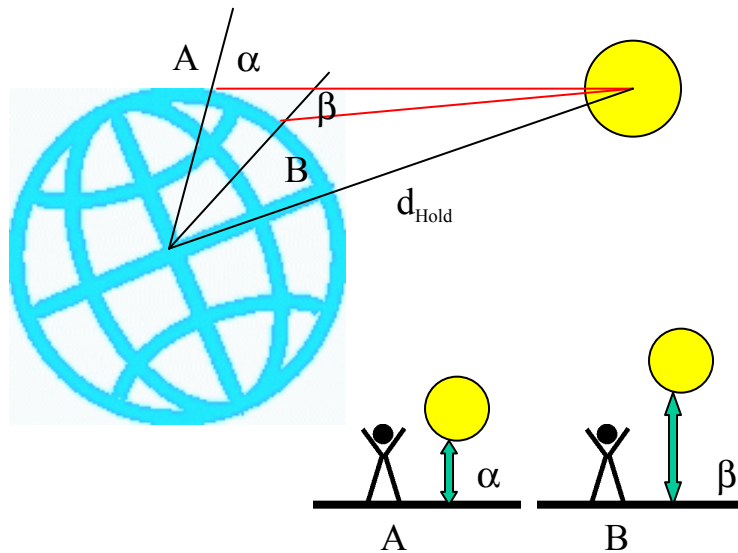
Erasztóthenész megméri a Föld sugarát



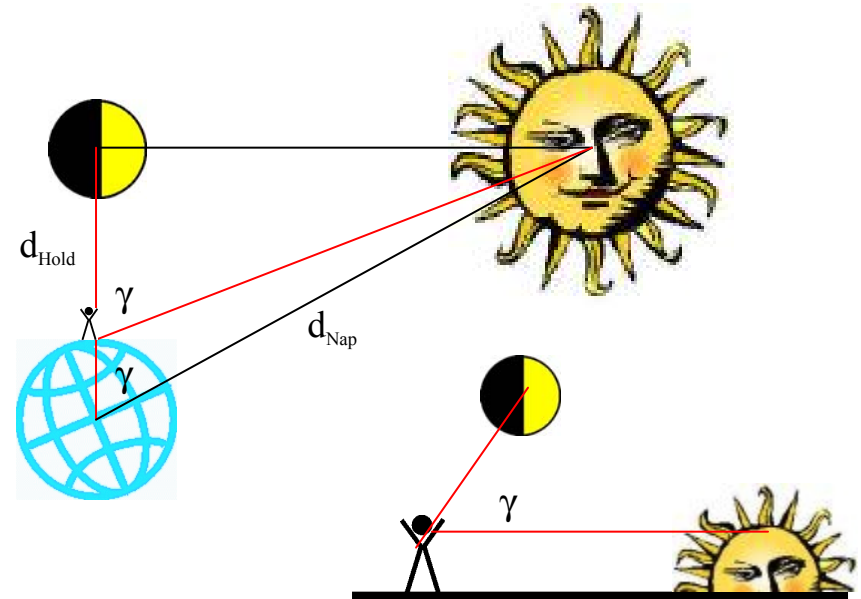
# 1. A Föld gömbölyű



Holdfogyatkozás:  
a Hold  $r$  sugarának mérése



A Hold távolságának mérése

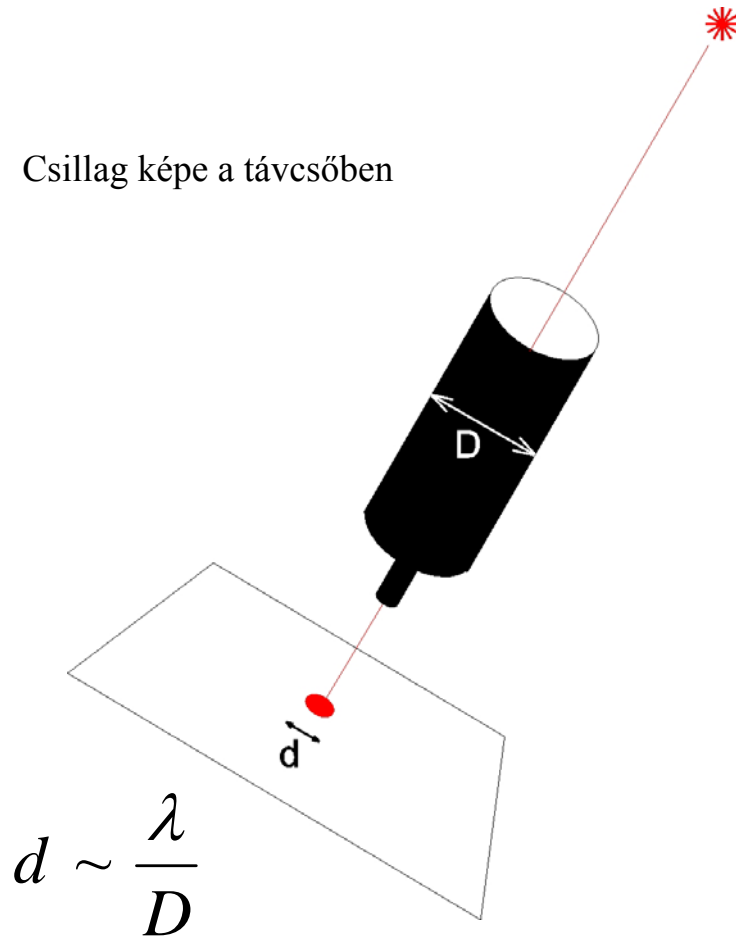


A Nap távolságának mérése

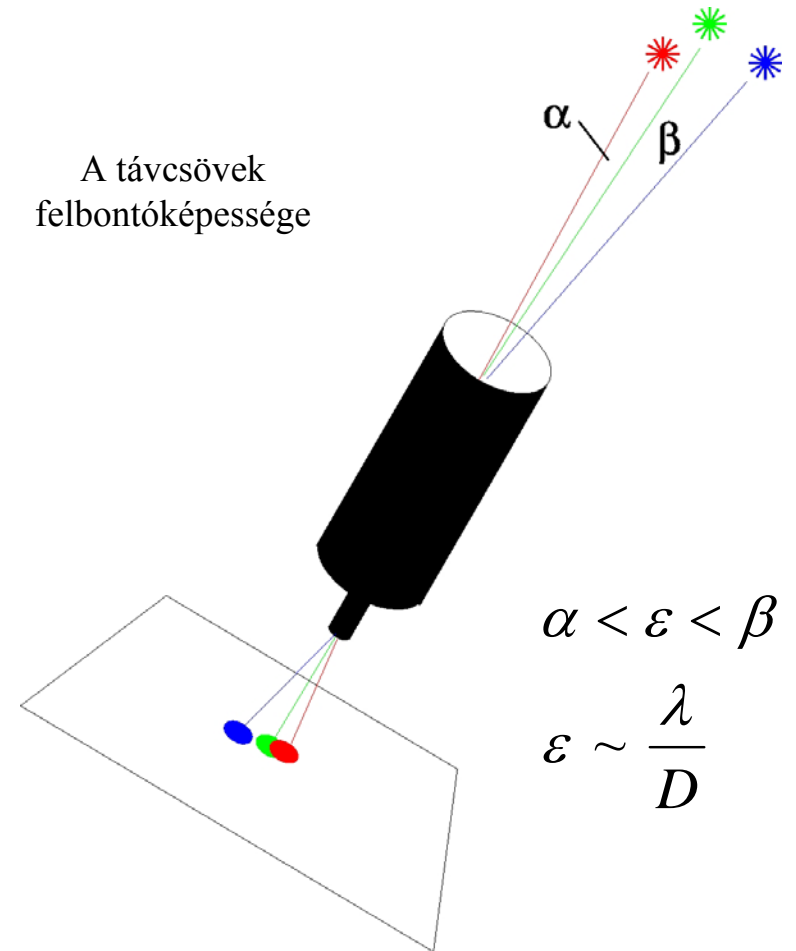


## 2. A Föld nagy

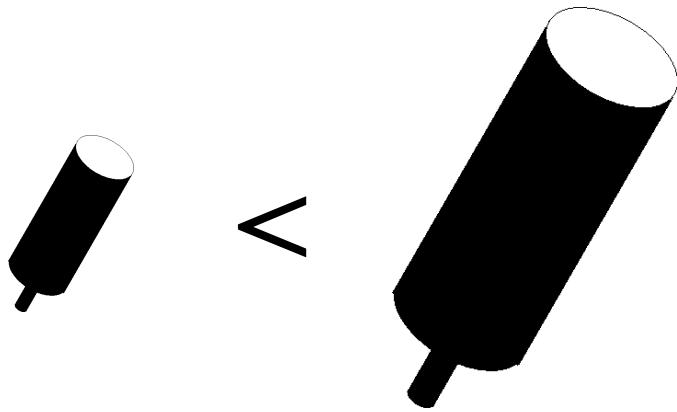
Csillag képe a távcsőben



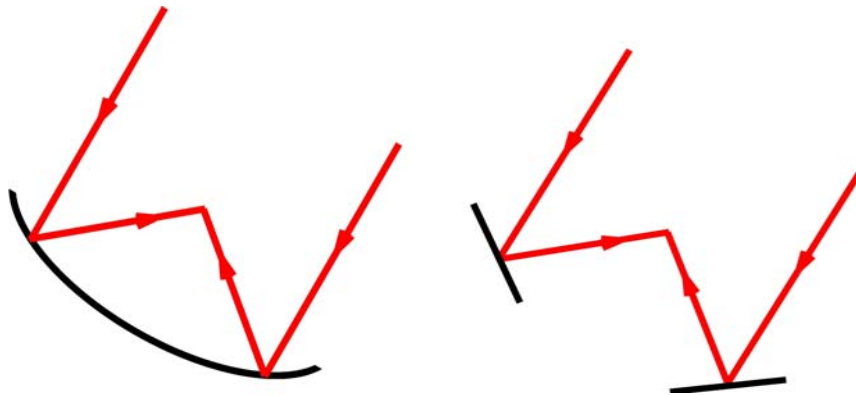
A távcsövek  
felbontóképessége



## 2. A Föld nagy



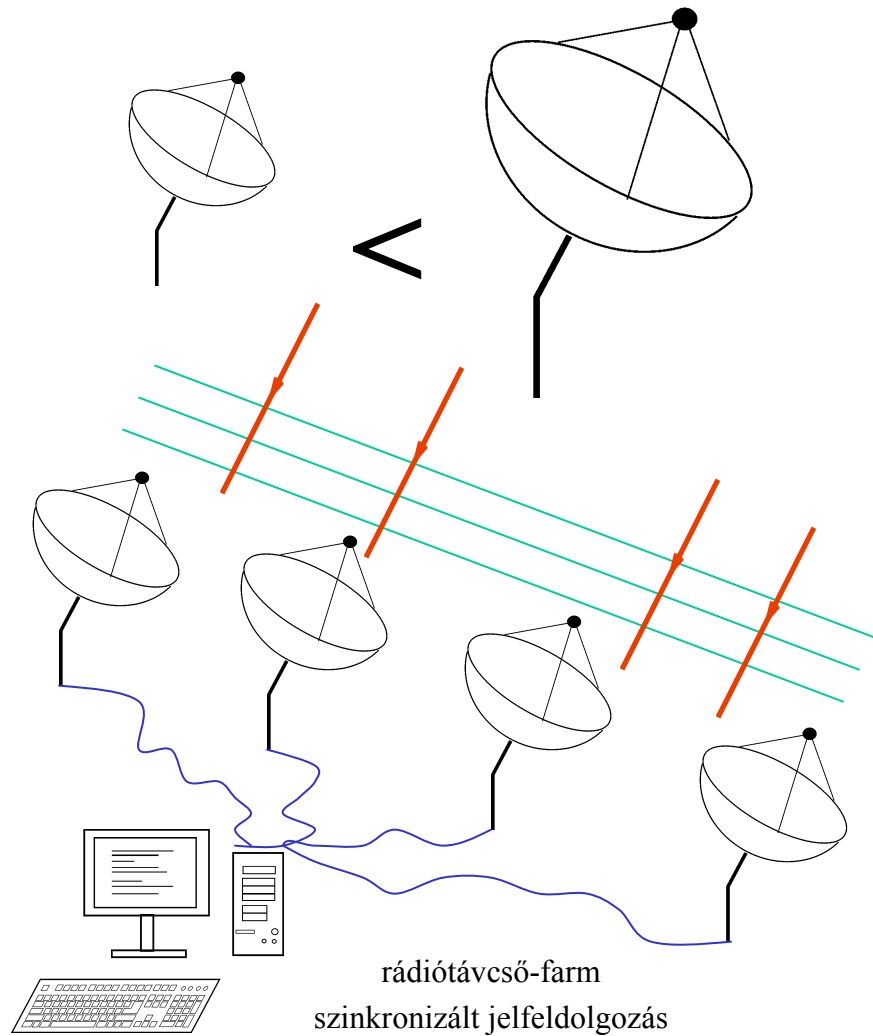
A nagyobb távcső jobb felbontású, de sokkal drágább!



