

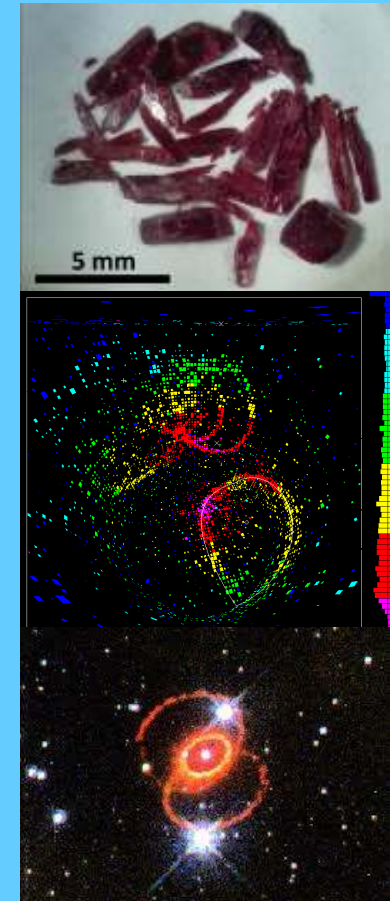


Négymillió éves neutrínók nyomában

Horváth Ákos

ELTE Atomfizikai Tanszék

2019. december 5.



Természetes radioaktivitás



^3H

^{14}C

^{40}K

^{238}U

^{232}Th

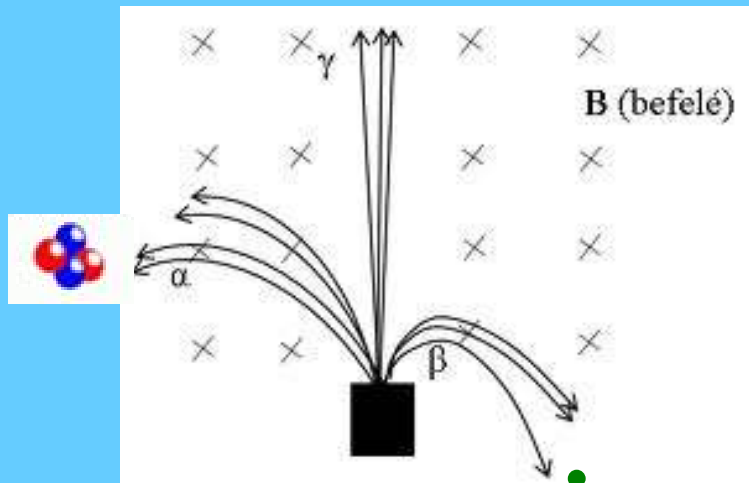
^{222}Rn



Természetes radioaktivitás



- Alfa-, béta- és gamma-bomlás



Kérdés 1. – Milyen messze vannak?
Ezek közül melyik elemi részecske?





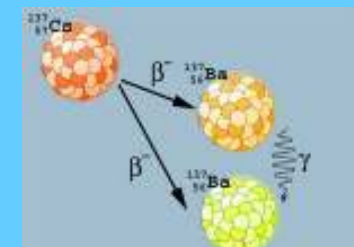
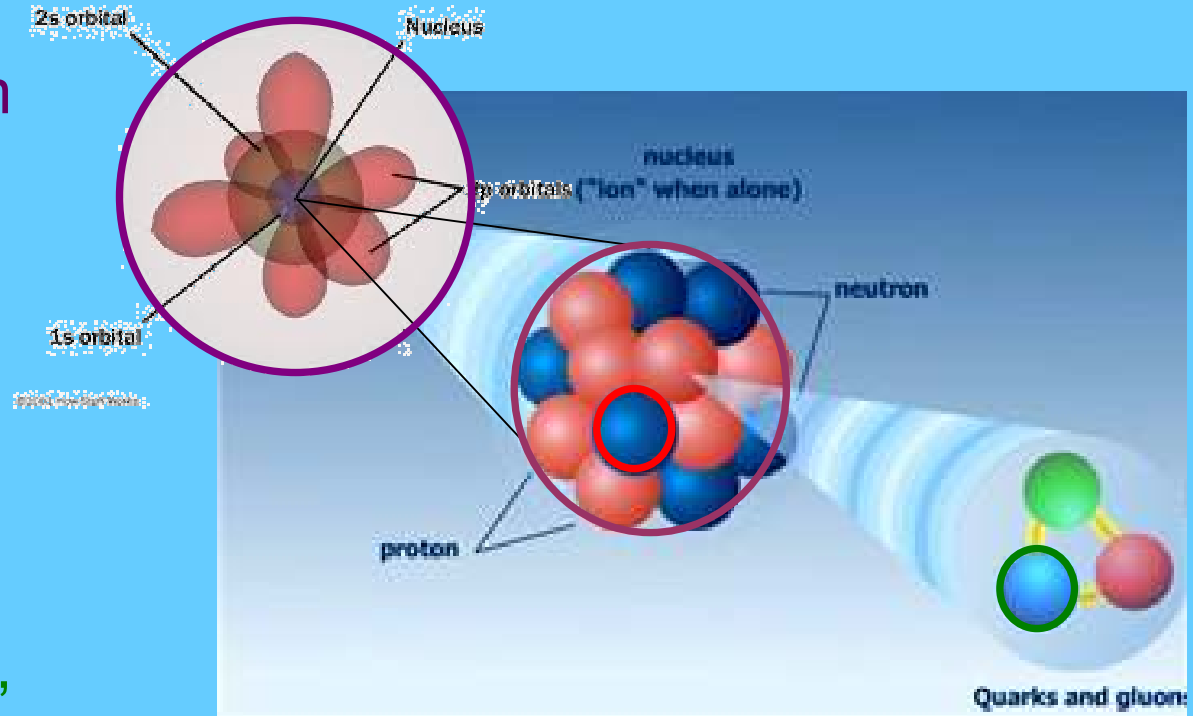
Természetes radioaktivitás

atom 0,1 nm

atommag 10 fm

nukleon 1 fm

kvark „elemi”



Az atomon belül **hol** keletkezik a radioaktivitás?



