

# A neutrínó

Kiss Miklós PhD  
Gyöngyösi Berze Nagy János Gimnázium

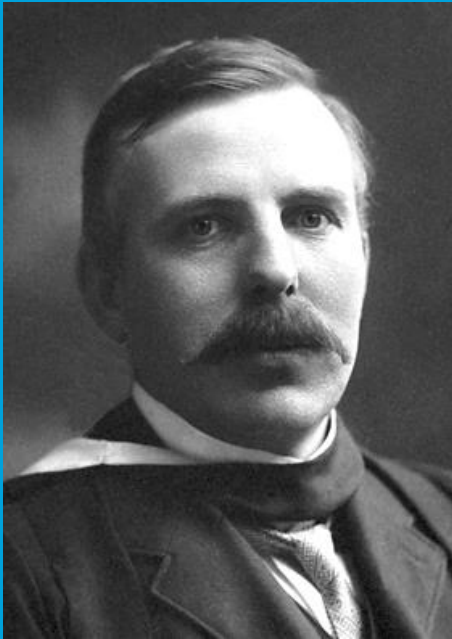
11. Berze Természettudományos Önképzőköri Tábor  
Mátraszentistván 2018. 07. 9-13.

# Néhány évszám

Röntgensugárzás:	1895 W. K. Röntgen
Radioaktivitás U	1896 H. Becquerel (1903 Nobel-díj)
Po, Ra	1897 M. Curie
Elektron:	1897 J. J. Thomson
Atommag:	1909 E. Rutherford
Pozitron	1932 Andersen
Neutron	1933 J. Chadwick
p – n atommag	1933 W. Heisenberg



# Rutherford



(1871-1937)

(Lord Rutherford of Nelson)

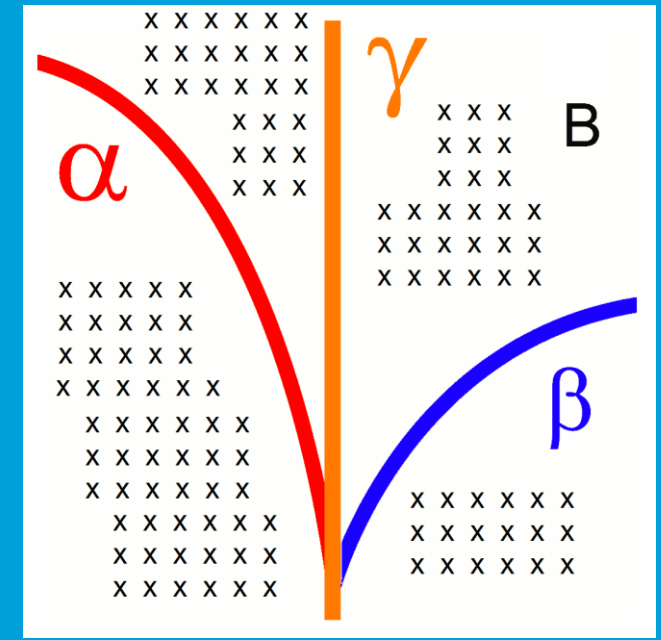
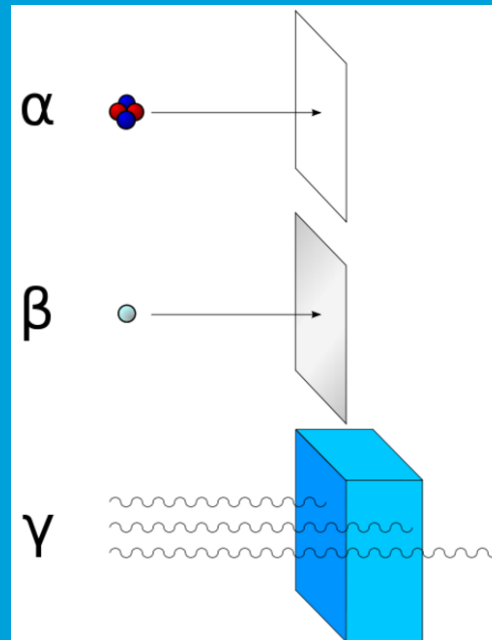
Természetes radioaktivitás:

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$   
áthatolás, eltérülés

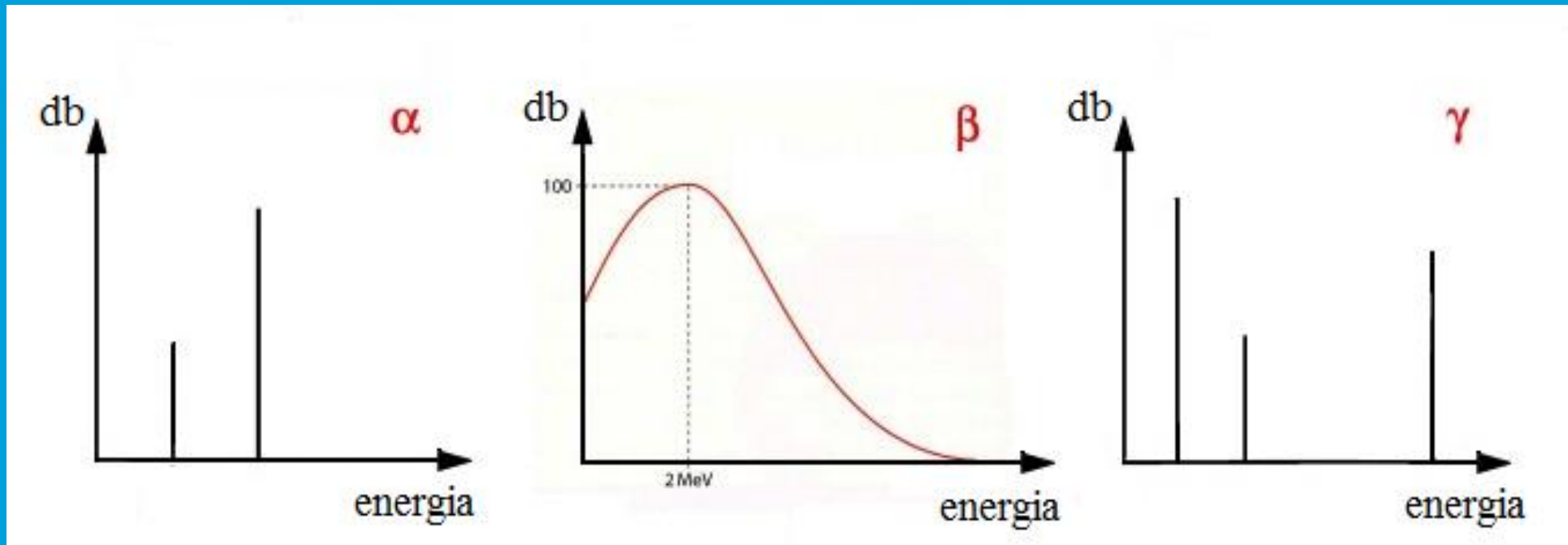
Kölcsönhatás: erős, gyenge  
elektromágneses,  
(gravitációs)



Ernest Rutherford (1871-1937). Nobel Prize for Chemistry in 1908.  
Knighted in 1914, Order of Merit in 1924, Baron in 1931.



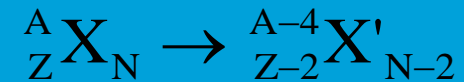
# Energiaspektrumok



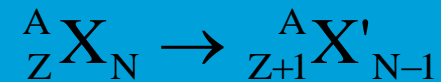
Bétabomlásnál változó energia: Chadwick 1914

