

# RÉSZECSKÉK AZ UNIVERZUMBAN

- A KOZMIKUS SUGÁRZÁS
- A KOZMIKUS MIKROHULLÁMÚ  
FOTONSUGÁRZÁS
- NEUTRÍNÓK A VILÁGŰRBŐL ÉS  
A FÖLD MÉLYÉBŐL
- KVARK-CSILLAGOK  
ÉS MÁK KOMPAKT  
CSILLAGÁSZATI OBJEKTUMOK

# A KOZMIKUS SUGÁRZÁS



**1912:** V.F. Hess osztrák-cseh fizikus 5000 m magasságra emelkedő léggömbön hajózva mutatta ki a „nagy áthatolóképességű sugárzás” létezését.

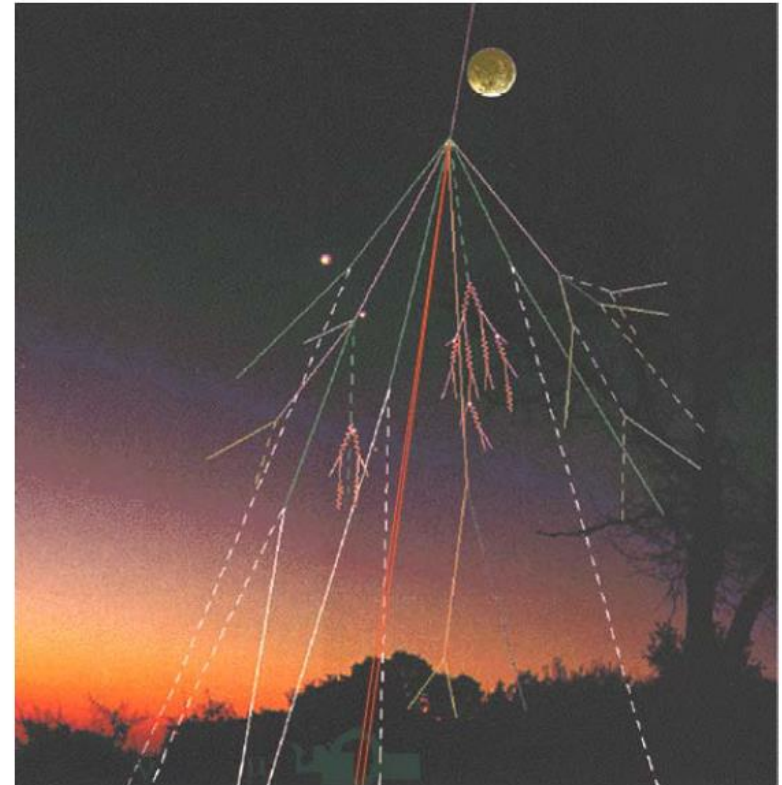
**1932:** C. Anderson ködkamrában kimutatja a pozitront.

**1937:** S. Neddermayer és C. Anderson felfedezi a müont.

## Het HISPARC-project en kosmische straling

# Kozmikus zápor kialakulása

(Holland **KÖZÉPISKOLAI  
KOZMIKUS SUGÁRZÁST  
MÉRŐ ÁLLOMÁST** bemutató  
előadás címlapja)