Béta-bomlás



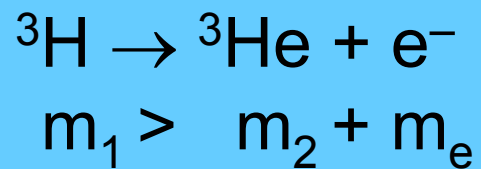
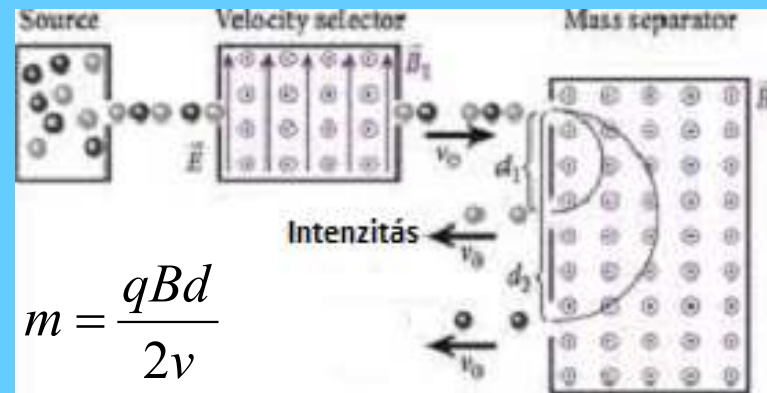
kezdetben:



bomlás után:



tömegek: mágneses tömegspektrométerrel
megmérhetők



Ismerjük mind a három részecske tömegét!



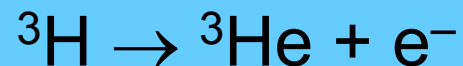
Béta-bomlás



Energiaviszonyok (1920):

tömeg \rightarrow energia

$$E=mc^2$$



$$m_1c^2 = m_2c^2 + m_e c^2 + Q$$

eredmény: $Q=(m_1 - m_2 + m_e)c^2=18,6 \text{ keV}$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$$

Mozgási energiák

$$Q = \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \frac{1}{2}m_e v_e^2 = \frac{p^2}{2m_2} + \frac{p^2}{2m_e} = \frac{p^2}{2} \left(\frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_e} \right) \approx \frac{p^2}{2m_e} = E_{\text{elektron}} = 18,6 \text{ keV}$$

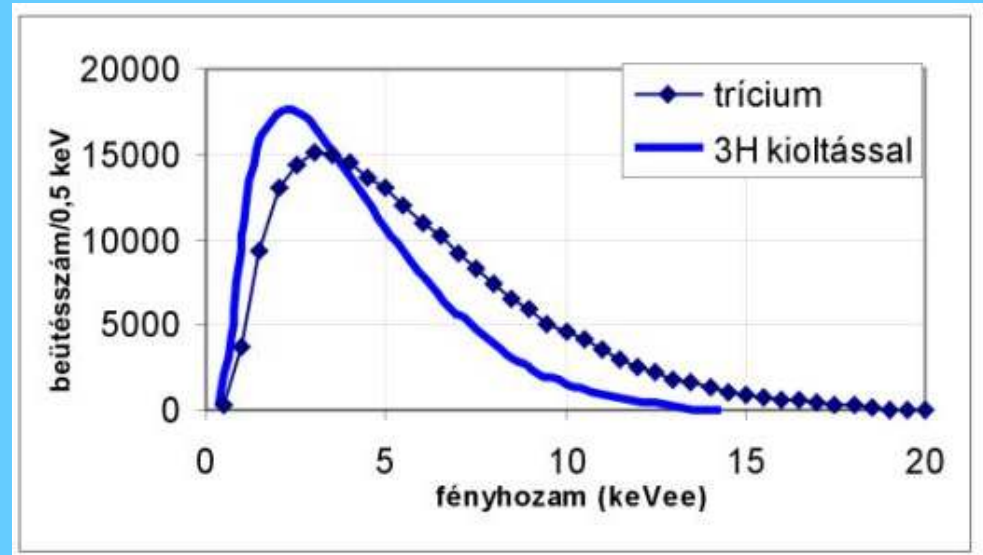
Kiszámoltuk az elektron energiáját!
Az egy adott érték!



Béta-bomlás



Mérjük meg!





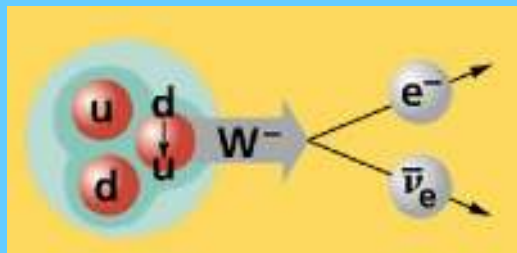
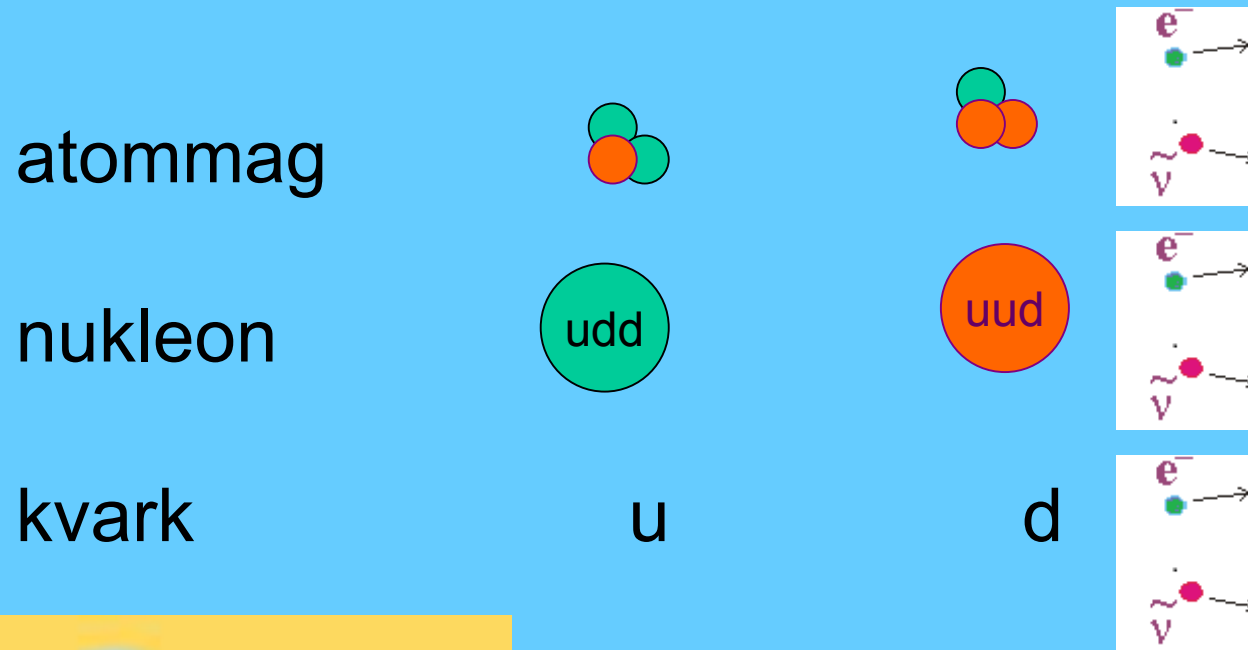
Az első titok!!!