# Magok és bomlás

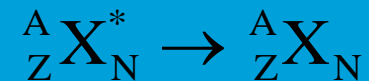
## Alfabomlás



## Bétabomlás



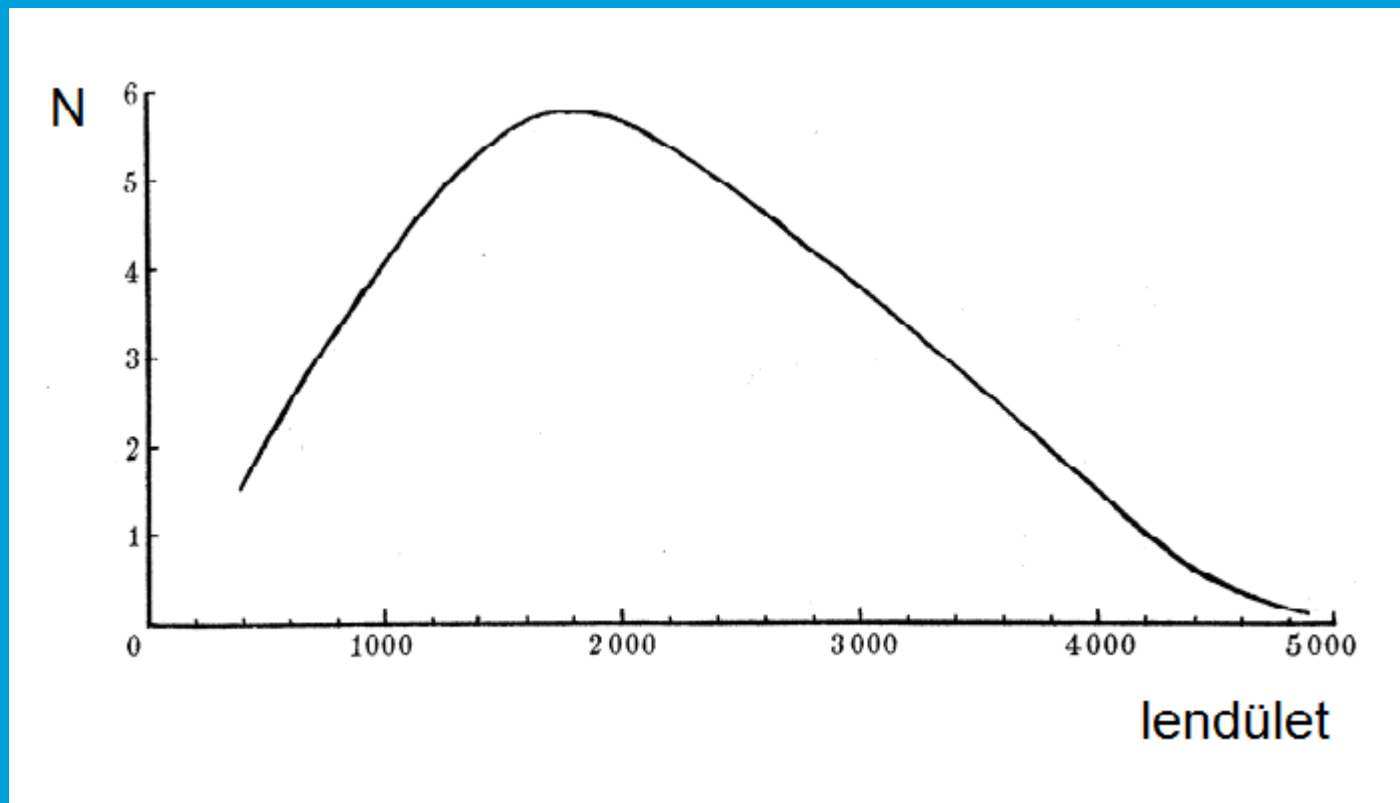
## Gammabomlás



Ok: mélyebb energiájú állapot elérése

# Lendületeloszlás

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



# Problémák

Bétabomlás esetén nem marad meg:

– az energia

– a lendület

– a perdület

vagy valami kiutat kell találni

# Pauli



1930

"Egy olyan részecskét feltételeztem, amelyet nem lehet detektálni"

Eredeti név: neutron

(1900-1958)



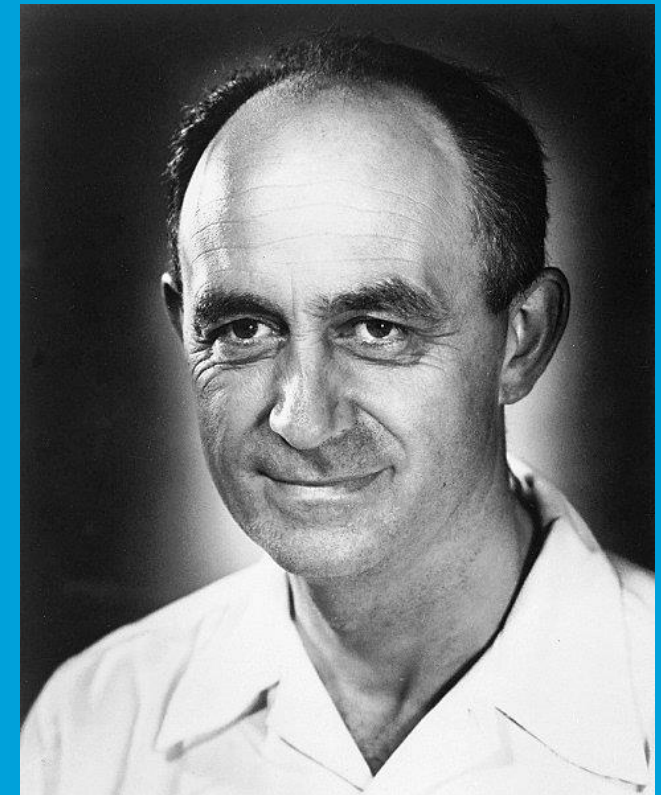
# A névadó

E. Fermi: 1932

(Chadwick felfedezte a neutront.)

No, le neutrone di Chadwick sonno grande. Le neutrone di Pauli erano piccole; egli devono star chiamato neutrini.

(Nem. Chadwick neutronjai nagyok. Pauli neutronjai kicsik, ezeket neutrínóknak kellene nevezni.)



1934 a bétabomlás elmélete (nulla tömegű neutrínóval)

# Folyamatok

$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}_e$$

$$p \rightarrow n + e^{+} + \nu_e$$

$$* n + \nu_e \rightarrow p + e^{-} *$$

$$n + e^{+} \rightarrow p + \bar{\nu}_e$$

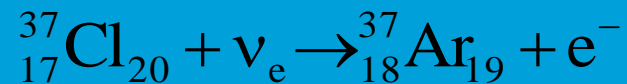
$$* p + \bar{\nu}_e \rightarrow n + e^{+} *$$

$$p + e^{-} \rightarrow n + \nu_e$$

# A neutrínó detektálása

Bruno Pontecorvo:

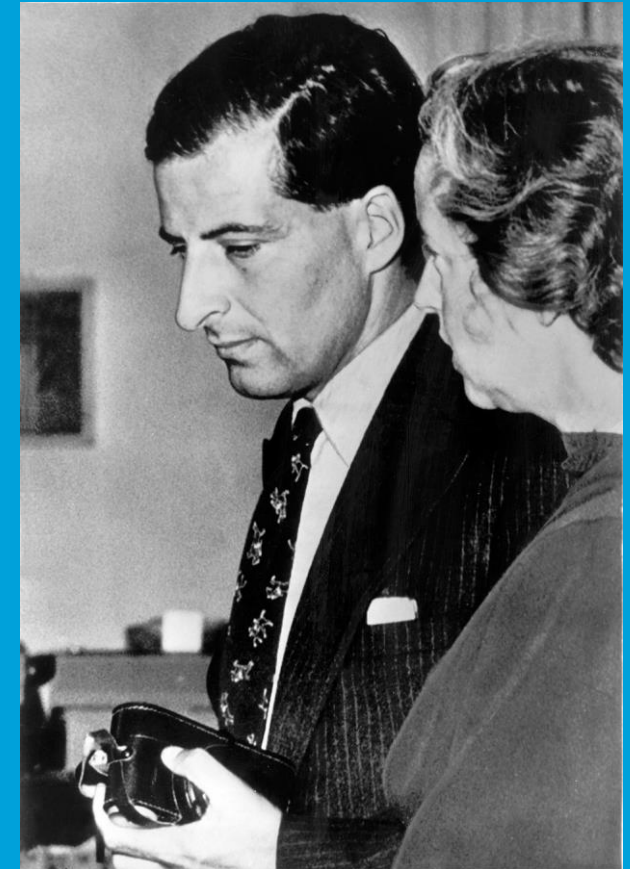
klór-argon módszer



A keletkező argon radioaktív, bétabomló,  
felezési ideje:

$$T = 35 \text{ nap}$$

A klór pl. széntetrakloridban:



# Roy (Raymond) Davis



Neutrínó detektálási kísérlet:

Brookhaven, Savannah River 1955  
atomreaktorokban  
4000 liter szén-tetraklorid

Negatív eredmény

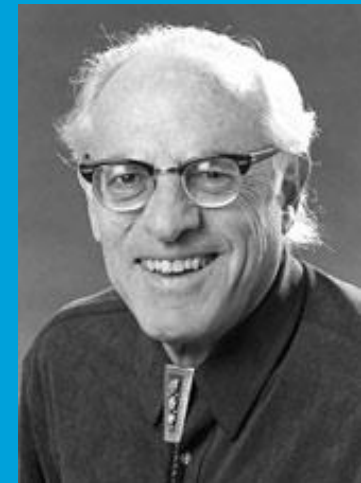
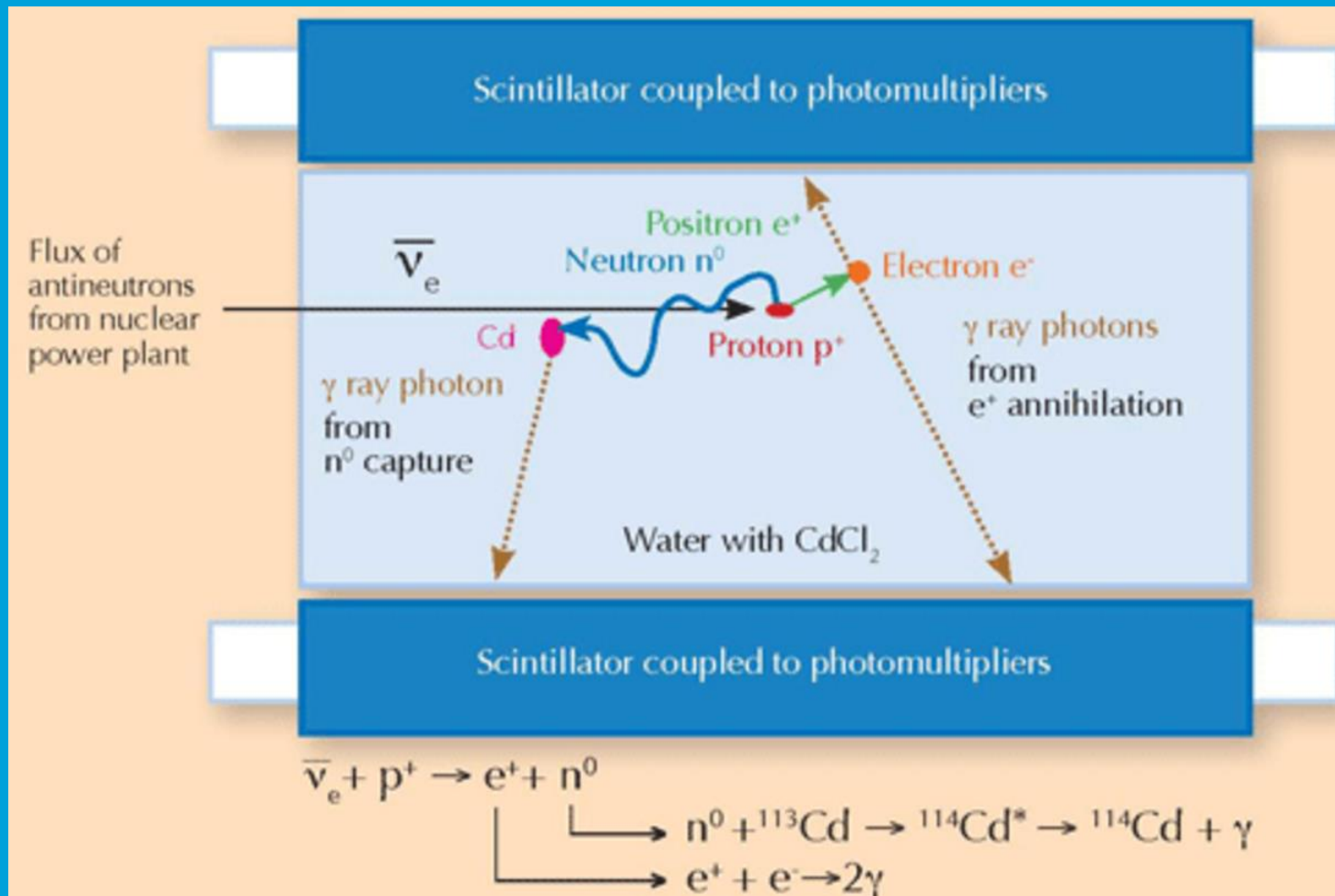
Ok: a reaktorból antineutrínók lépnek ki

(1914-2006)

Neutrínó – antineutrínó nem ugyanaz a részecske

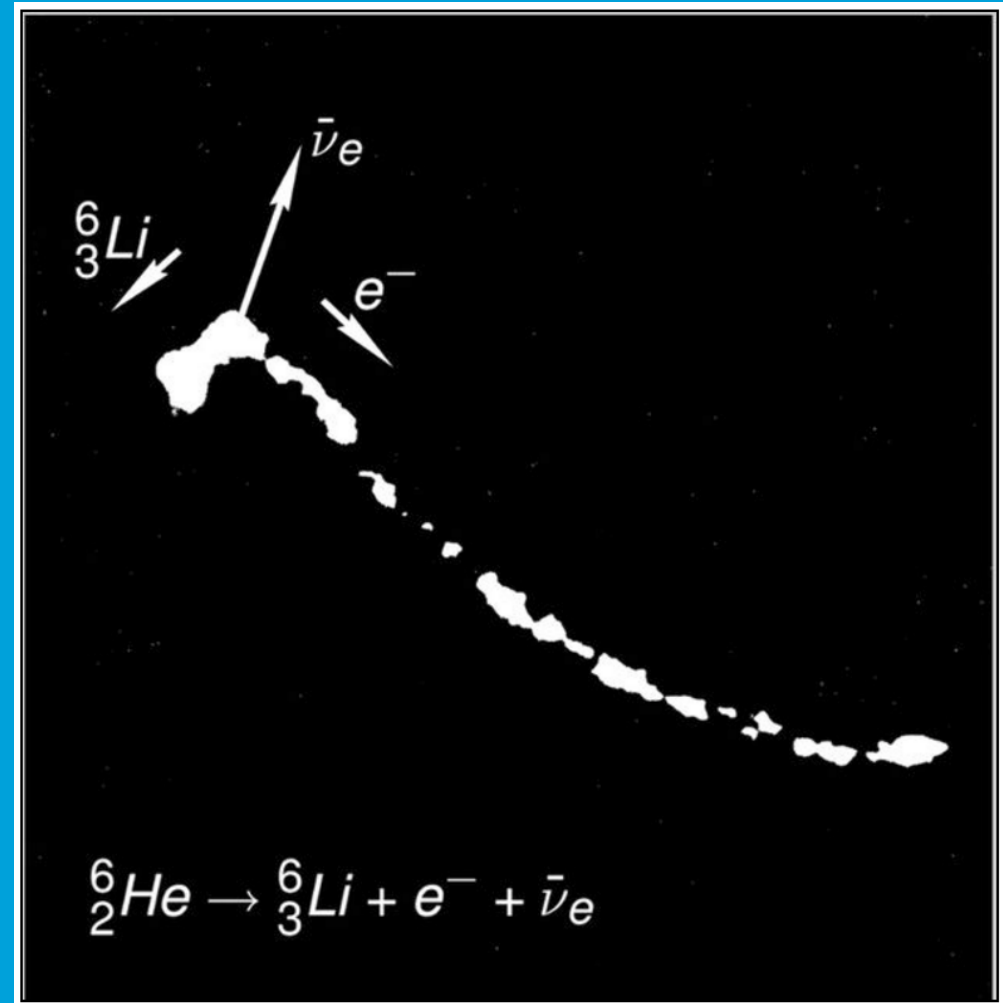
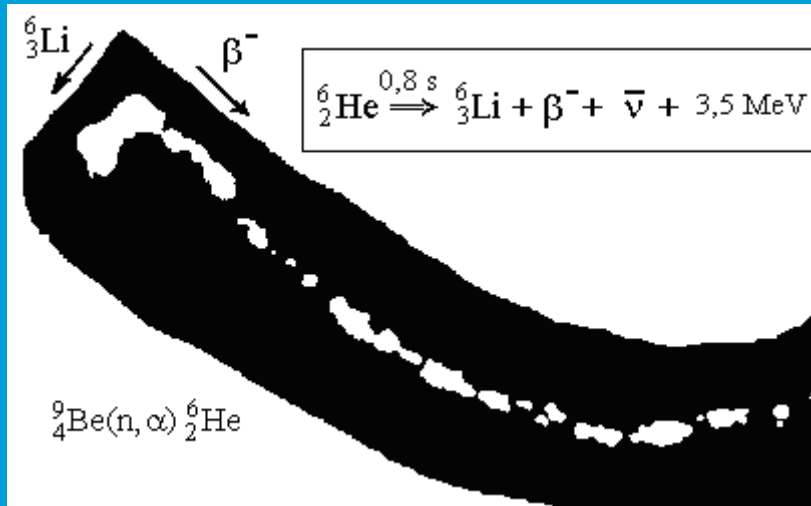
# Reines-Cowan kísérlet