egy nagy antenna

~

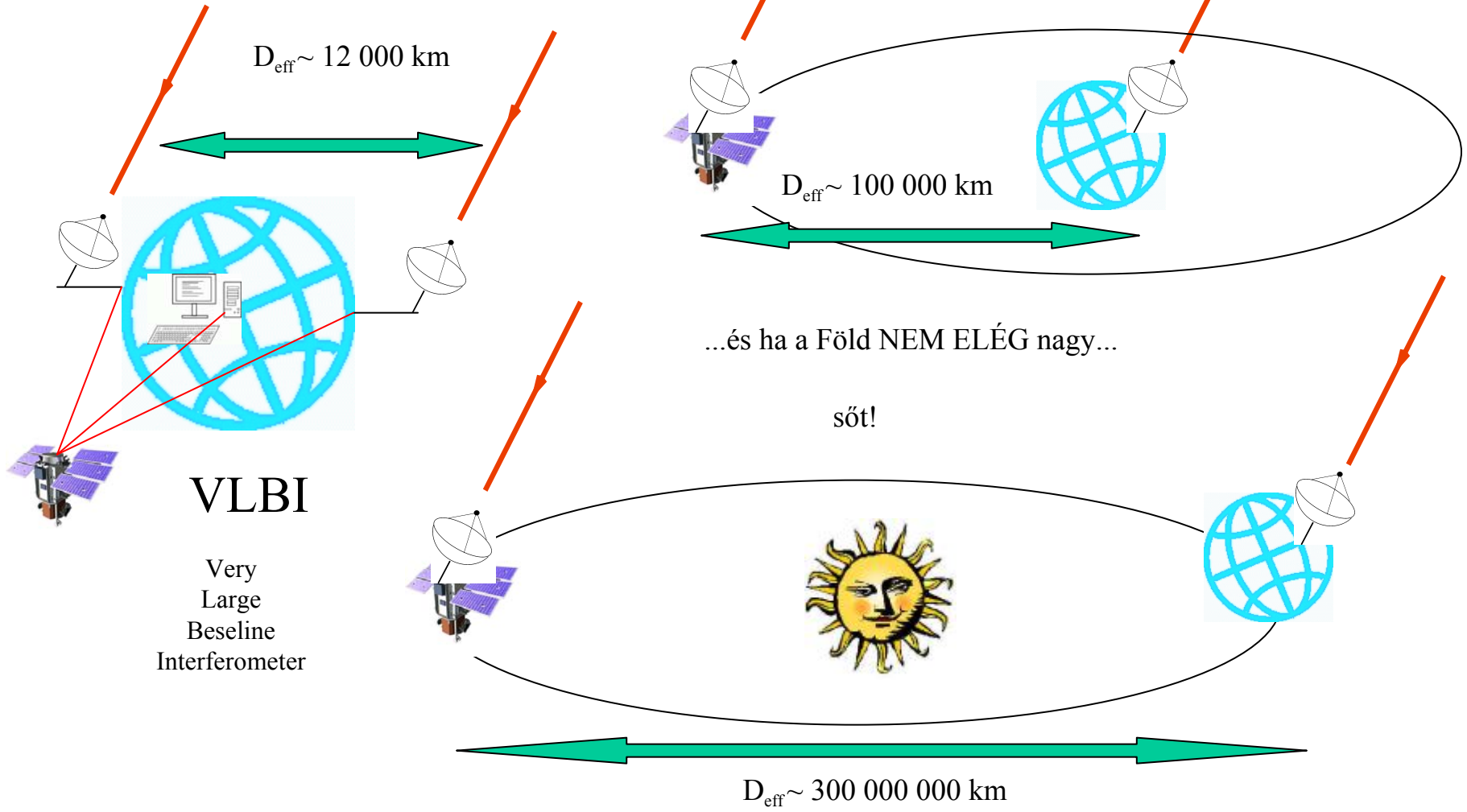
két kis antenna



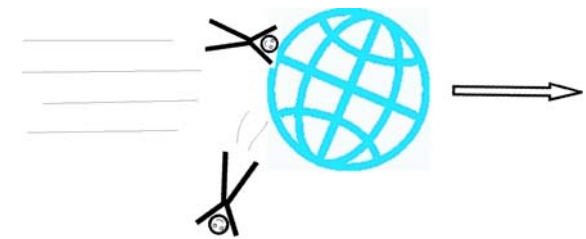
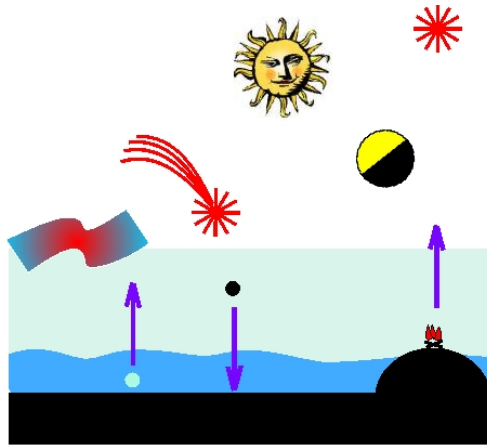
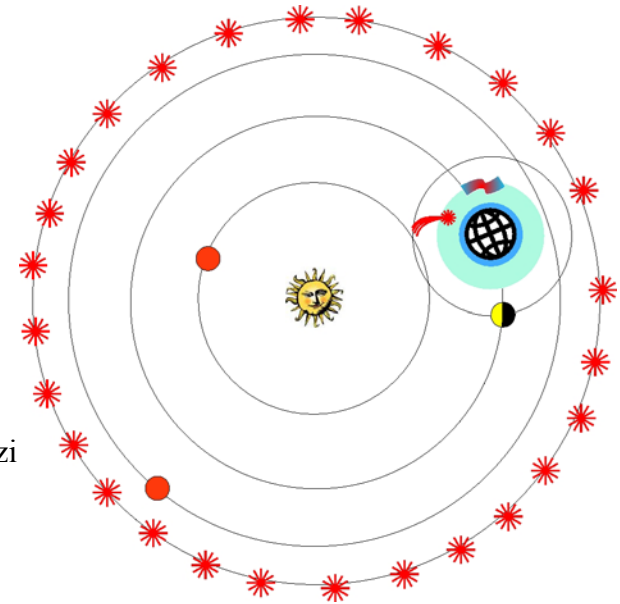
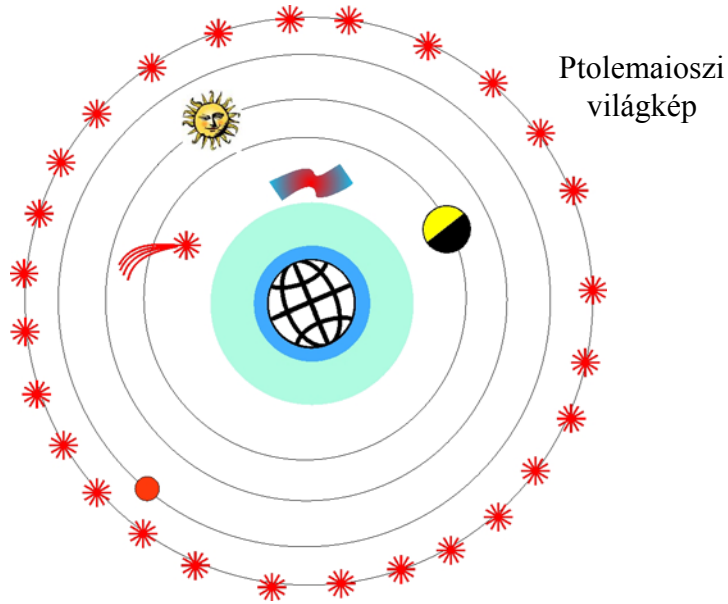
rádiótávcső-farm  
szinkronizált jelfeldolgozás



## 2. A Föld nagy

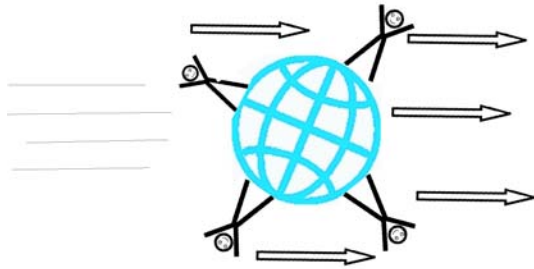


### 3. Mégsem mozog a Föld!

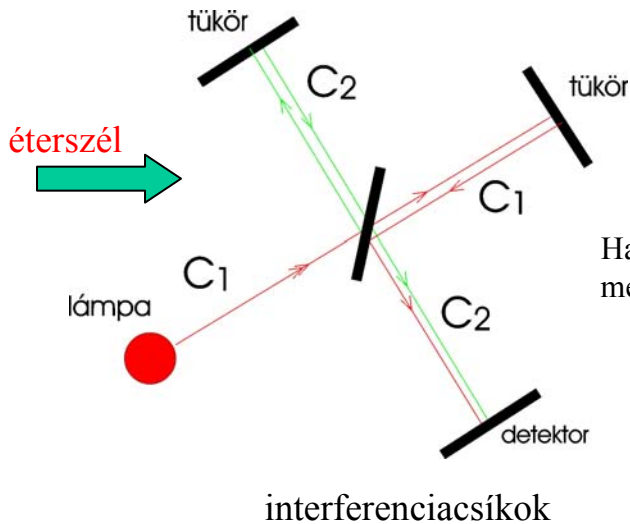




# 3. És mégis mozog a Föld!



Galilei: a tehetetlenség elve:  
a **MOZGÁS** természetes!



Ha elforgatom a berendezést,  
megváltozik az interferencia!

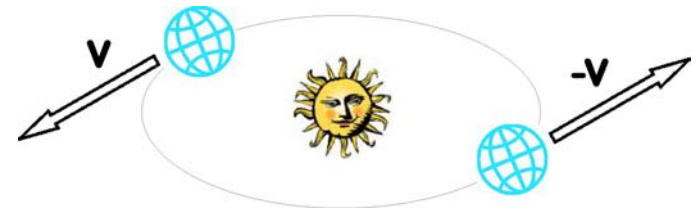
Nincs hatás: a Föld *talán*  
**ÉPPEN** áll az éterhez képest!

Mozgás - de **MIHEZ KÉPEST?**  
Az inerciarendszerek egyenértékűsége: a **RELATIVITÁS ELVE**

Új tapasztalat: fény elektrodinamika  
Miben terjed a fény?  
**ÉTER:** abszolút nyugalomban levő közeg  
abszolút koordináta-rendszer

Michelson-Morley kísérlet  
az éterszél kimutatására

Semmi baj: a Föld mozog!