Hát ez hogy lehet???



Neutrínó-hipotézis



gyenge kölcsönhatás

Neutrínó-hipotézis



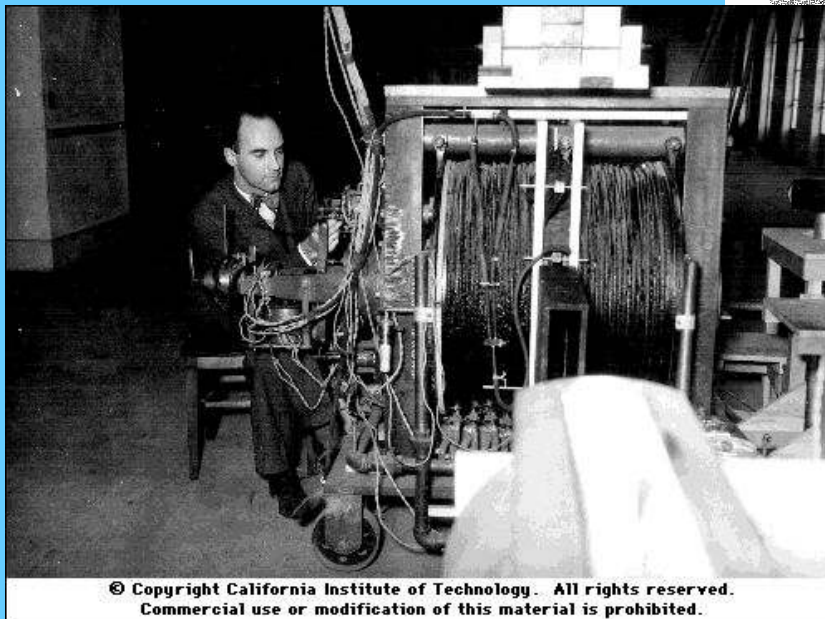
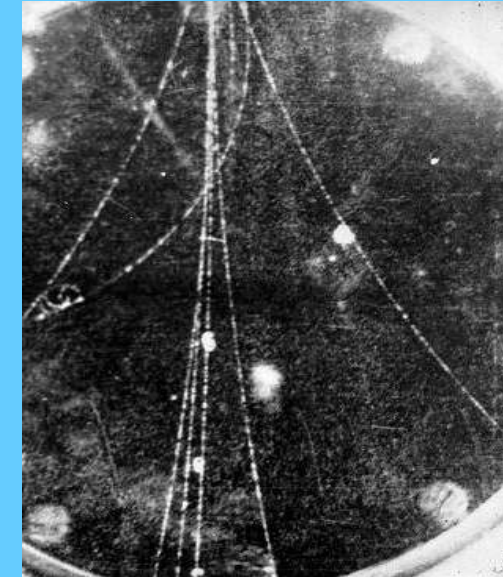
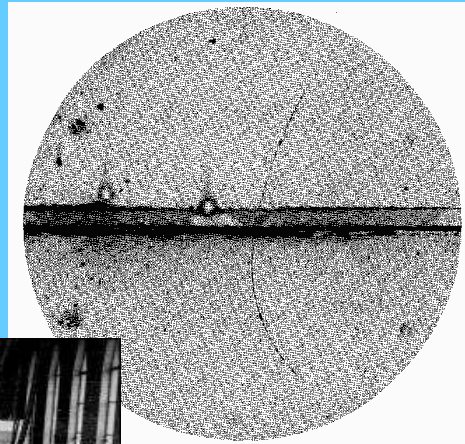
- Az elektronnal együtt keletkezik béta-bomlásban
- Semleges, nem löki meg a szomszédos atomok és molekulák elektronjait a levegőben
- Neutrínónak nevezte el Enrico Fermi
- Nagyon kicsi a tömege
- Ponszerű
- Alig ütközik más részecskékkel



Antirészecskék

Kozmikus sugarak vizsgálata

Anderson
Ködkamra felvételek



© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.
Commercial use or modification of this material is prohibited.

Olyan részecske van a képen,
ami pont ellentétesen görbül,
mint az elektron





Béta-bomlások

Z nő



$$0 = 0 + 1 - 1$$

Z csökken



$$0 = 0 - 1 + 1$$

Az elektronnal mindig keletkezik egy neutrínó
A pozitronnal együtt is! A kettő nem ugyanaz!