Lessen voor ANW  
Dr. Anneke de Leeuw  
St. Michaëlcollege, Zaandam

# A KOZMIKUS SUGÁRZÁS



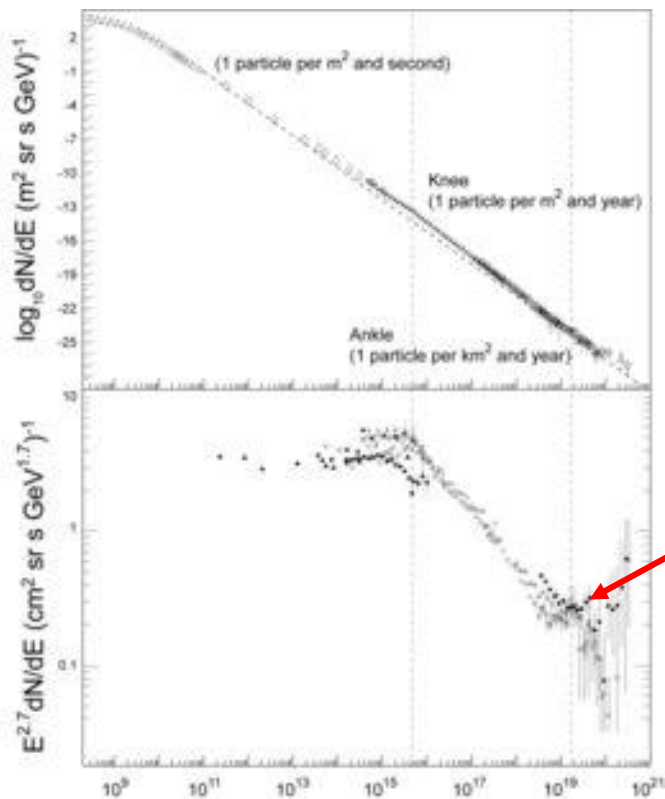
1938: Pierre Auger felfedezi a kiterjedt kozmikus záporokat

Jánossy Lajos (Manchester) egy-két héttel később nyújtja be publikálásra azonos következtetéseit



Jánossy Lajos (1912-1978) az ELTE Atomfizikai Tanszék alapítója a kozmikus sugárzás hazai kutatásának megindítója

# Minden határt meghaladó energiájú részecskék?



1991: Utah állambeli „Légyszem”  
detektor  $10^{19}$  eV 1. feladat!  
energiájú részecske által elindított  
záport észlel



# Minden határt meghaladó energiájú részecskék?

1966: Greisen-Kuzmin-Zatsepin határ:

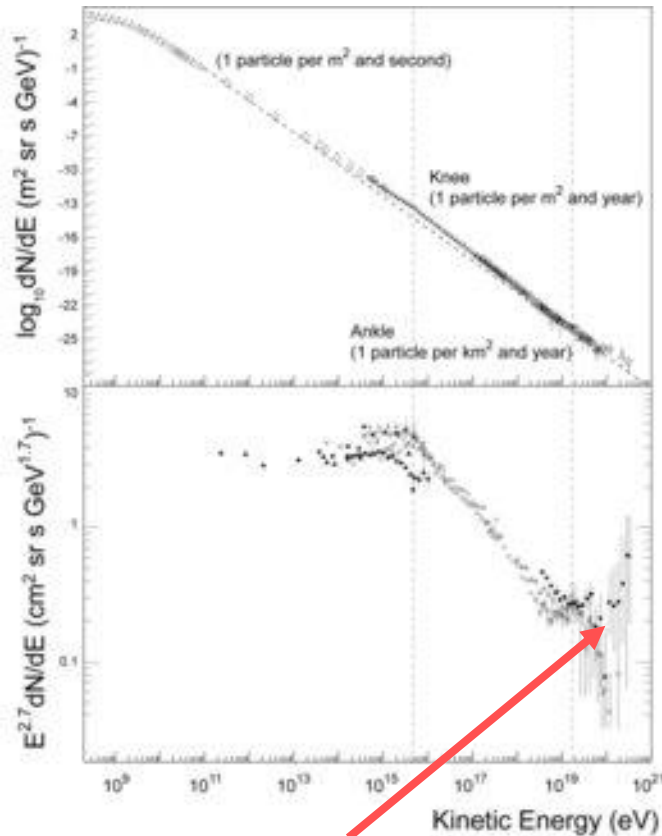
Ha a kozmikus proton energiája nagyobb  $10^{20}$  eV-nál