Fél év múlva sincs hatás:

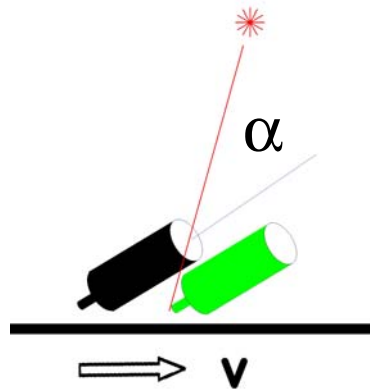
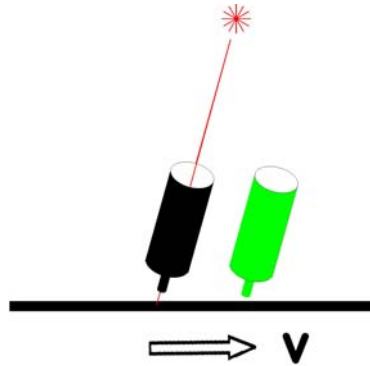
↓  
Nincs is éter!

**Speciális relativitáselmélet 1905**



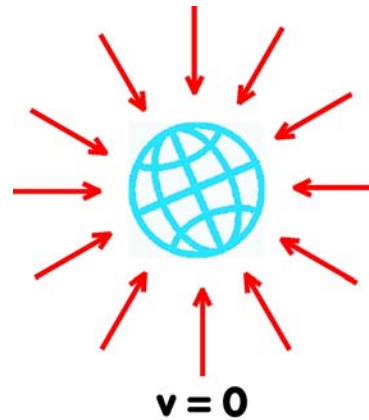
# 3. És mégis mozog a Föld!

Mozgás - de **MIHEZ KÉPEST?**  
 A Föld mozog az állócsillagokhoz képest!  
 A csillagfény **aberrációja**



$$\alpha = \frac{v}{c}$$

Speciális relativitáselmélet 1905:  
**Nincs is éter!**

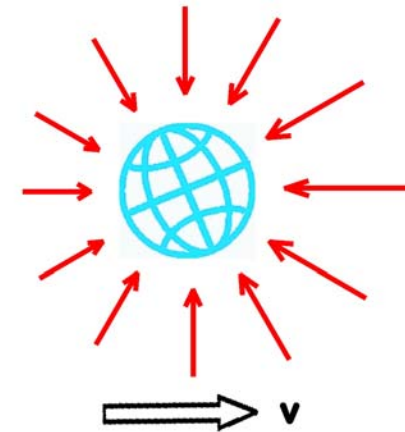


A  **kozmikus háttérsugárzás**: az egyik irányból kicsit erősebb és melegebb.

$$v = 700 \text{ km/s}$$

Meglepetés:

Az „éter” felfedezése 1964

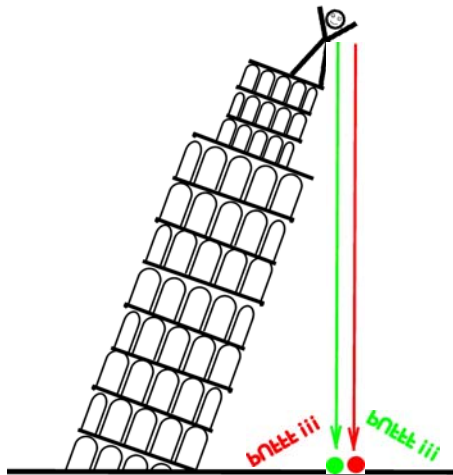


Ez **nem azonos** a hajdani ÉTERREL!  
**Konkrét anyagi rendszer**:  
 - története, dinamikája van  
 - nem pontosan izotróp (különbségek az ötödik tizedesjegyben)



# 5. A Föld vonz

ez köznapi tapasztalat  
+ fizika: **MINDENT** egyformán vonz



Galilei a pisai ferde toronyban  
úrhajósok a Holdon

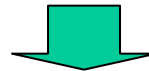
$$\cancel{m} a = \cancel{m} g$$



$$a = g$$

a súlyos és a tehetetlen tömeg  
egyenlősége

Eötvös Loránd: 9 tizedes jegyre  
igazolta

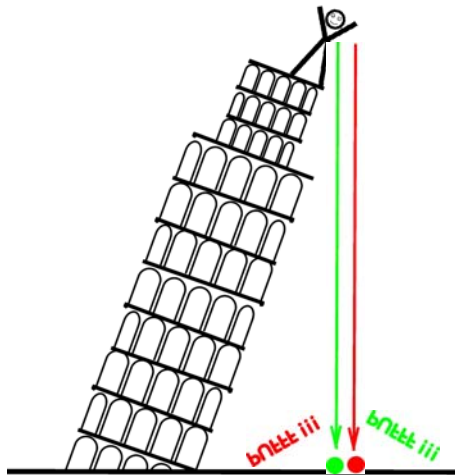


általános relativitáselmélet



# 5. A Föld vonz

ez köznapi tapasztalat  
+ fizika: **MINDENT** egyformán vonz



Galilei a pisai ferde toronyban  
űrhajósok a Holdon

$$\cancel{m} a = \cancel{m} g$$



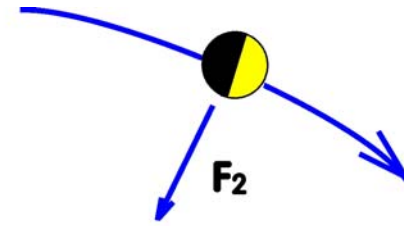
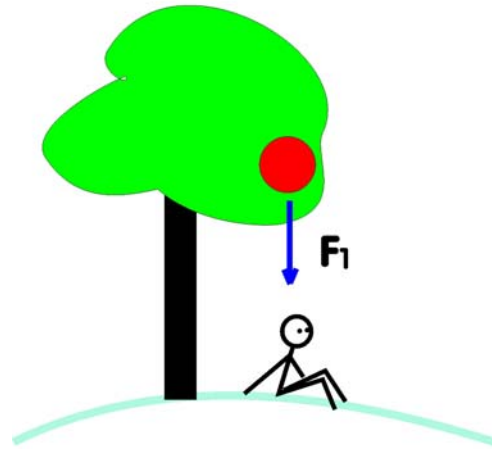
$$a = g$$

a súlyos és a tehetetlen tömeg  
egyenlősége

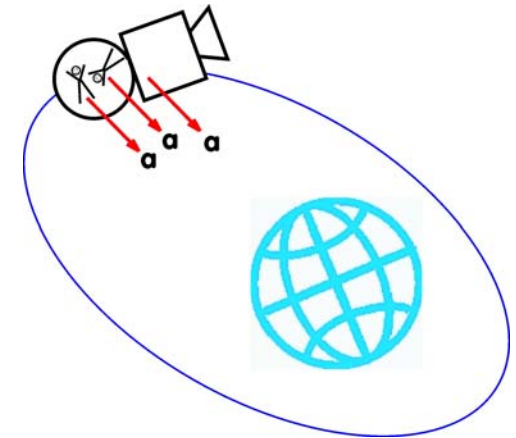
Eötvös Loránd: 9 tizedes jegyre  
igazolta



általános relativitáselmélet



Newton almája



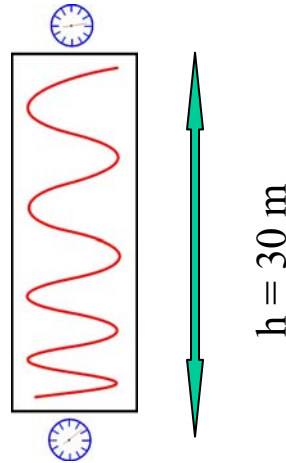
„Súlytalanság”:  
gravitációs együttzuhanás



# 5. A Föld vonz

A Föld a fényt is vonzza!