elektronneutrínó – antielektronneutrínó

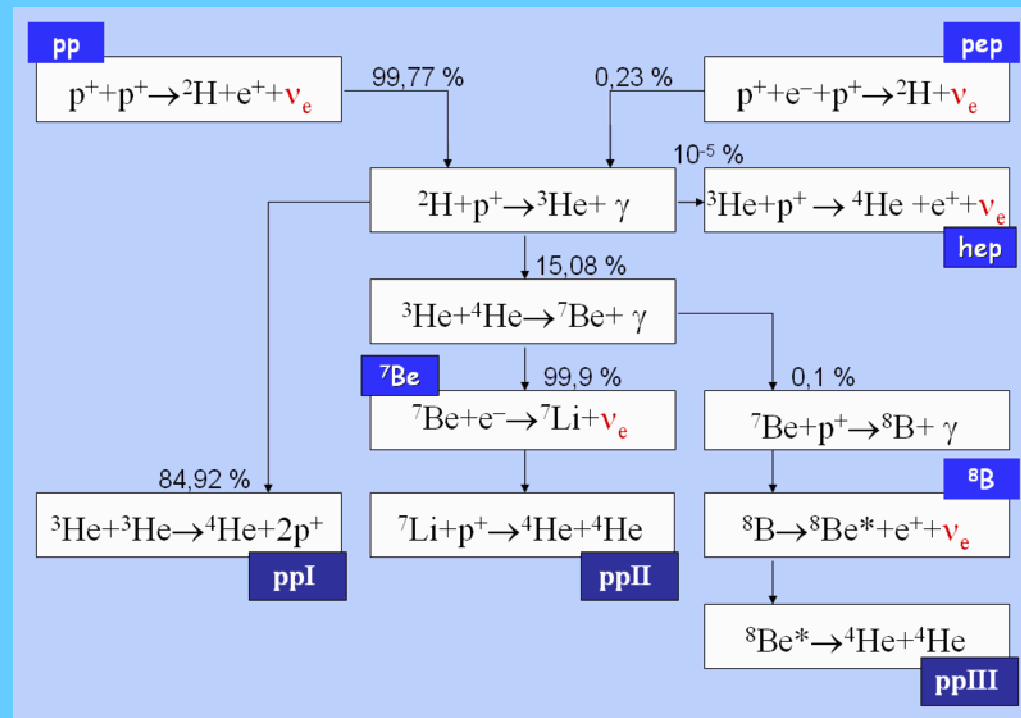
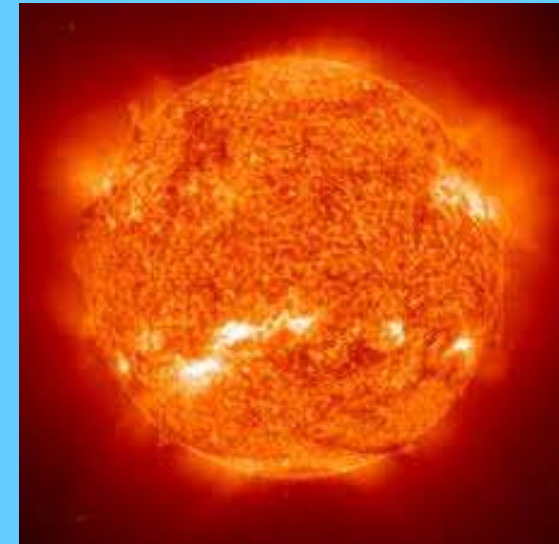
Leptonszám megmaradás



Neutrínóforrások



Napneutrínók



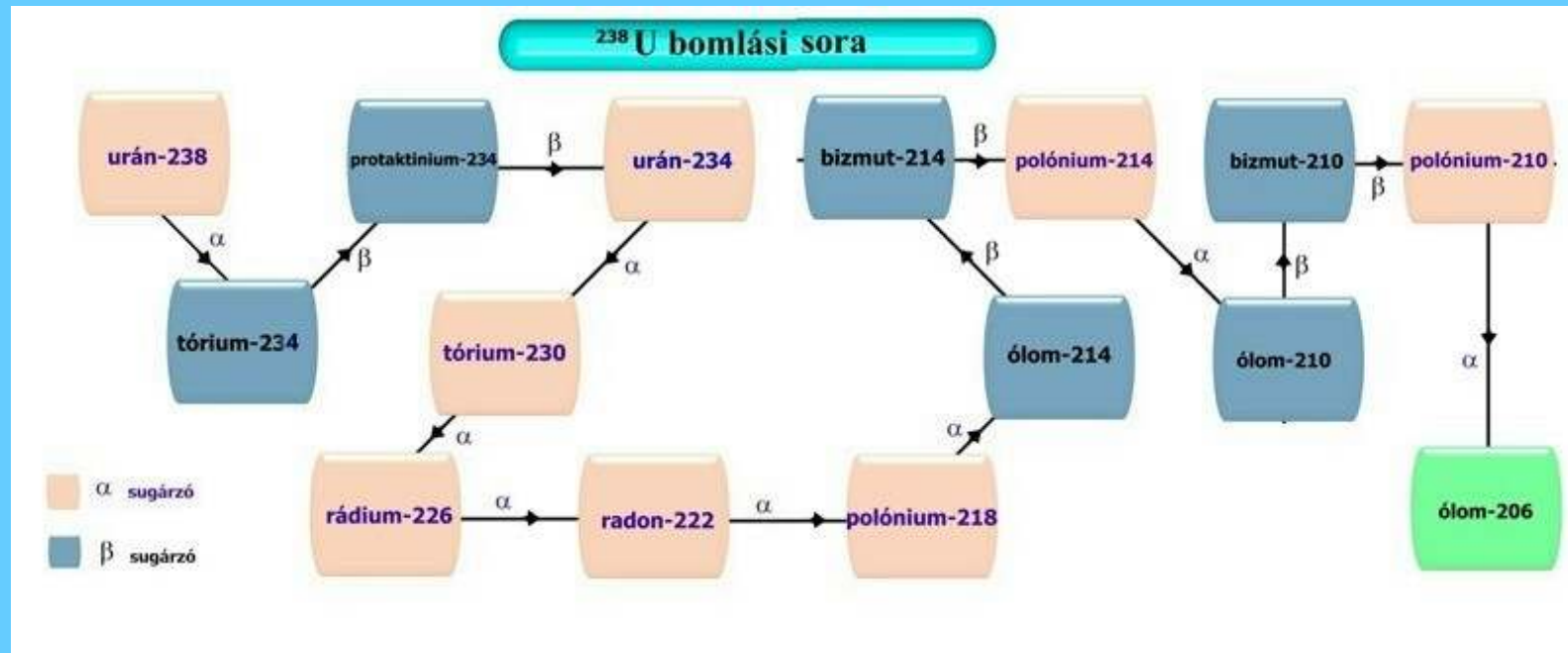
A Földön:
 $7 \cdot 10^{10}$ neutrínó/cm²/sec