kozmos proton + kozmos háttér foton



kozmos proton + pion

reakcióval a proton energiát veszít

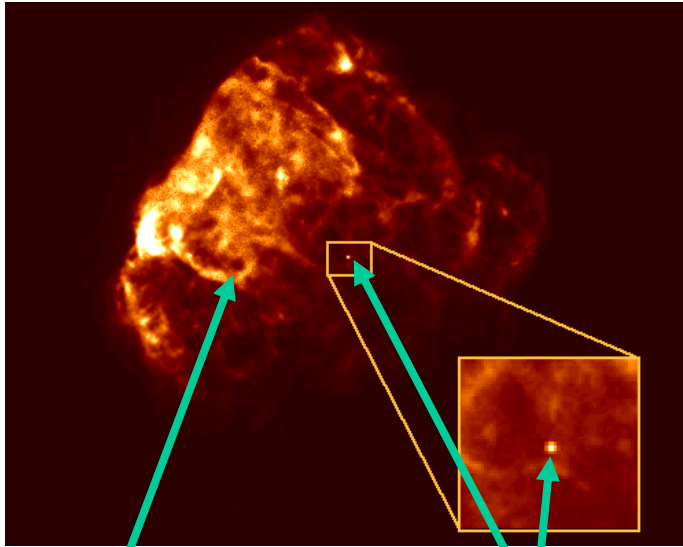


1994: AGASA detektor (Japán)  
11 anomálishan nagy energiájú  
eseményt mér

Honnét jönnek a  
kozmos sugárzás részecskéi?

# SZUPERNÓVA ROBBANÁS

Nagy tömegű csillag  
nukleáris fűtőanyagának elége után  
összeroppan



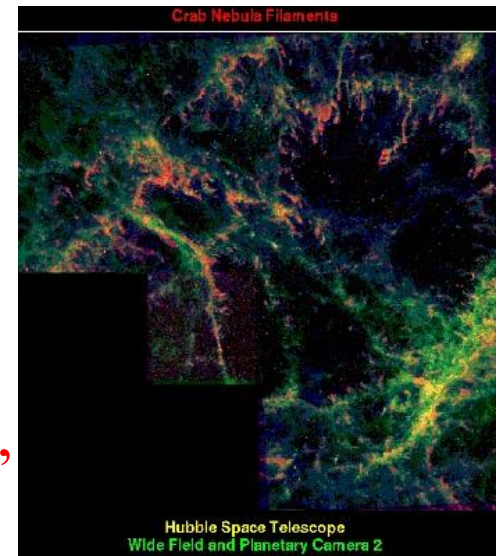
fiatal  
neutroncsillag

ledobott,  
kiáramló  
anyag: lökéshullám

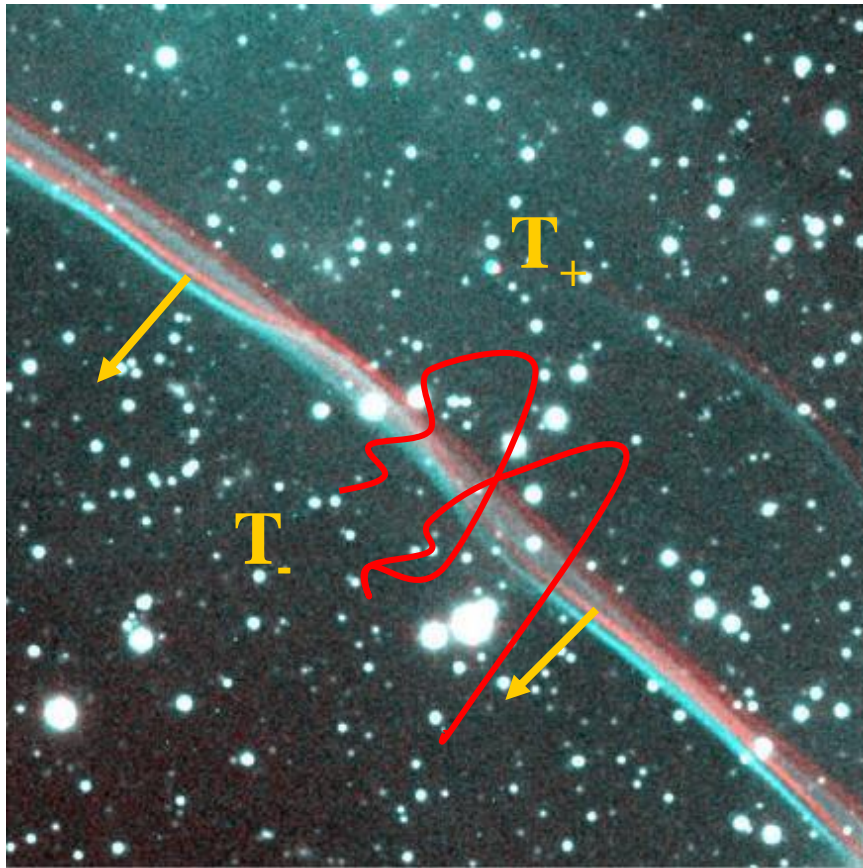


A Rák-köd  
1054: „vendégcsillag”