Általános relativitáselmélet:  
távolsági csillagok fényének  
gravitációs vöröseltolódása

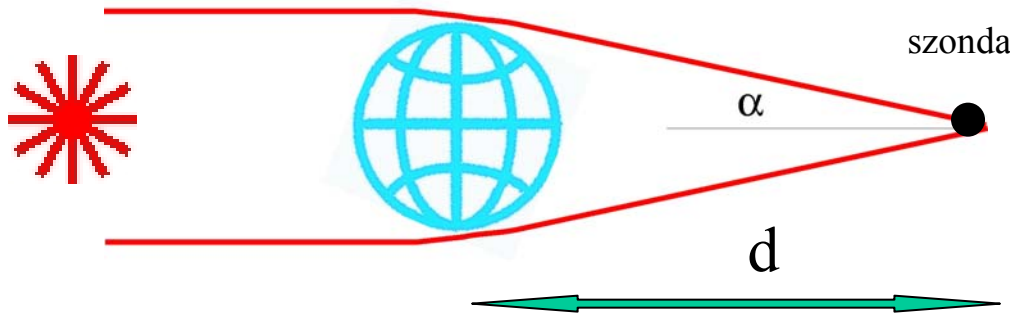


1960:  
egy földi víztoronyban is megmérték

Mössbauer-effektus  
gamma-sugárzás

$$\frac{\Delta \omega}{\omega} \approx \frac{v^2}{c^2} \approx 10^{-13}$$

A Föld mint gravitációs lencse



Mi a gravitációs vonzás forrása?

A tömegsűrűség:  
de ez inhomogén!

Eötvös-inga:

a G mérése  
az inhomogenitás mérése:  
olajkutak

Műholdak pályaháborgása:

a Föld alakja  
a Föld belseje  
a Hold masconjai

$$\alpha \approx \frac{G M}{R c^2} \approx 10^{-9}$$

$$d = R \alpha \approx 1 \text{ fényév}$$

Jobb a Nap: d = 125 CsE

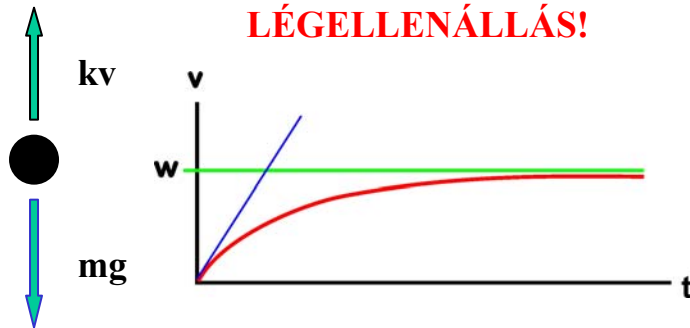
a szonda 20 év múlva indul

de merre?



## 6. A Föld nem vonz

Miért nem gyorsul az esőcsepp?  
És az ejtőernyős?



$$ma = mg - kv$$

$$a = 0 \quad \text{ha} \quad v = \frac{mg}{k} = w = \sqrt{2gH}$$

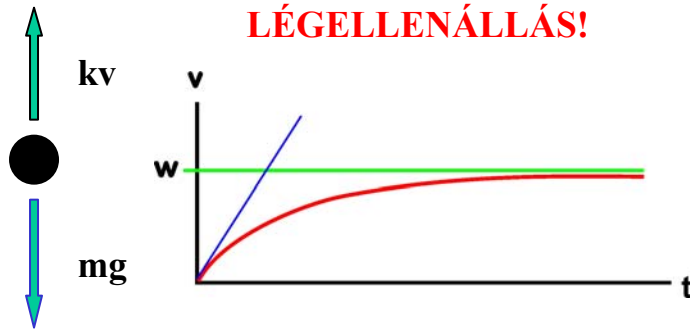
A  $k$  alaktényező változtatható:  
gyorsítás - lassítás

A  $H$  effektív magasság ejtőernyőre  
2 - 3 m,  
siklóernyőre 20 cm (lépcsőfok)



# 6. A Föld nem vonz

Miért nem gyorsul az esőcsepp?  
És az ejtőernyős?



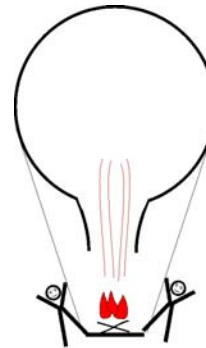
$$ma = mg - kv$$

$$a = 0 \quad \text{ha} \quad v = \frac{mg}{k} = w = \sqrt{2gH}$$

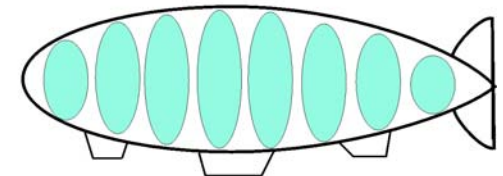
A  $k$  alaktényező változtatható:  
gyorsítás - lassítás

A  $H$  effektív magasság ejtőernyőre  
2 - 3 m,  
siklóernyőre 20 cm (lépcsőfok)

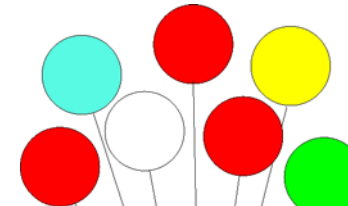
## Lebegés: felhajtóerő



meleg levegő  
Montgolfier



könnyű gáz  
Zeppelin



kísérlet a  
rajzfilmekben

kiszámoltuk:  
kb 1000 lufi  
felemel egy embert

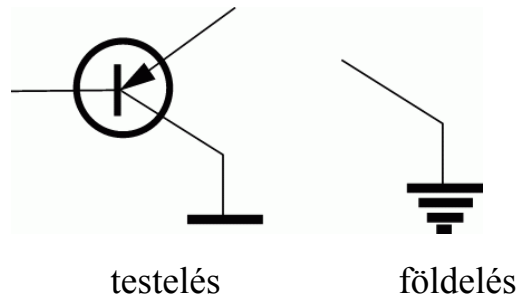
Hát a Marson?

Arthur C. Clarke  
javaslata:

léghajózás  
a Jupiter  
sűrű légkörében



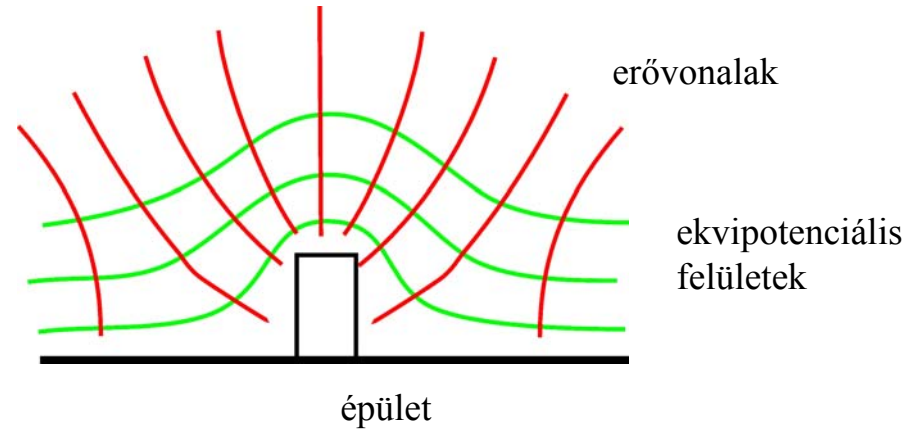
## 8. A Föld mint föld



nagy vezető test:  
ekvipotenciális

$$C = \infty$$

$$U = const$$

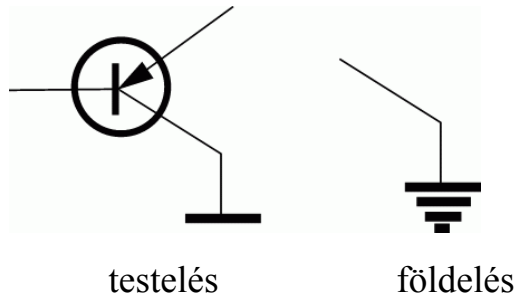


Miért vezet a Föld? - **Mert vizes!**



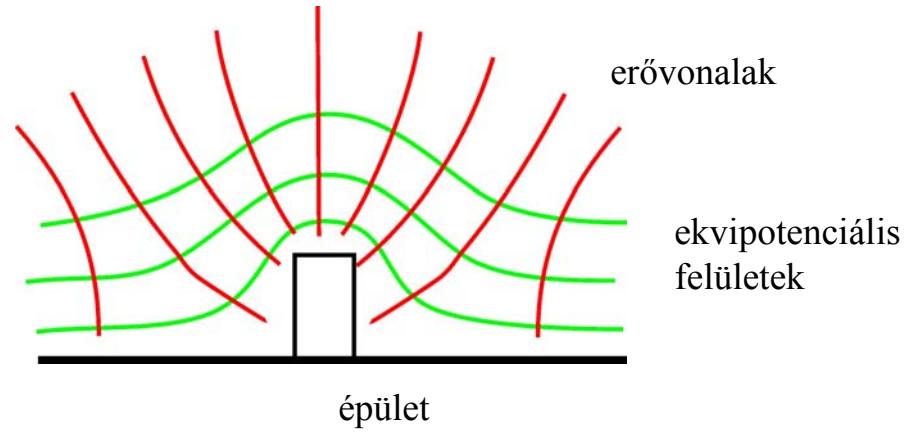


# 8. A Föld mint föld

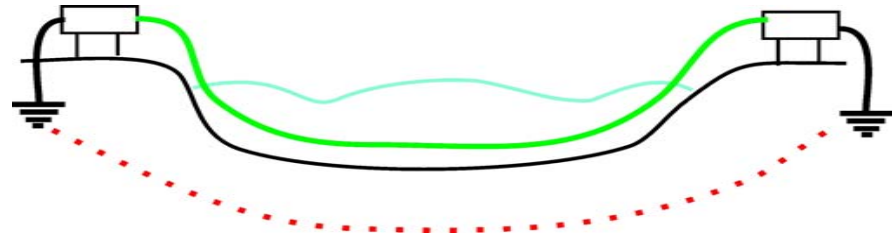
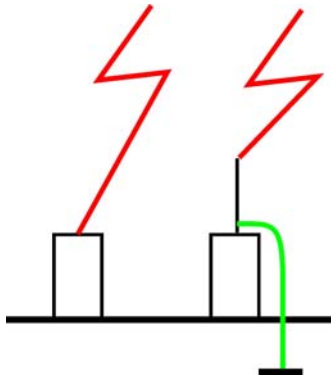