Neutrínóforrások



Geoneutrínók



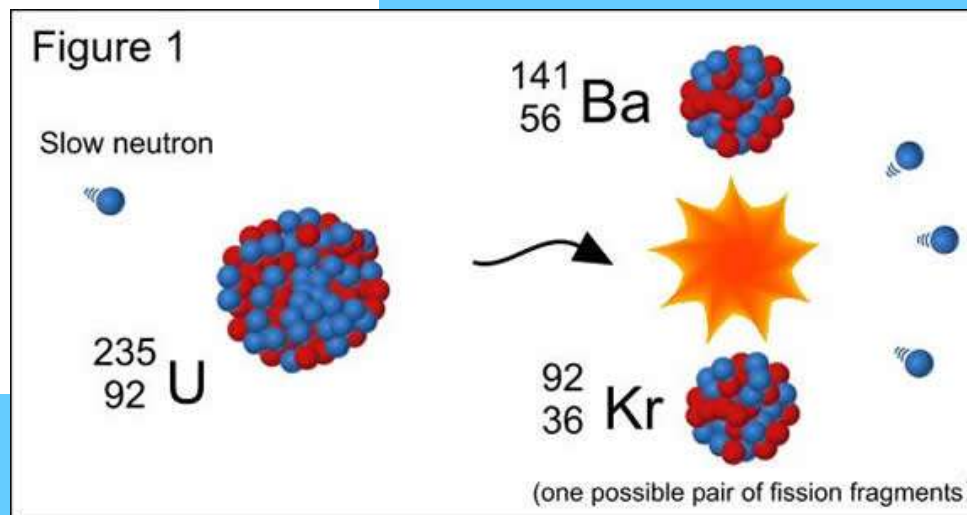
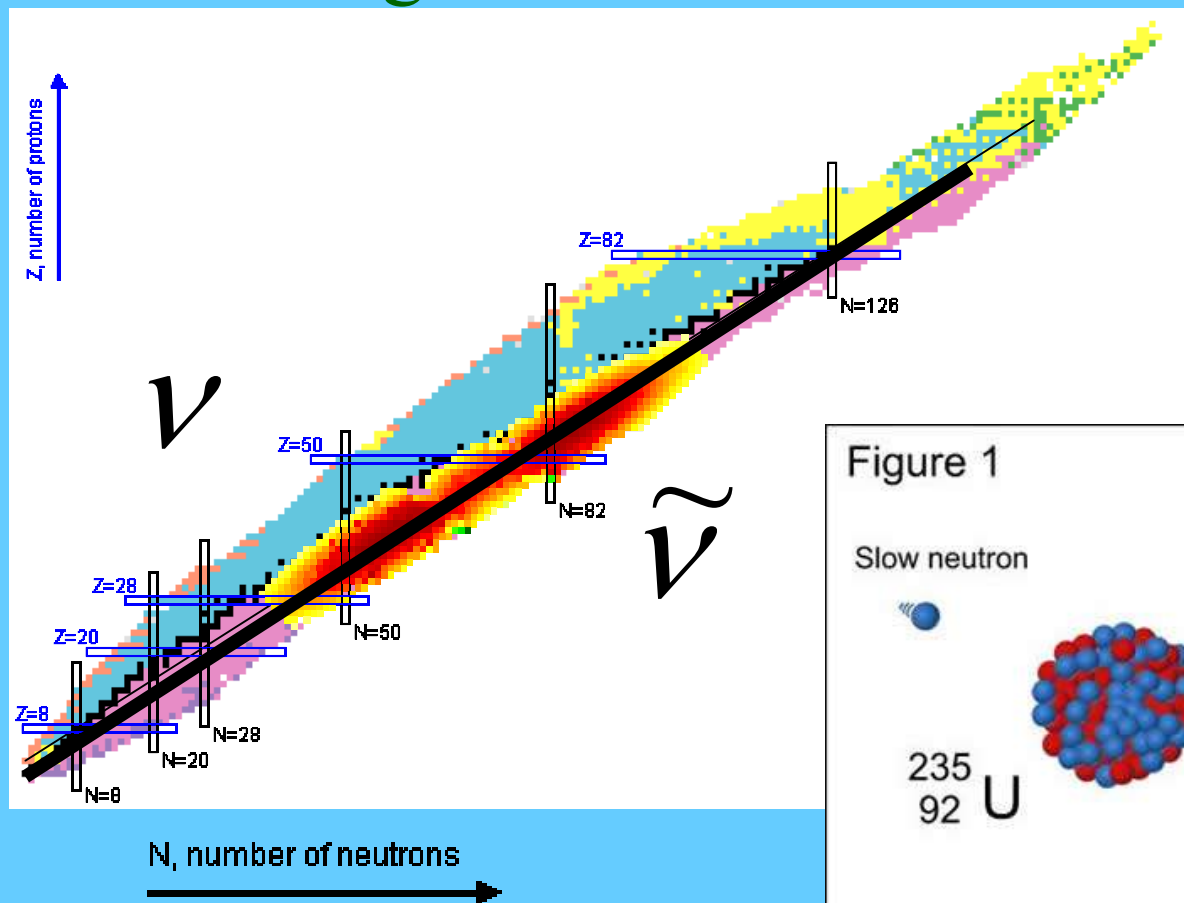
talajban
az urán atomok
bomlása után





Neutrínóforrások

- Béta-negatív bomlások: antineutrínó



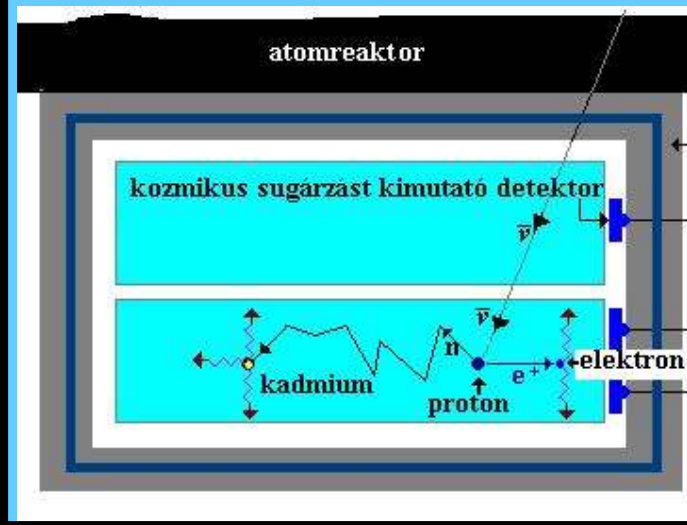
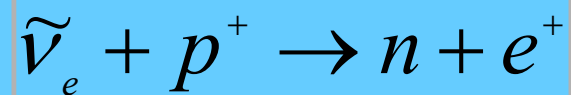
Neutrínódetektorok