Hubble-távcső  
1995: lökéshullámok  
formálta  
finom „térháló”



# Fermi-féle gyorsítási mechanizmus (1950)



1006: „vendégcsillag”

Kairó felett

1991-2001: filamentum  
(lökéshullám)

mozgásának fényképei

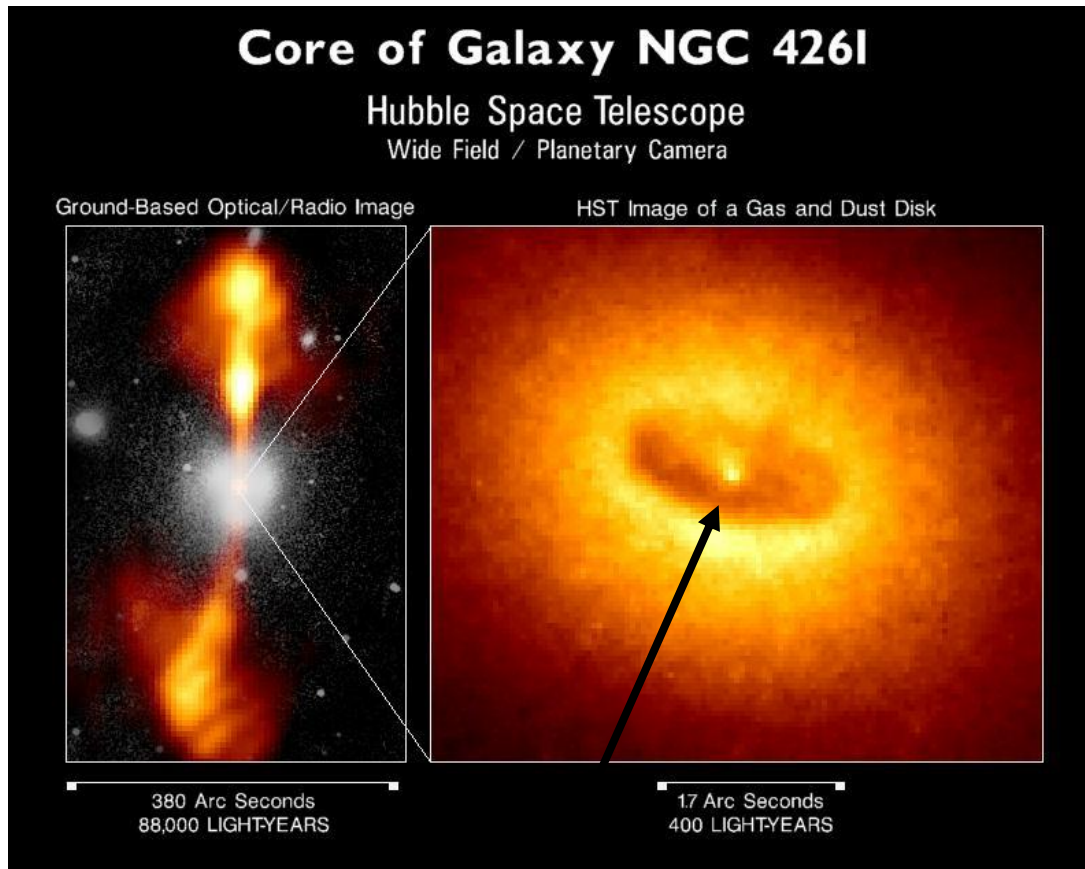
világos réteg a lökéshullám  
mögött: gerjesztett hidrogén

A lökésfronton előre-hátra  
diffundáló részecskék  
ütközéseinek eredő hatása:

**ENERGIA-NYERÉS**



# Aktív Galaxis Magok (AGN)



Túl távol vannak:

A részecskék  
ütközben ütköznek

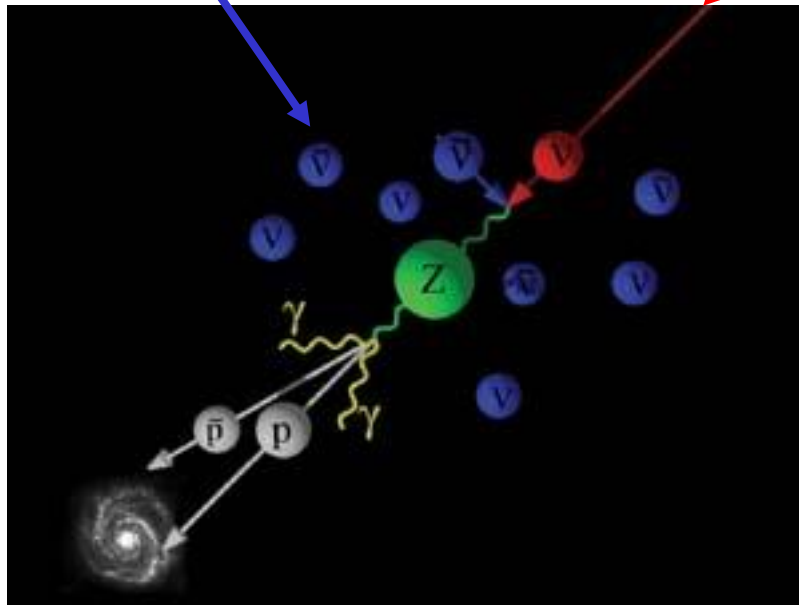
GZK-határ  
érvénybe lép

Valószínűleg fekete lyuk hajtja

# Z-robbanások

Az Univerzumot  
hideg antineutrínók  
töltik ki

Nagyenergiájú müon  
nagyenergiás neutrínóba  
bomlik



Fodor Zoltán



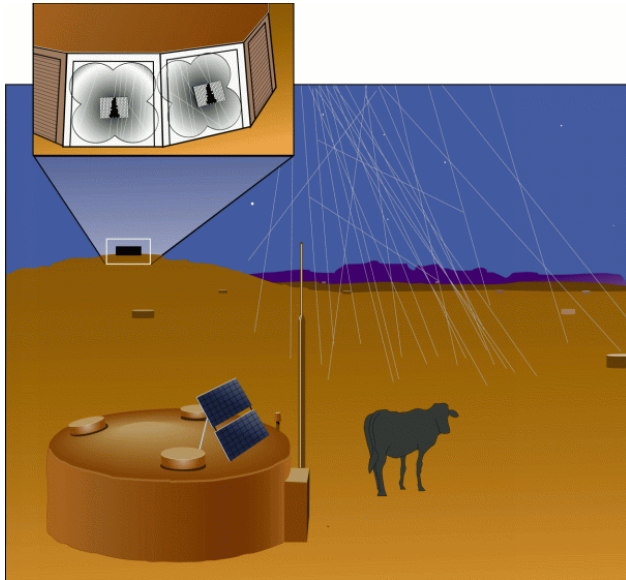
Katz Sándor

Elméleti Fizikai Tanszék

Fúzionálnak a foton nehéz testvérebe, Z  
Ez bomlik nagyenergiájú protonokba

+ A. Ringwald

# Csak a megfigyelés dönthet!

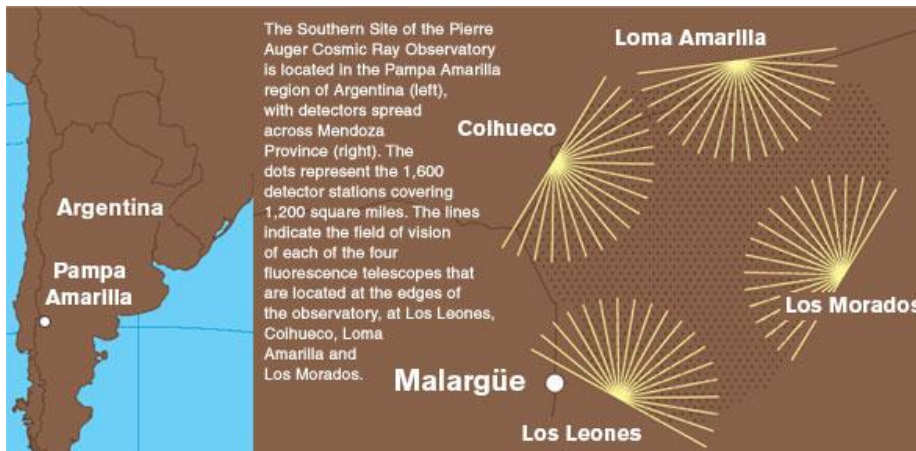


## Pierre Auger Obszervatórium

Argentina, Pampa Amarilla (2005)  
az Andok lábánál



**Párizsnál nagyobb területen**  
elhelyezett detektorok



# KOZMIKUS NEUTRÍNÓK

1930: W. Pauli feltételezi létét a  $\beta$ -bomlás