1956. július 20. Nobel-díj 1995: Reines



# Magyar eredmény

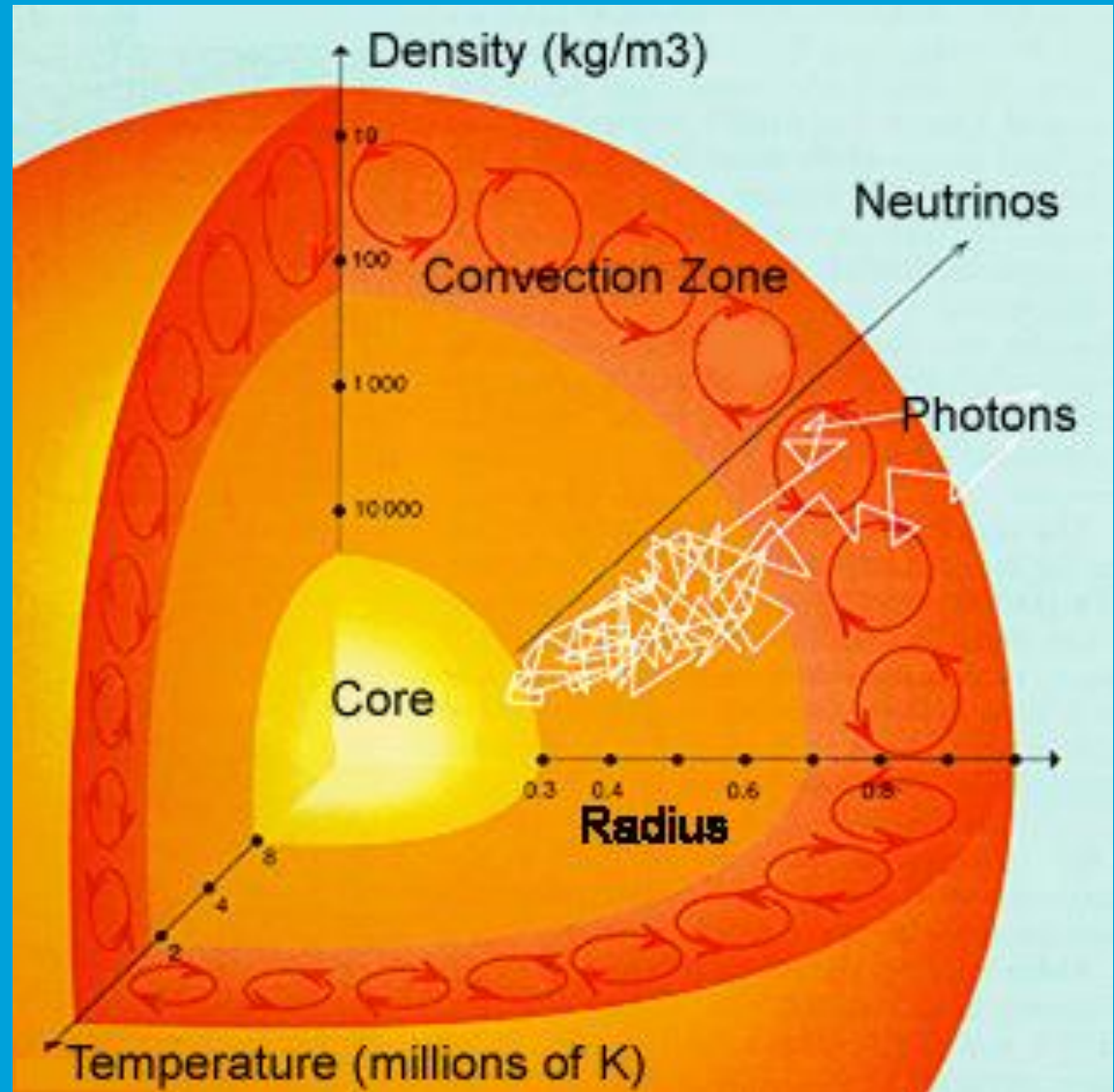
Szalay Sándor, Csikai Gyula Debrecen, 1956: ködkamrával visszalökődés



# Napneutrínók

Foton: 100000 év

Neutrínó: azonnal



# Napneutrínók

Roy Davis (Nobel-díj 2002), Homestake

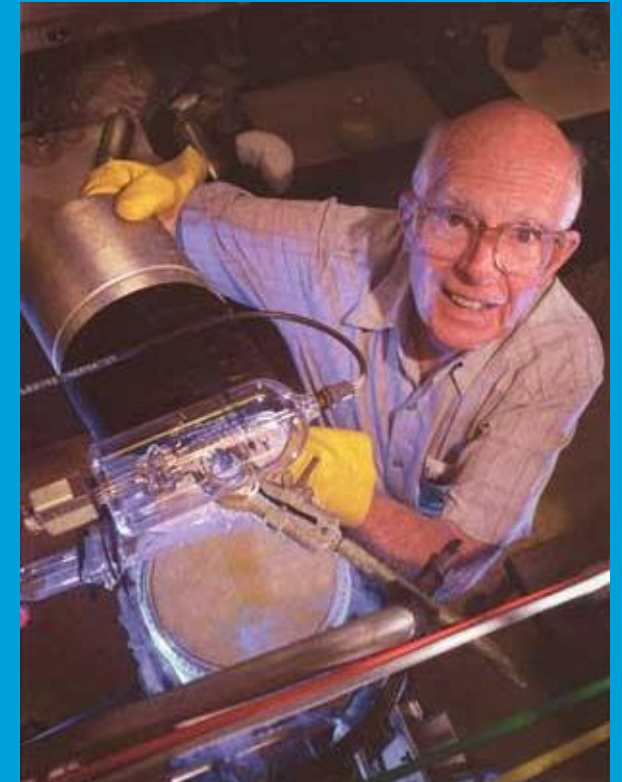
Bachall számítások

SNU a napneutrínó egység, a Napból érkező neutrínófluxus egysége a napneutrínó kísérletekben. Értéke:

$$10^{-36} \frac{1}{s}$$

vagyis a célatom ennyi neutrínót fog be másodpercenként, tehát:  $10^{36}$  atom fog be egyet.  
(W. Fowler)

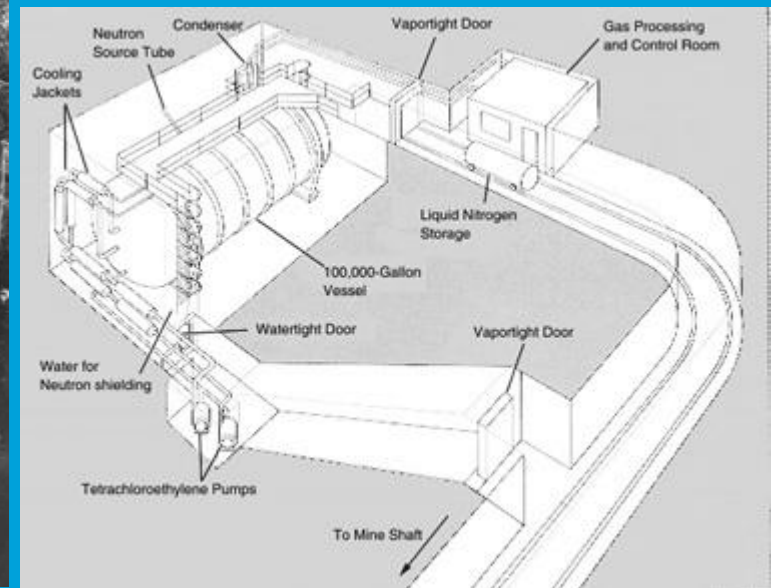
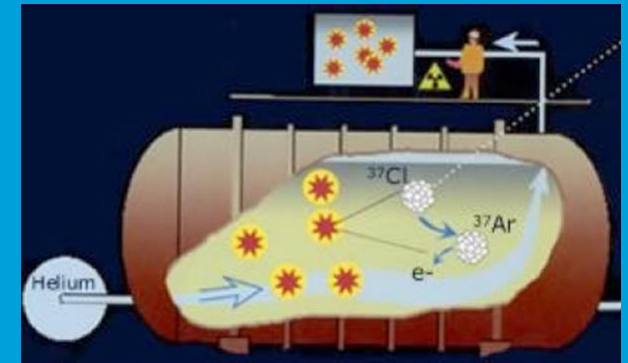
Napneutrínók kísérleti eredmény: 2,56 SNU, az elméleti 7,6 SNU helyett.  
( csak harmadrész )