nagy vezető test:  
ekvipotenciális

$C = \infty$   
 $U = const$



Miért vezet a Föld? - **Mert vizes!**

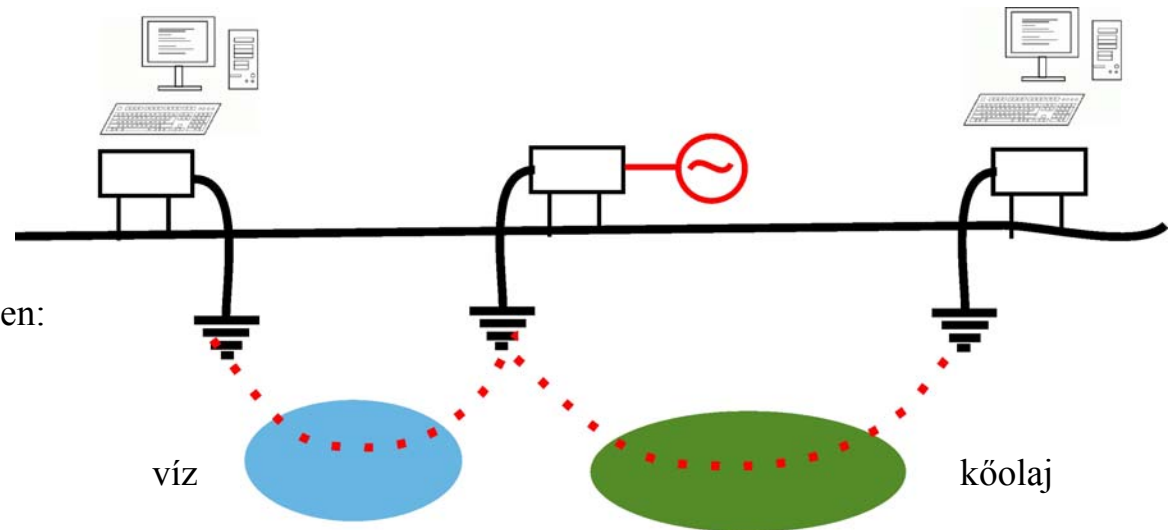


A vezető Föld zárja az áramkört:  
tenger alatti távírókábelek

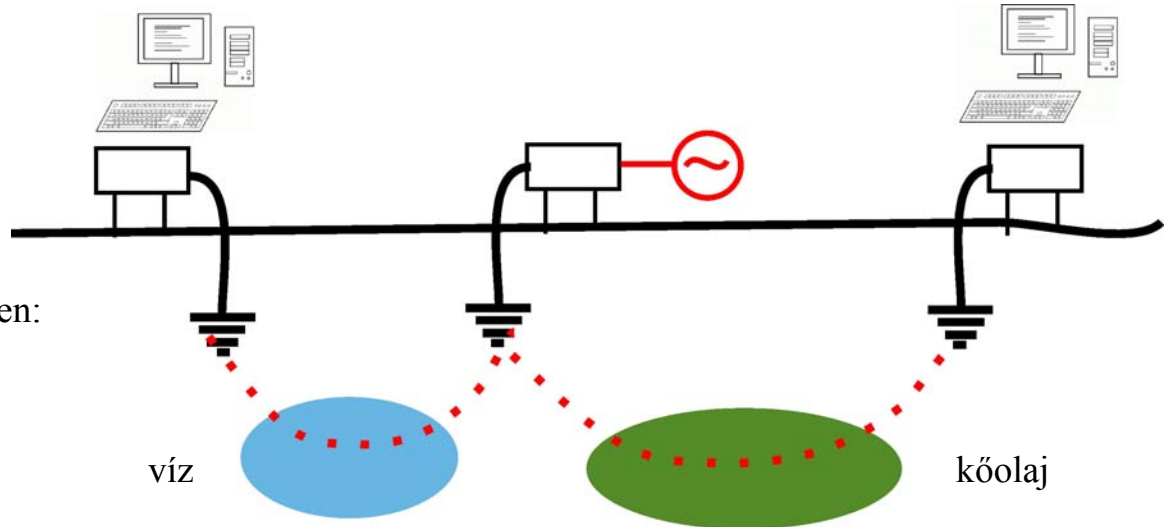


## 9. A Föld vezet

Diffúz váltóáramok a Földben:  
**karottázs**



# 9. A Föld vezet

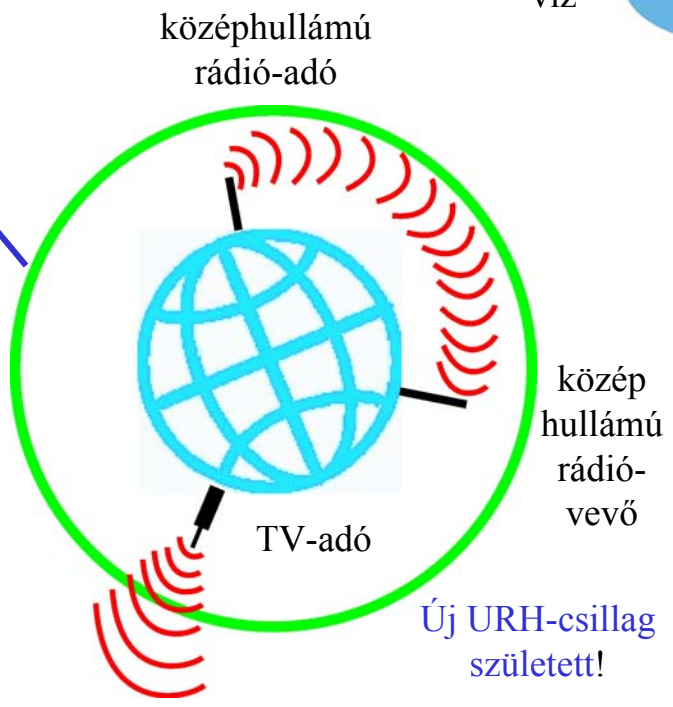


Diffúz váltóáramok a Földben:  
**karottázs**

víz

kőolaj

A légkör is vezet:  
**ionoszféra**

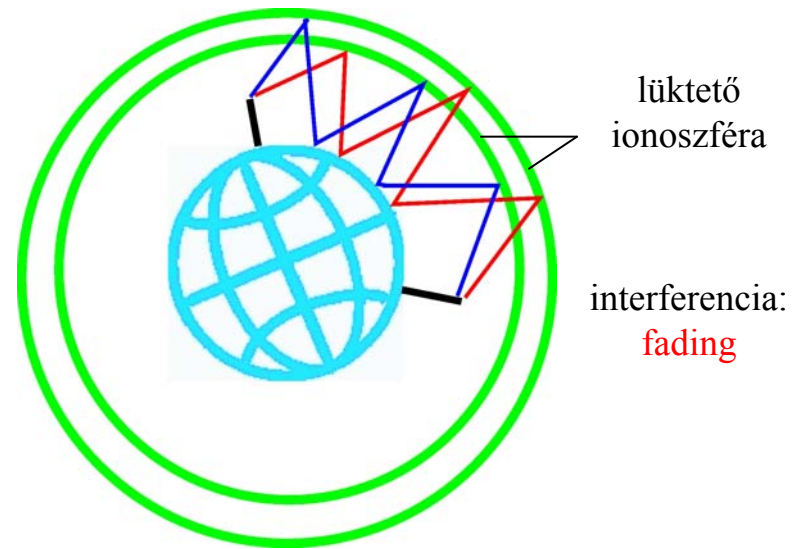


középhullámú rádió-adó

közép hullámú rádió-vevő

TV-adó