elektron-spektruma **folytonosságának** magyarázatára

1956: C. Cowan és F. Reines reakciót indukálnak hasadási reaktorból származó  $\nu$ -nyalábbal:



## 2.feladat

1960: Marx György és Menyhárd Nóra publikálja az első cikket

„A neutrínócsillagászat lehetőségeiről”

(Új kiadás: Gyorsuló idő,

válogatott tanulmányok, Typotex, 2005)

Marx György (1927-2002)

az Atomfizikai Tanszék második vezetője



# KOZMIKUS $\nu$ -FORRÁSOK

Marx és Menyhárd  
listája:

Nap 1964 R. Davis

Szupernóvák 1987 M. Koshiba

Kozmikus zápor  
bomlásterméke 2002  $\nu$ -oszcillációk

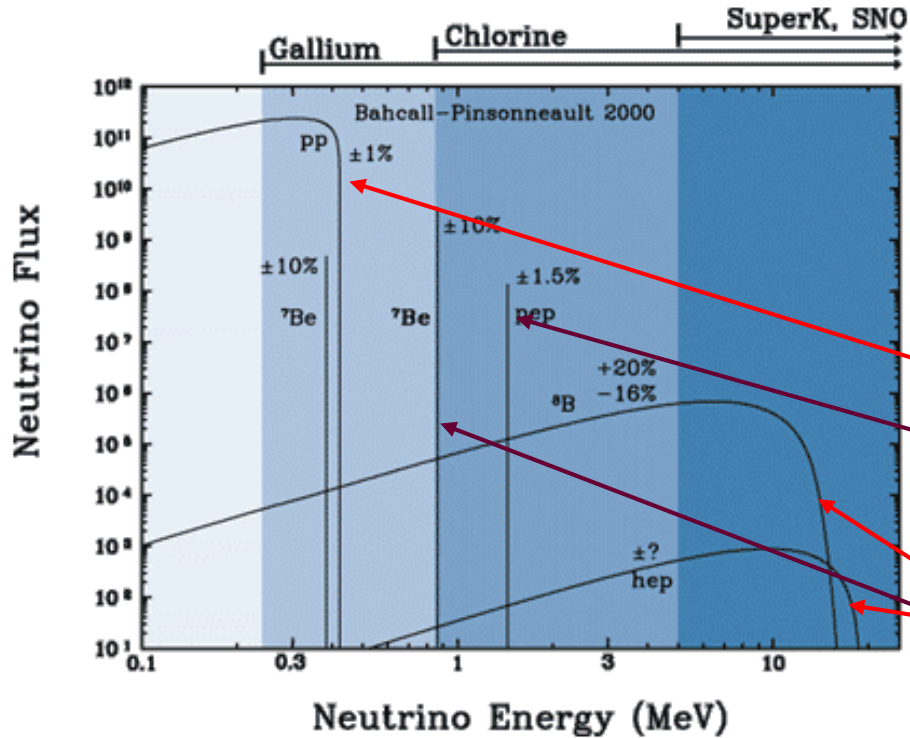
Kozmológiai háttér ? ? ? (l. Z-robbanások)

Föld 2005  $\nu$ -oszcillációk  
földi kimutatása  
során észlelt  
részecske  
többlet hozam