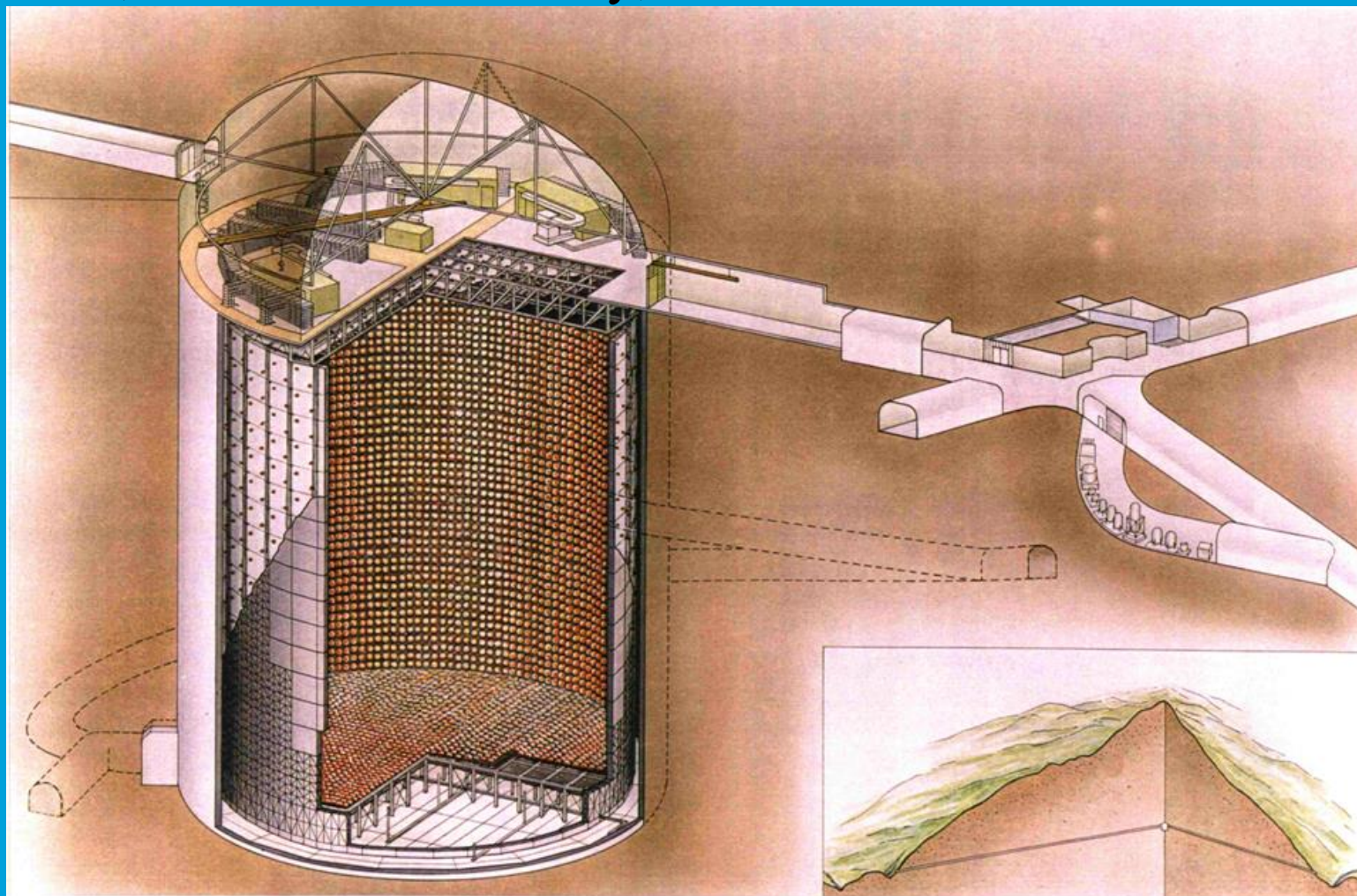
# Homestake

Aranybányában, 1480 méter mélyen, 400 köbméter szén-tetraklorid



# Kamioka, Kamiokande (Japán)

11 146 PMT, Ø39 m × 42 m tartály, 50 000 t tiszta víz

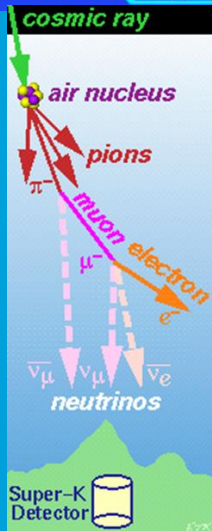
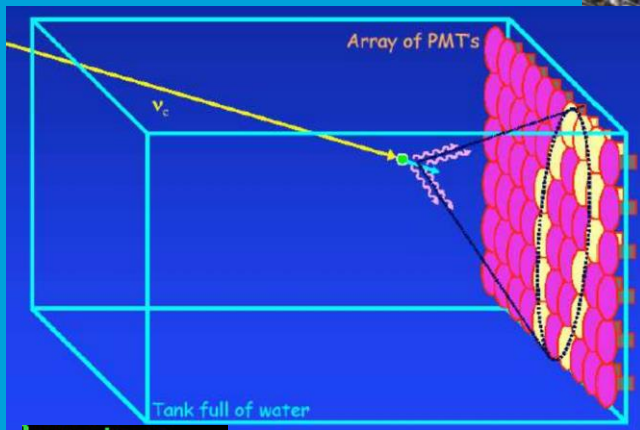
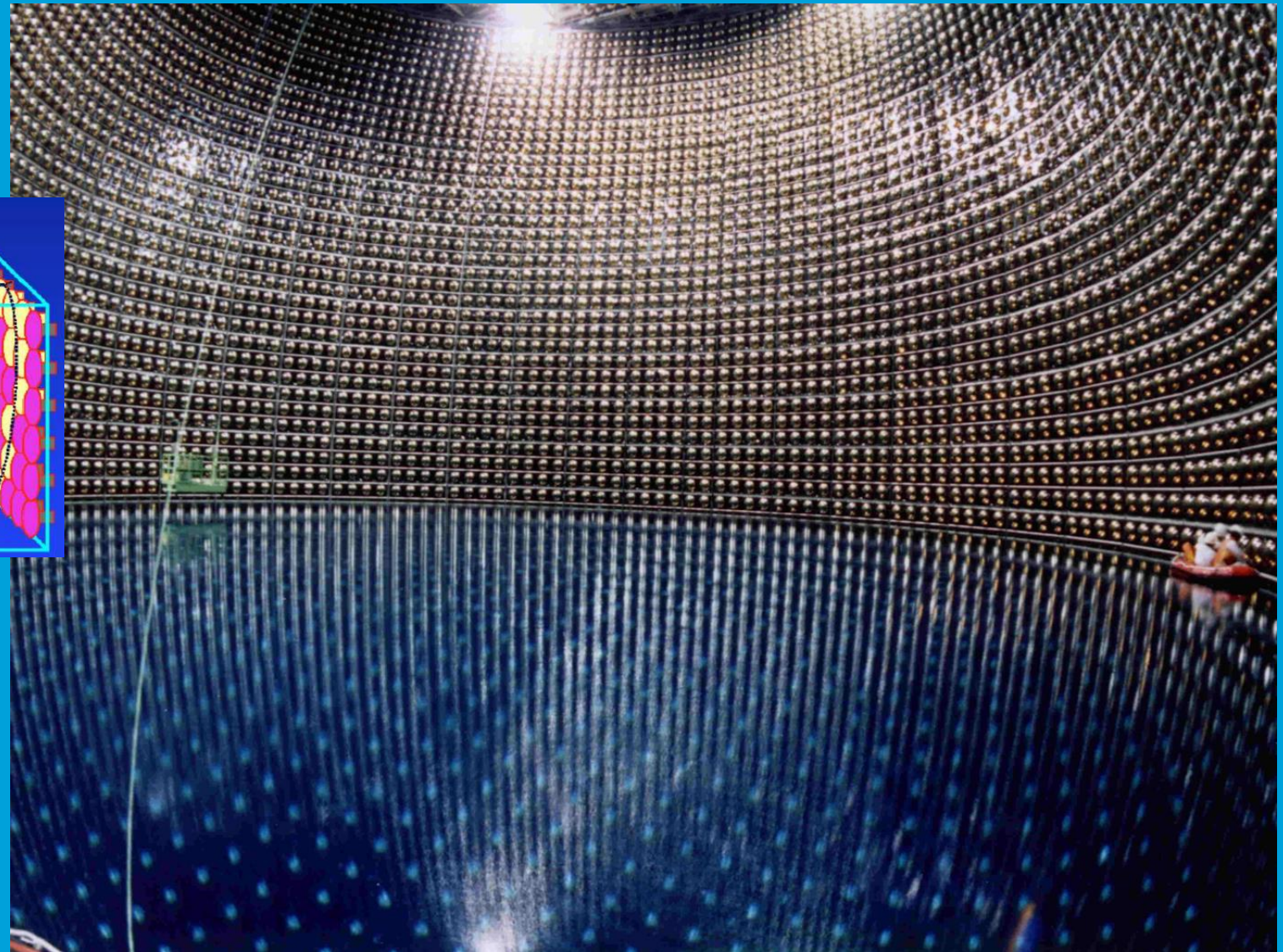