Új URH-csillag született!



lűktető ionoszféra

interferencia:  
**fading**



# 11. A Föld mint detektor



szilárdtest  
nyomdetektor



A Föld  
mint  
meteor-detektor.

A Hold jobb!



Az erózió  
időnként  
megnyomja  
a Reset gombot.



# 11. A Föld mint detektor



szilárdtest  
nyomdetektor

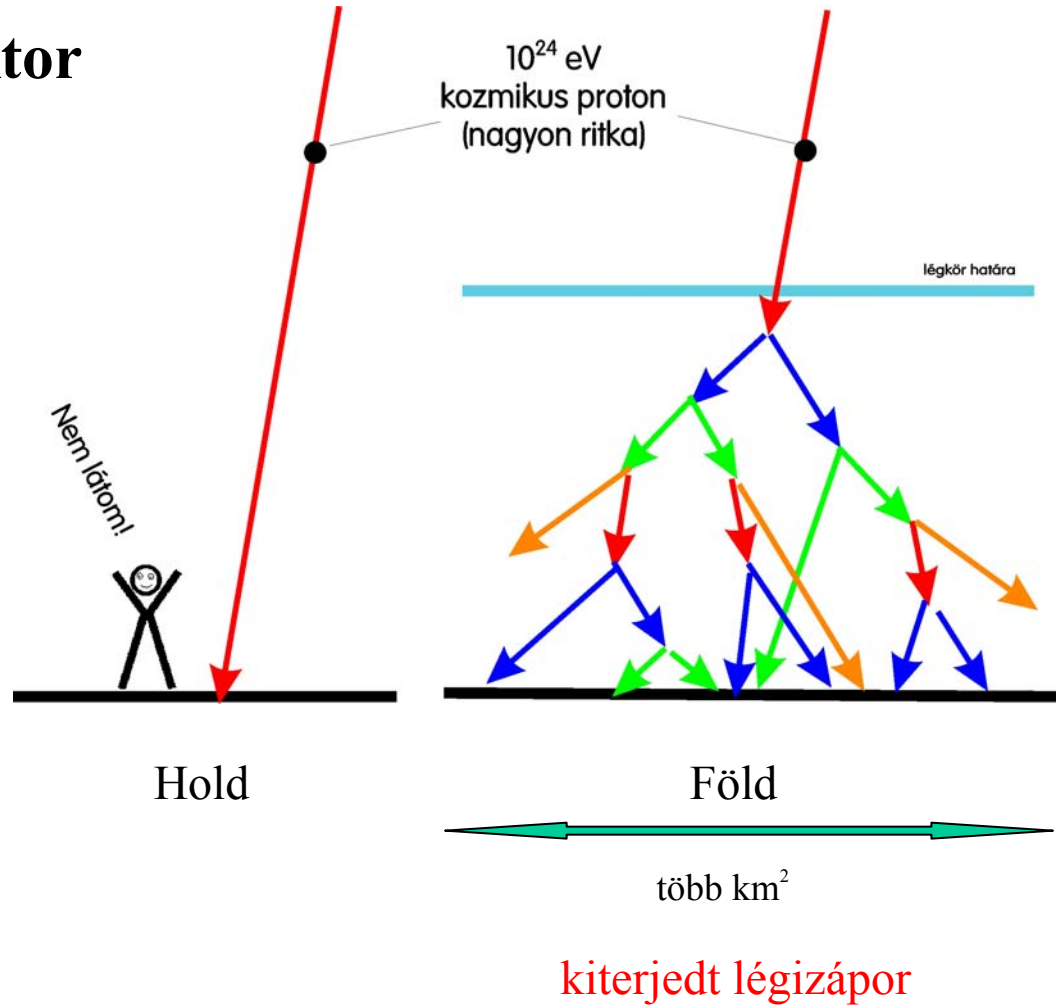


A Föld  
mint  
meteor-detektor.

A Hold jobb!



Az erózió  
időnként  
megnyomja  
a Reset gombot.

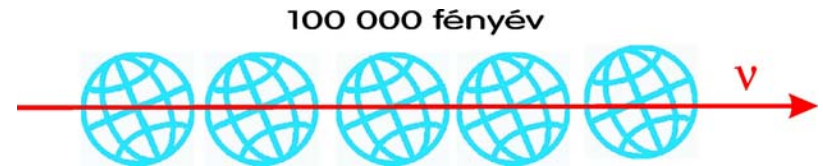


# 11. A Föld mint detektor

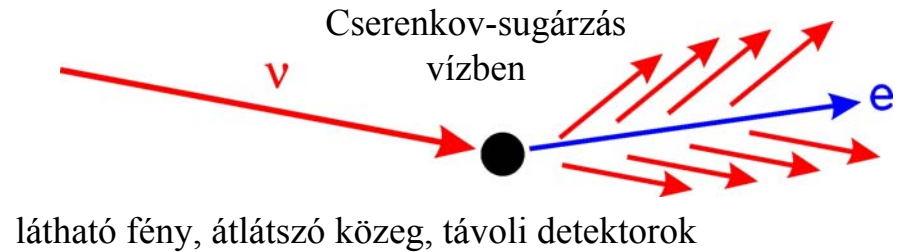
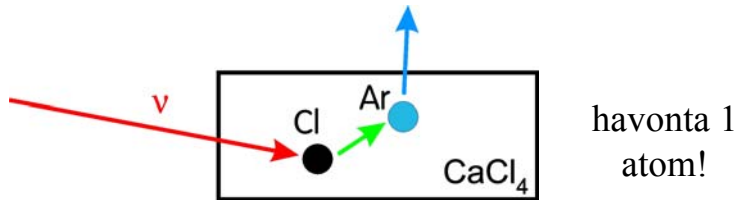
## Neutrínók