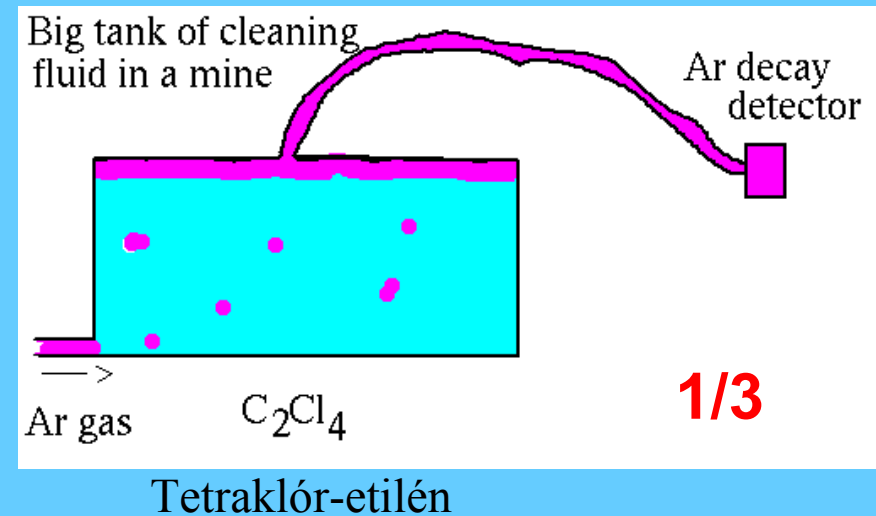
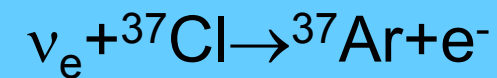
Reines - Cowan

Ray Davis

Reaktorból jövő



Napból jövő



Neutrínódetektorok



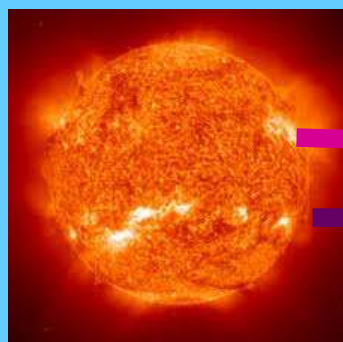
Clyde Cowan

1919. december 6. Holnap lenne 100 éves.





Újabb titokzatos kérdés!!!



A csillagoktól az atomokig



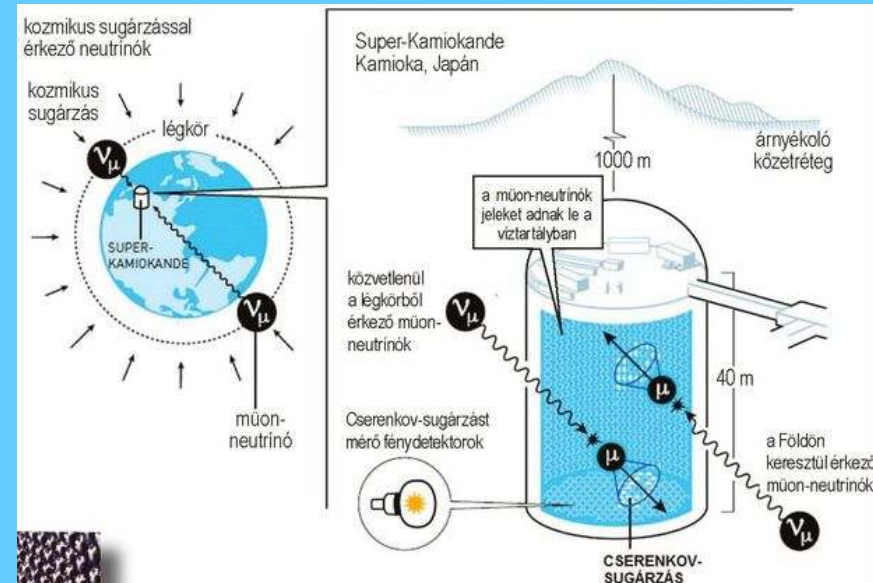
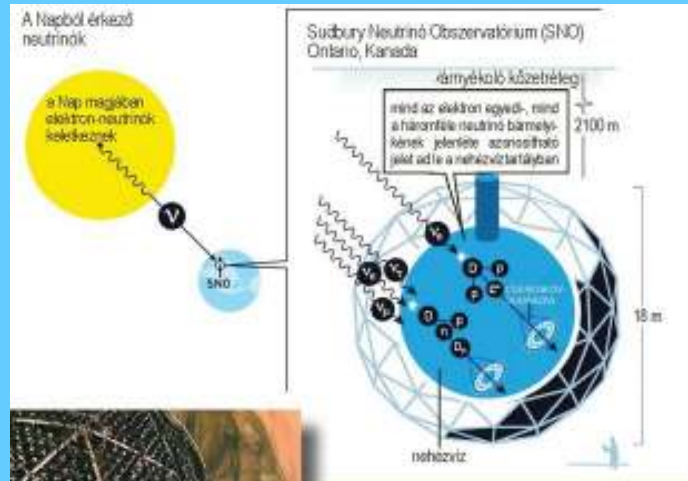
Az atomoktól a csillagokig

elvesznek a neutrínók útközben

Hát ez már tényleg hogy lehet ???!