SUPERKAMIOKANDE INSTITUTE FOR COSMIC RAY RESEARCH UNIVERSITY OF TOKYO

NIKKEN SEKKEI  
JAPAN'S ARCHITECTURAL ENGINEERS

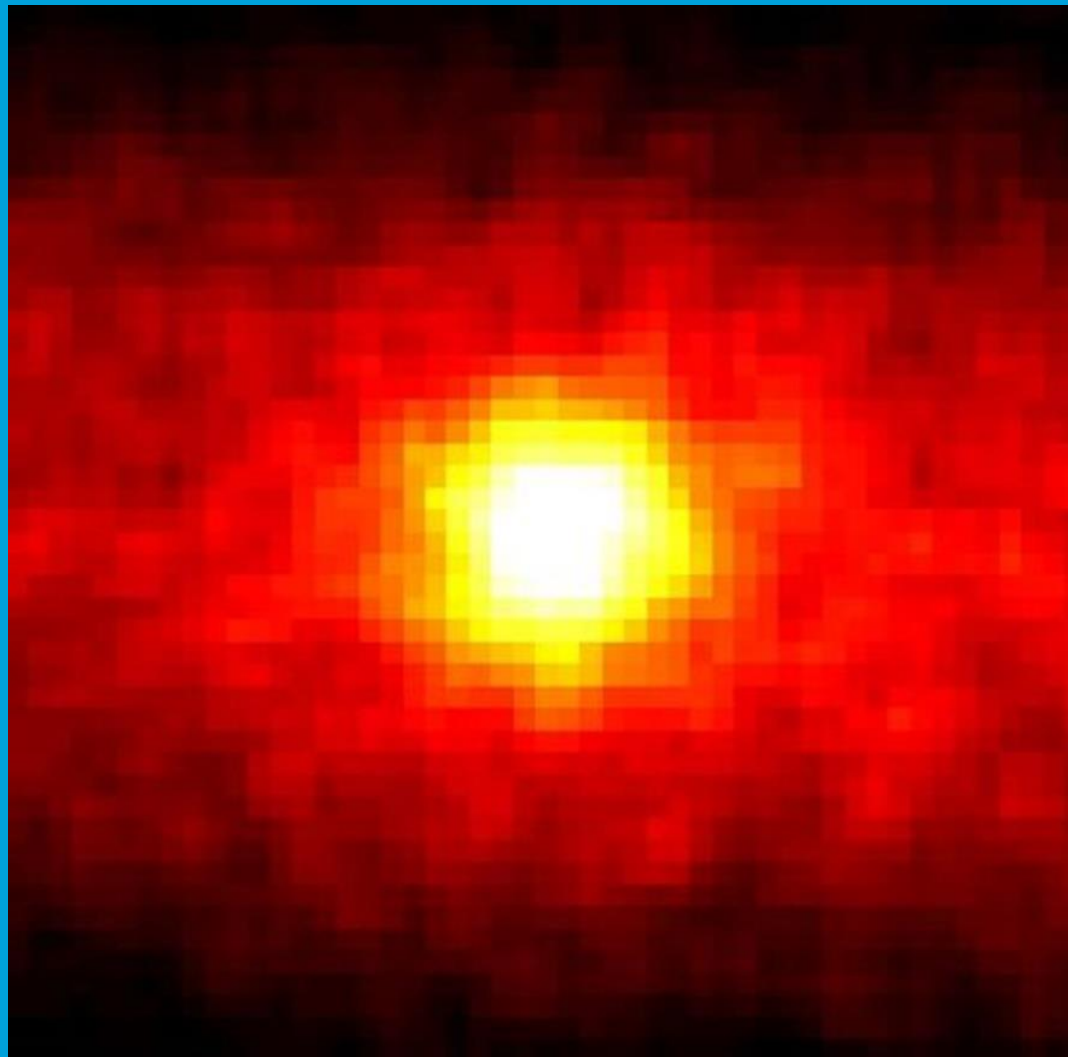
# A Cserenkov-sugárzás

Energia, idő,  
irány is  
meghatározható.



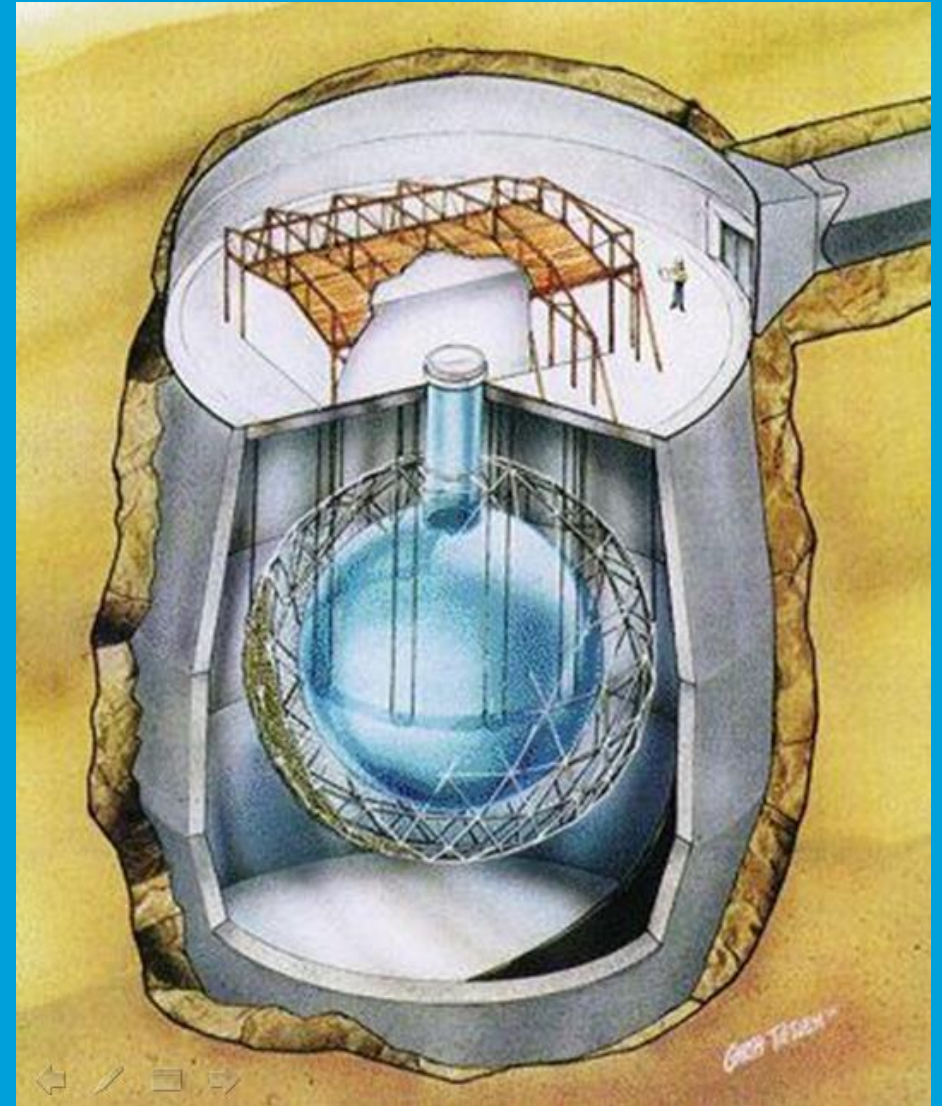
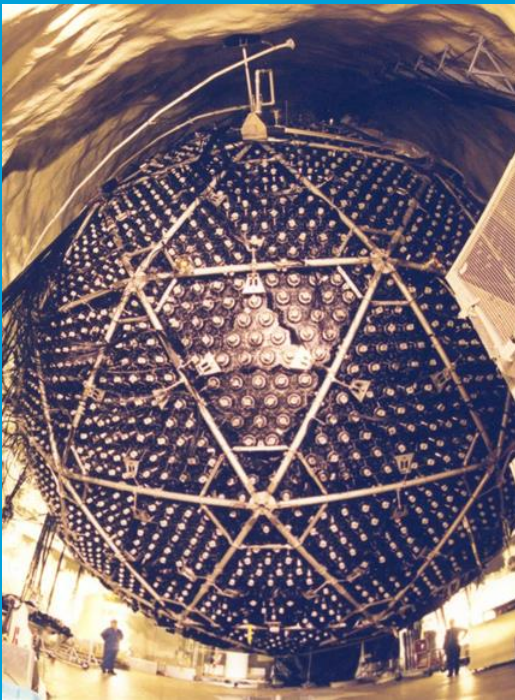
# Neutrínócsillagászat