pl a Napban folyó magfúzió termékei

igen gyengén hatnak kölcsön más részecskékkel



nehéz a detektálásuk, igen sok detektoranyag kell hozzá

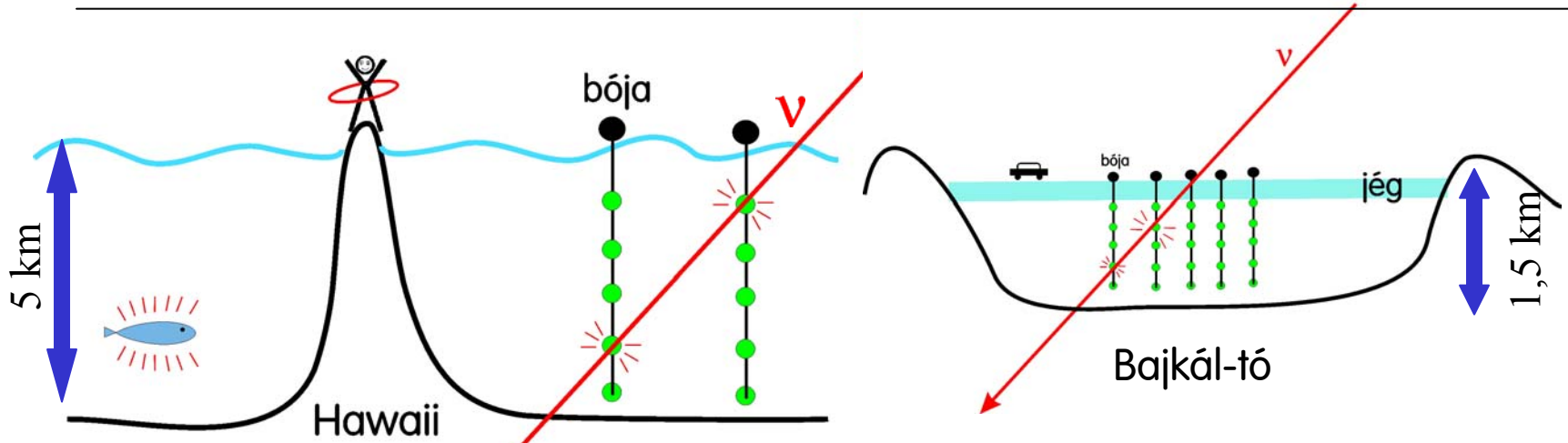
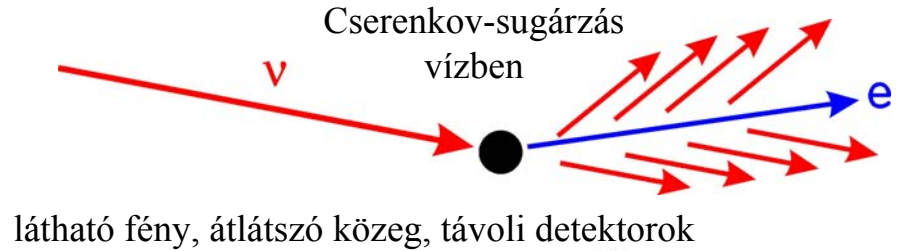
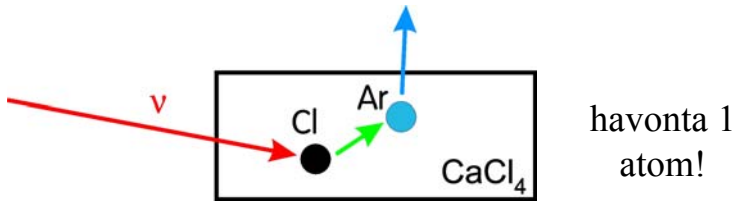


# 11. A Föld mint detektor

## Neutrínók

pl a Napban folyó magfúzió termékei

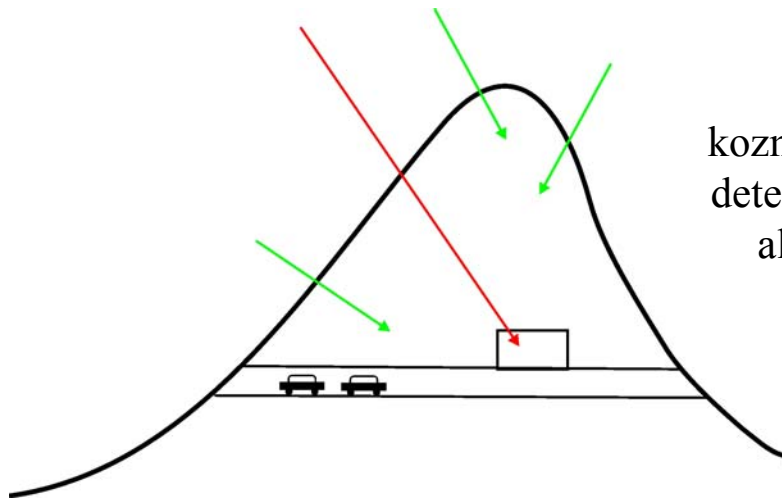
igen gyengén hatnak kölcsön más részecskékkel





# 12. A Föld árnyékol

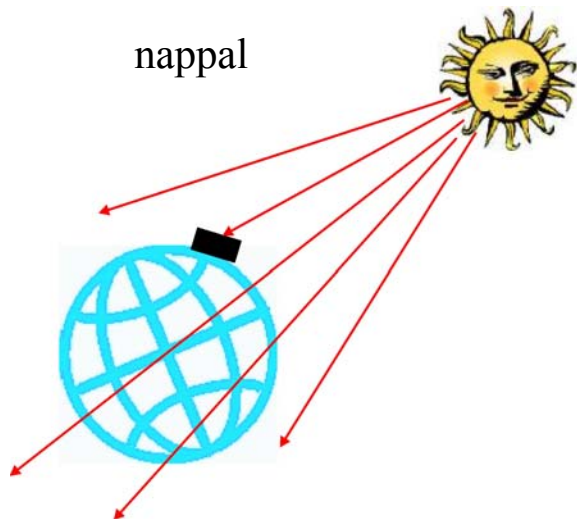
- fényt
- elemi részecskéket



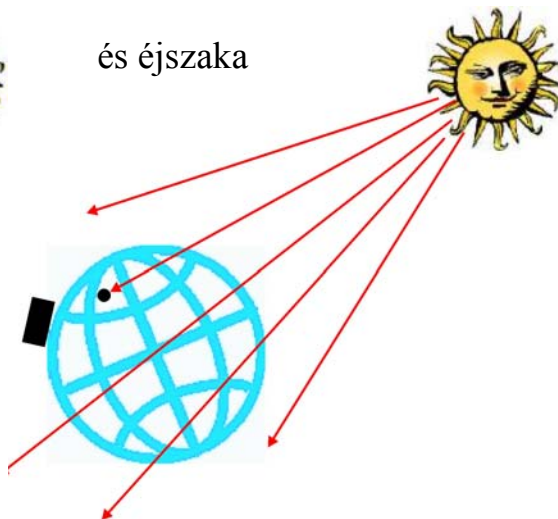
kozmikus részecskék detektálása az Alpok alatti alagútban

a Napból származó neutrínók detektálása

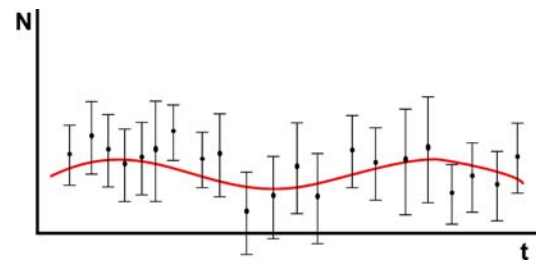
nappal



és éjszaka



a beérkezett neutrínók száma a napi idő függvényében, több hónap alatt



24 órás periódus  
tehát valóban a Napból jönnek!





## 18. Újabb kísérletek a Földdel (kb 200 éve)

- kapcsoljuk ki a termosztátot!
- változtassuk meg a kémiai és termikus környezetet!
- csökkentsük a biológiai diverzitást!
- kapcsoljuk ki a sugárvédelmet!
- zavarjuk meg az áramlási rendszereket!

### MI LESZ BELŐLE?

A Föld reagálni, válaszolni fog!

Már el is kezdte!

Lesz-e, aki megéri?

És aki megéri?