Neutrínódetektorok



NEUTRINO FACTORIES

Neutrinos are everywhere, generated by a variety of processes

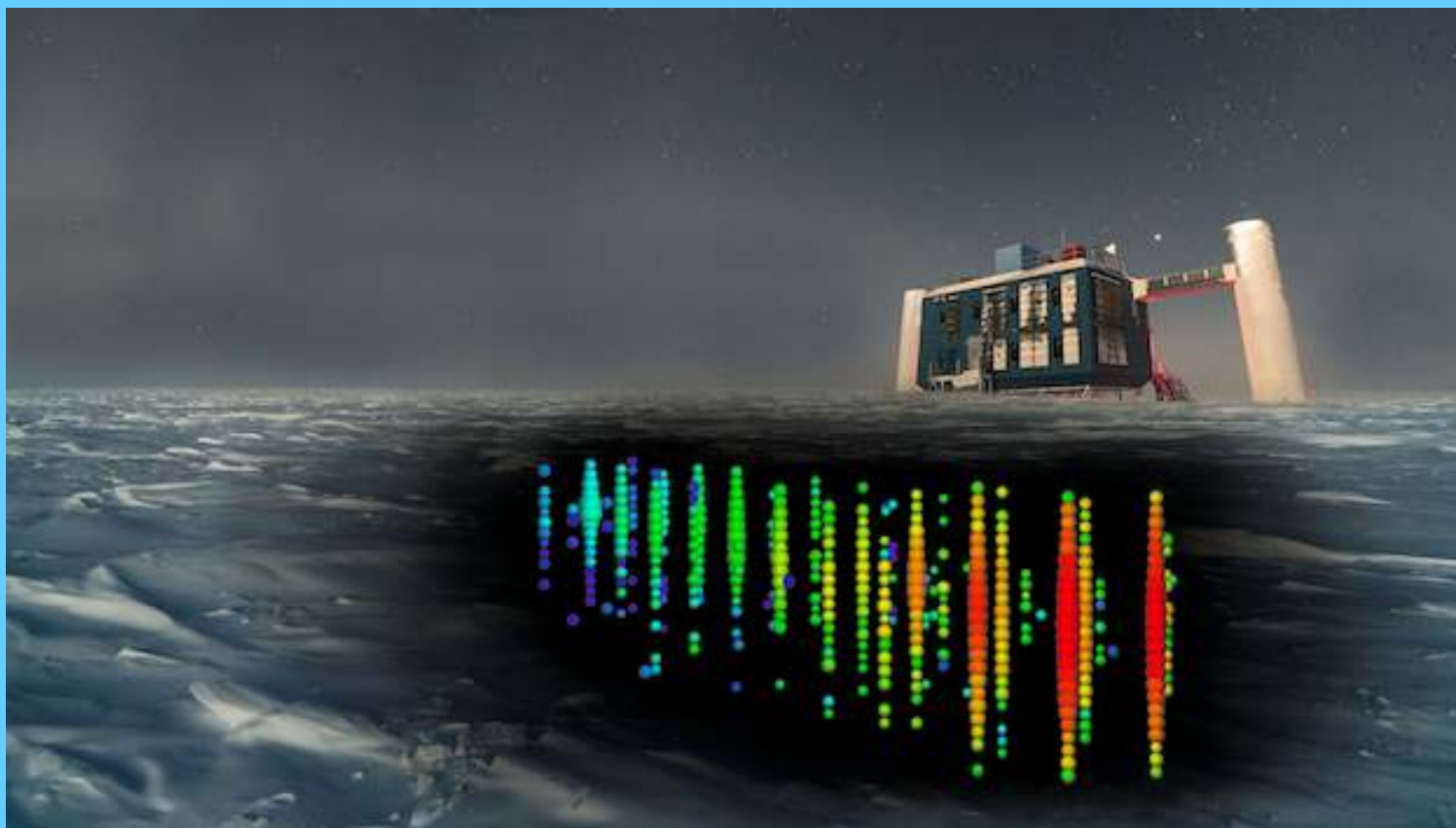
- Fusion of hydrogen nuclei to form helium in the Sun.
- Supernovae and collisions between cosmic rays and air particles in Earth's atmosphere.
- Particle accelerators smashing protons into a target and fission from the radioactive decay of elements inside nuclear reactors.

WHERE THEY WILL BE DETECTED

- Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), United States**
Status: Planned
Cost: US\$1 billion
Will make highest-energy neutrinos of any experiment.
- Hyper-Kamiokande, Japan**
Status: Planned
Cost: About \$800 million
Will be the world's largest neutrino detector — it is 25 times bigger than its predecessor, Super-Kamiokande.
- Jiangmen Underground Neutrino Observatory (JUNO), China**
Status: Construction begun
Cost: \$330 million
Sits under 700 metres of rock.
- India-based Neutrino Observatory (INO), India**
Status: Funding approved
Cost: \$213 million
Will be largest experimental basic-science facility in India.