1998. június 5.  
Super Kamiokande  
a Nap képe



# Sudbury Neutrino Observatory

Ontario, Canada 2265 méter mélyen,  
9600 PMT (photomultiplier tubes)  
SNO, gránitos gabbró kőzet  
SSM Standard Solar Model  
Nehésvíz 1000 tonna + 1700 tonna belül  
+ 5300 tonna körülötte



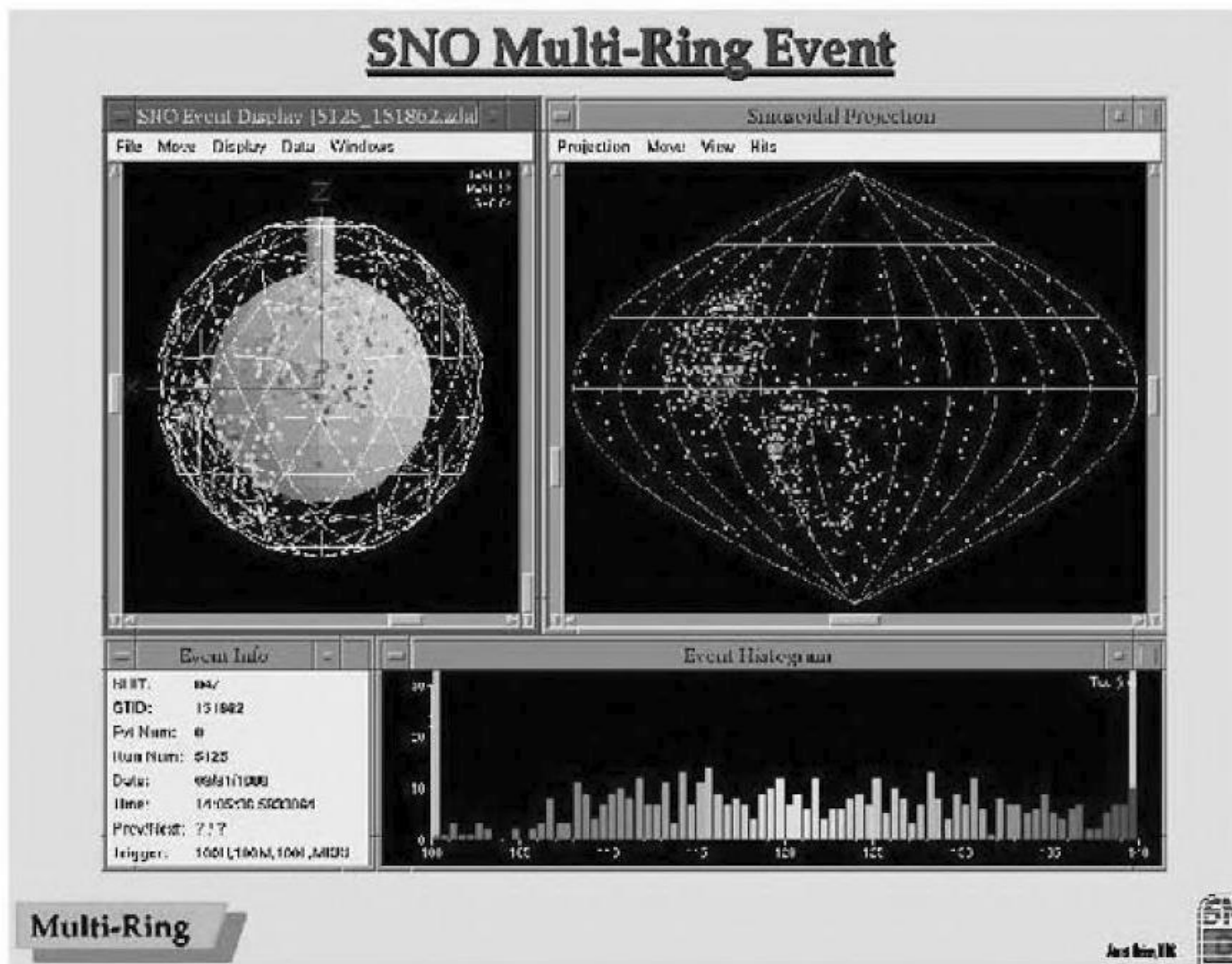


Figure 4.22: An event display from SNO showing the ring of PMT's that have received hits from the Cherenkov radiation originating in the heavy water. (Courtesy SNO collaboration.)

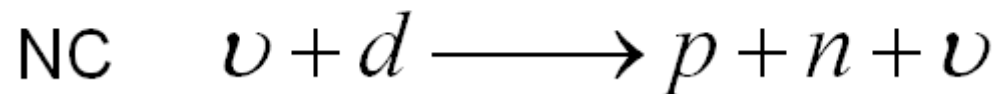
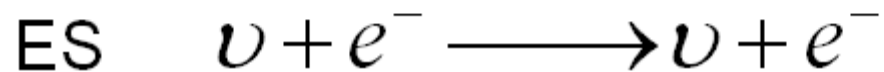
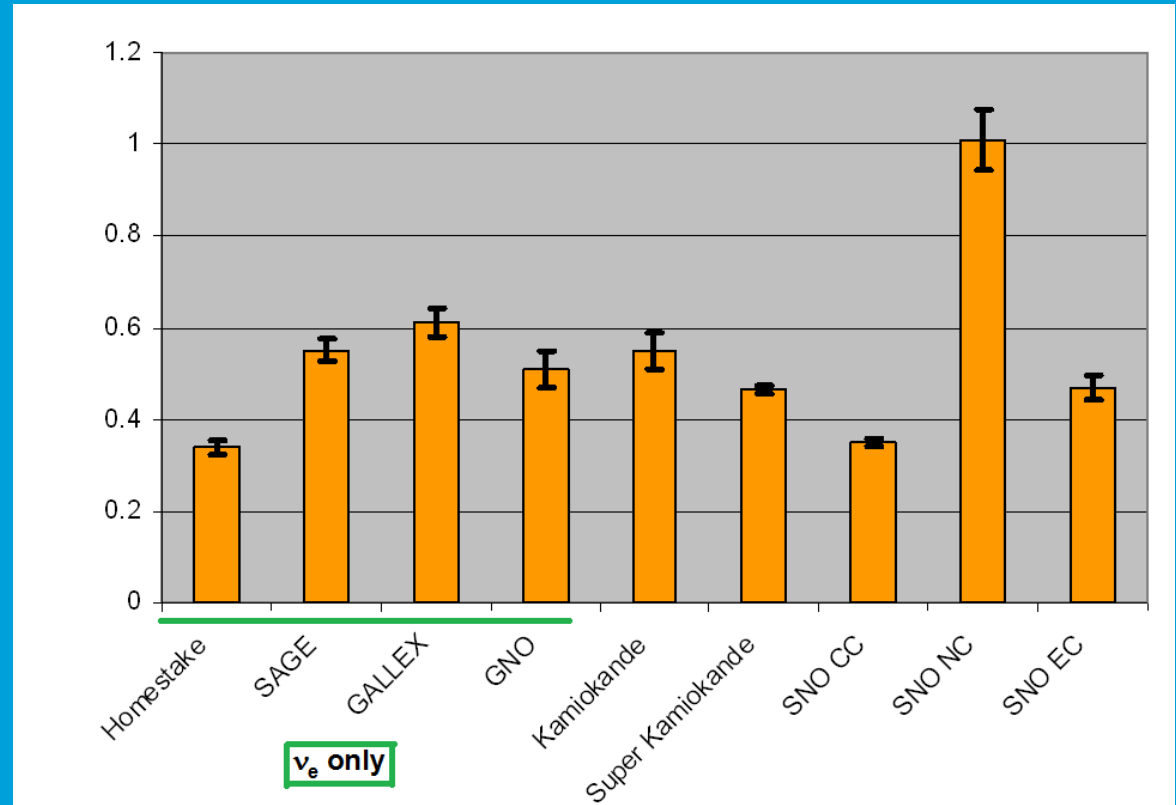
# A rejtély megoldása

ES (elastic scattering)  
rugalmas szóródás

NC (neutral current) semleges  
gyenge áram

CC (charged current) töltött  
gyenge áram

NC zamatfüggetlen



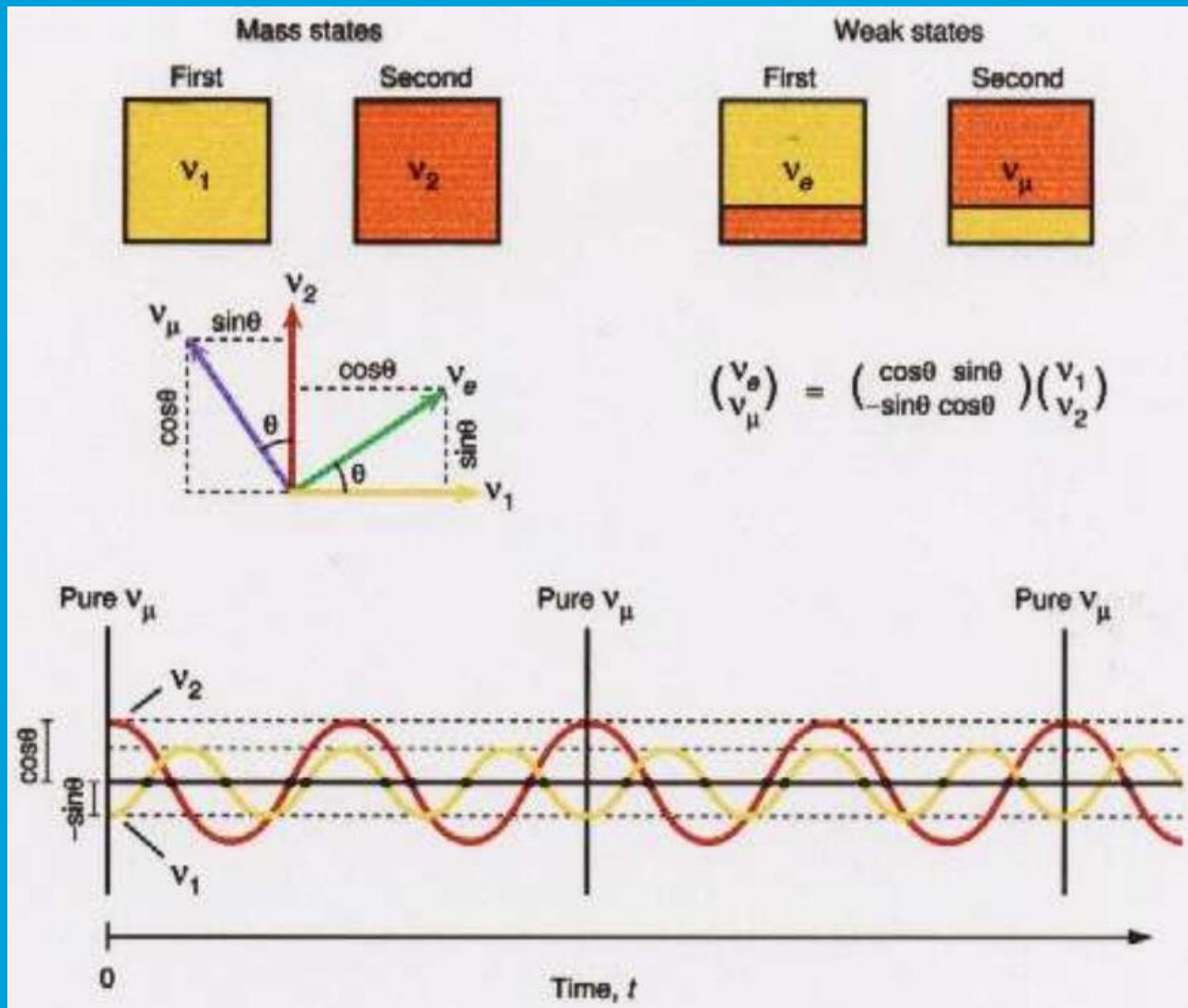
# Neutroszcilláció

Eredeti gondolat:

B. Pontecorvo 1957,  
1963

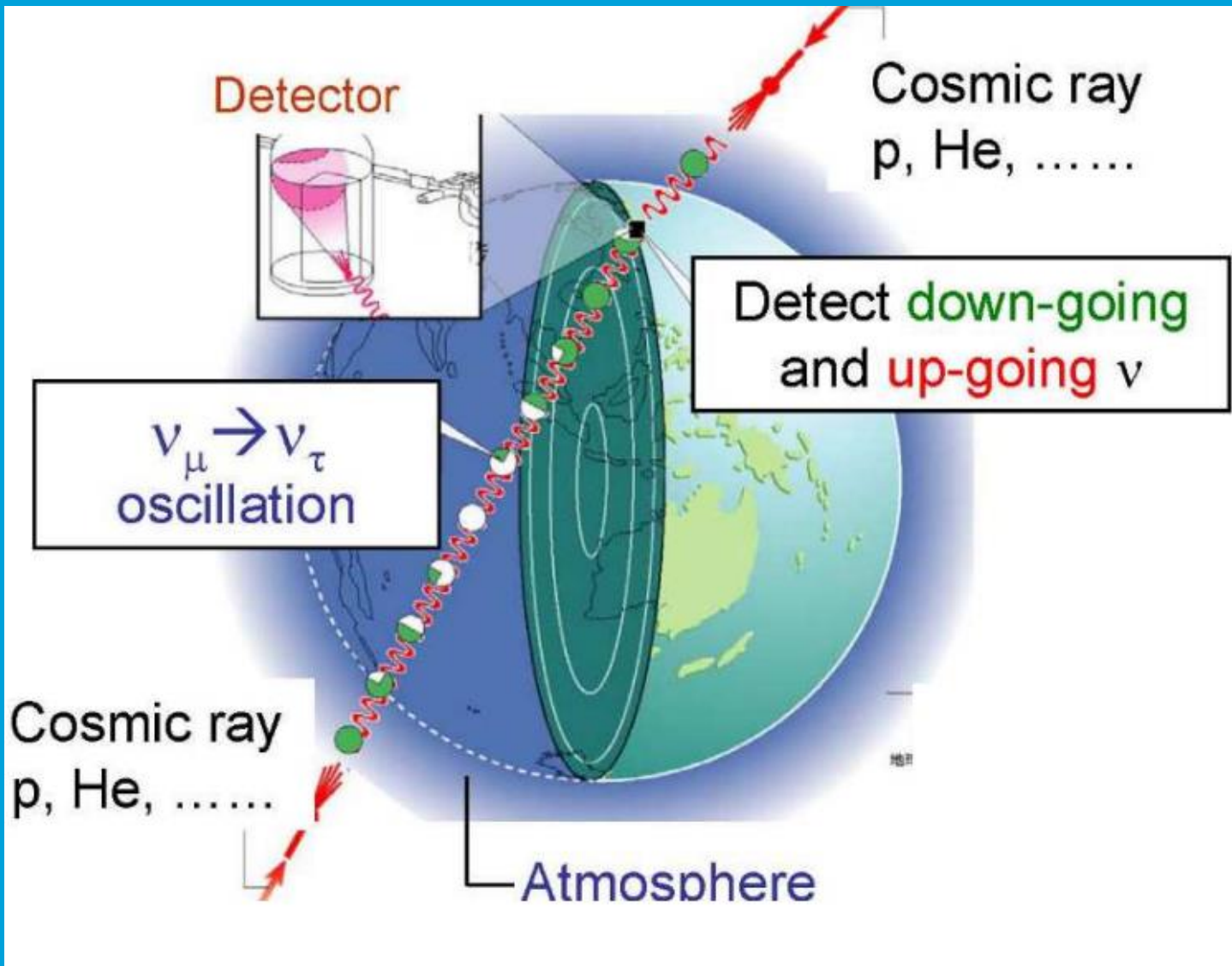
Bizonyítás L. Lederman

$\nu_{\mu}$





# Légköri neutrínók



Arány: a  
légkörből, arány a  
Földön keresztül  
Nobel –díj 2002  
Masatoshi Koshiba



# Nobel-díj: a neutrínó oszcilláció

## The Nobel Prize in Physics 2015



Photo: A. Mahmoud

Takaaki Kajita

Prize share: 1/2



Photo: A. Mahmoud

Arthur B. McDonald

Prize share: 1/2

The Nobel Prize in Physics 2015 was awarded jointly to Takaaki Kajita and Arthur B. McDonald *"for the discovery of neutrino oscillations, which shows that neutrinos have mass"*

A neutrínók zamatváltozásának a lehetőségét, azaz a neutrínóoszcillációt azóta tárgyalják, mióta a neutrínókat kísérletileg felfedezték 1956-ban. De csak két, az ezredforduló körüli felfedezés igazolta a neutrínóoszcilláció tényleges létezését:

– 1998-ban a Neutrino'98 nemzetközi neutrínó konferencián a Takaaki Kajita (Super-Kamiokande Collaboration) által bemutatott adatok azoknak a müonneutrínóknak a légköri eltűnését mutatták, amelyek a kozmikus sugárzás légkörrel való kölcsönhatásában keletkeztek és haladtak a kiindulási ponttól a detektorig.

–2001/2002-ben az Arthur B. McDonald által vezetett a Sudbury Neutrínó Observatory (SNO) Collaboration részéről közzétett egyértelmű bizonyítékok a Naptól származó

elektron-típusú neutrínóknak müon- vagy tauneutrínókká történő átalakulására.

+

Köszönöm a figyelmet!

# A Standard Modell