© nature

Neutrínódetektorok



Geokémiai neutrínódetektor

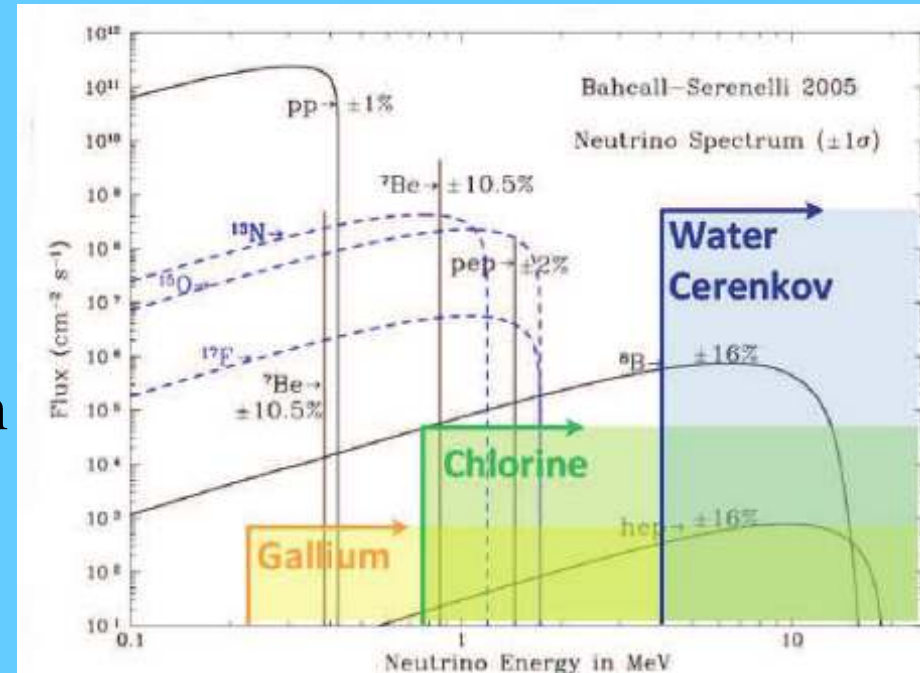


Előnyök

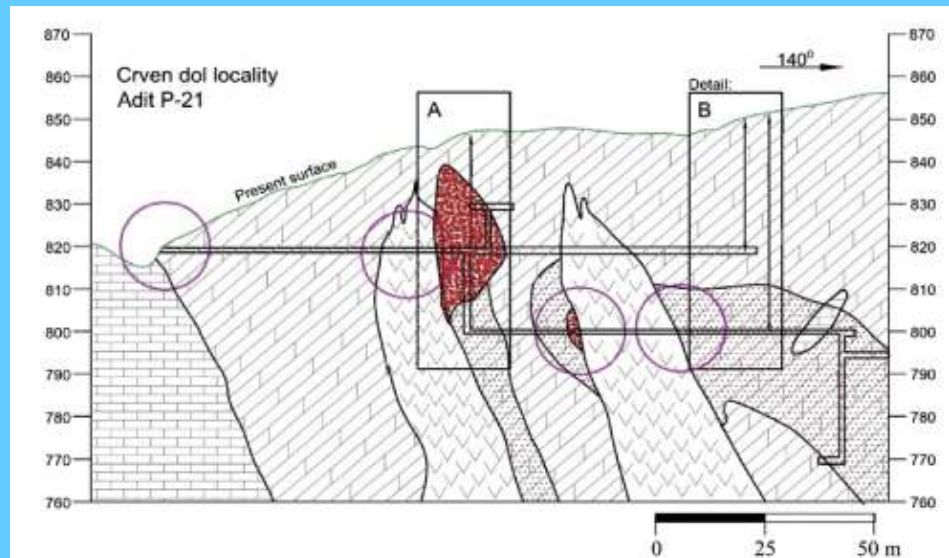
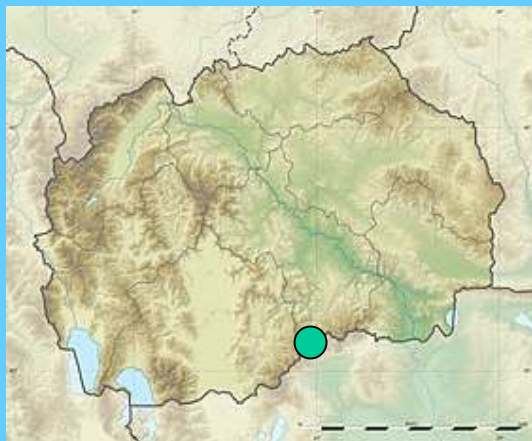
- 52 keV küszöbenergia
- 4 millió éves időintervallum
- Nem kell építkezni

Hátrányok

- Geokémiai környezet nem ismert pontosan
- Nagyon pontos izotóp-leszámlálás



Geokémiai neutrínódetektor



4 millió év

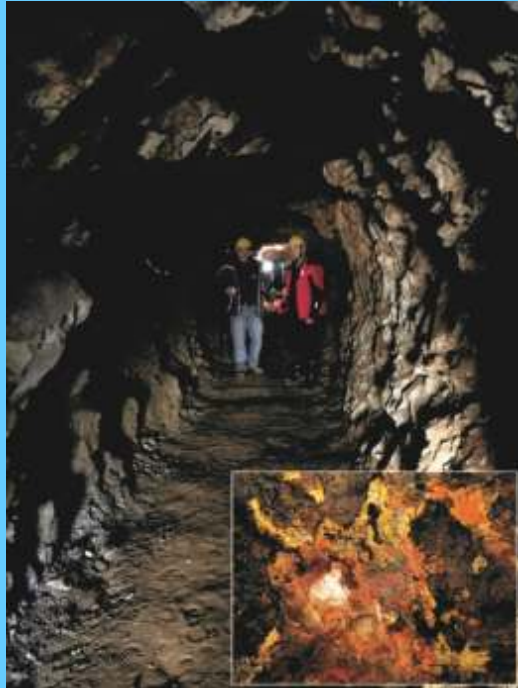


Geokémiai keletkezés

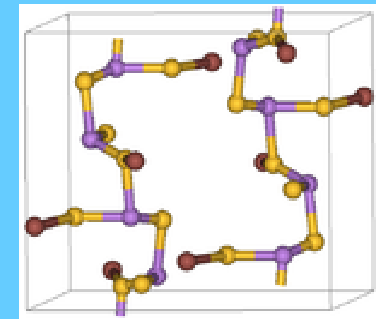
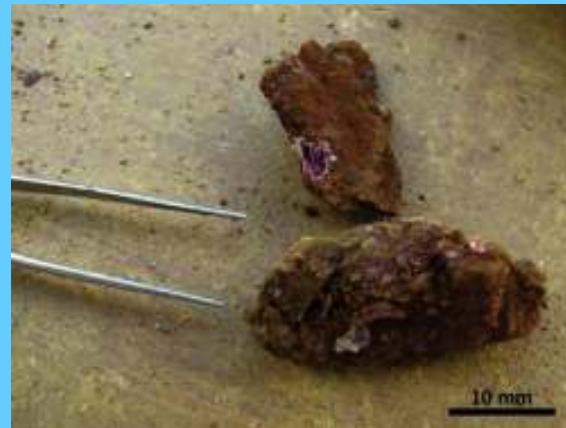
Hidrotermális események



Geokémiai neutrínódetektor



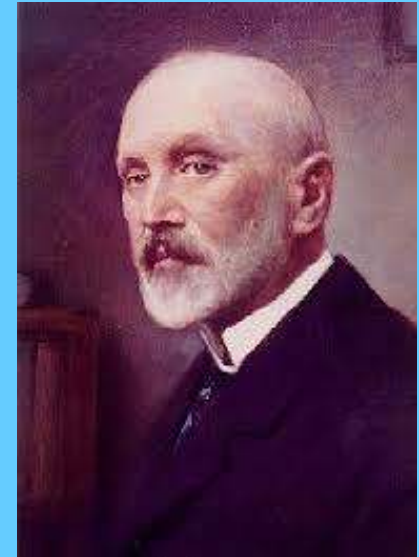
Lorandit TlAsS_2



10 t érc
1 kg lorandit
 10^4 ^{205}Pb



Eötvös Loránd 100



1EÖTVÖS



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

100th anniversary of Roland Eötvös
(1848-1919), physicist, geophysicist,
and innovator of higher education
Commemorated in association with UNESCO