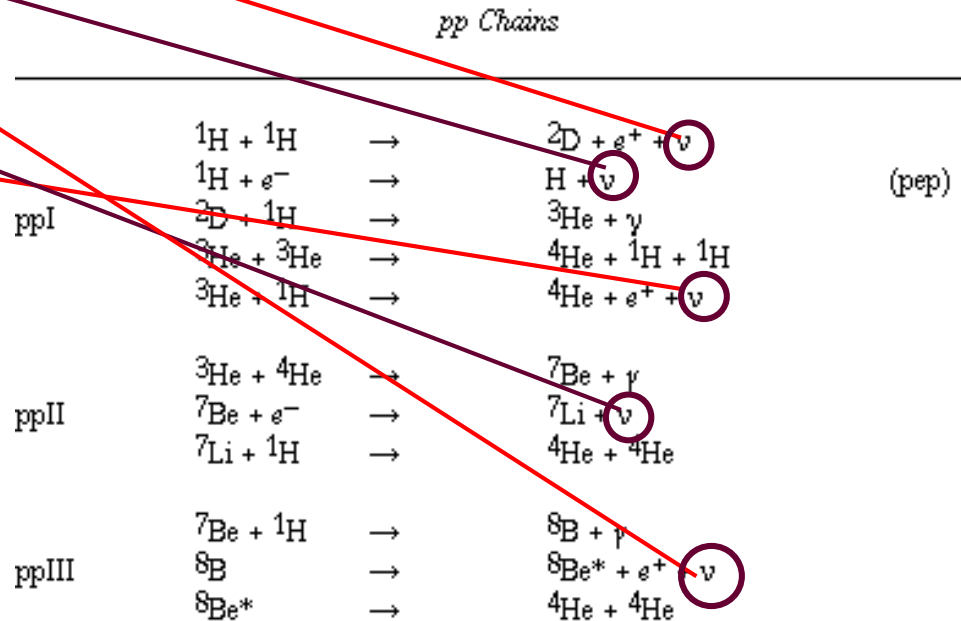
Menyhárd Nóra  
MTA SzFKI  
tud. tanácsadója

# A NAP NEUTRÍNÓI



A héliumot termelő  
fúziós reakciók (H. Bethe)

A Nap elektron-neutrínót  
termel  $\nu_e$



# Elemalkotó reakciók mérése a Földön

**Feladat:** Földi gyorsítóknban

a Nap hőmérsékletét és sűrűségét jellemző energiával előidézni a könnyű elemeket felépítő reakciókat és megmérni a **reakciósebességeiket**.



Atomfizikai Tanszéki  
kutatók egy  
észak-amerikai kísérleti  
munkacsoportban  
Nemzeti Szupravezető  
Ciklotron Laboratórium  
East Lansing, USA

Kiss Ádám  
az Atomfizikai Tanszék  
jelenlegi vezetője

# A NAP NEUTRÍNÓI



R. Davis



Homestake-bánya



SNO – Sudbury Neutrino Observatory



A várt  $\nu$ -áram  
cca. harmada

$\nu_e$  átváltozása  
 $\nu_\mu$  -be ??

$\text{D}_2\text{O}$  – 1000t nehézvíz  
érzékeny mindkét neutrínóra

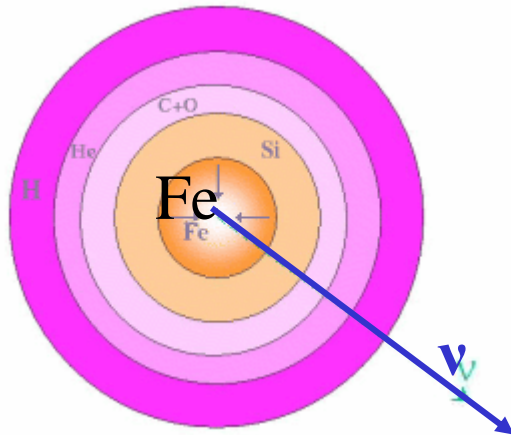
**2002: jó a Nap-modell**

**A NEUTRÍNÓNAK NEM NULLA A TÖMEGE**



# A SZUPERNÓVA-NEUTRÍNÓK

Nukleáris tüzelőanyagát elégetett  
vasmagos csillag  
neutroncsillaggá alakul

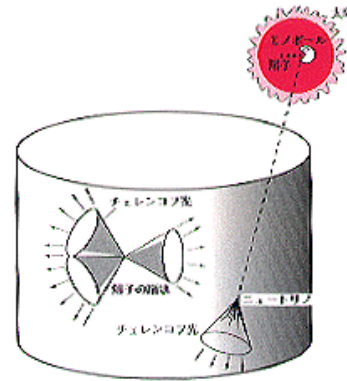
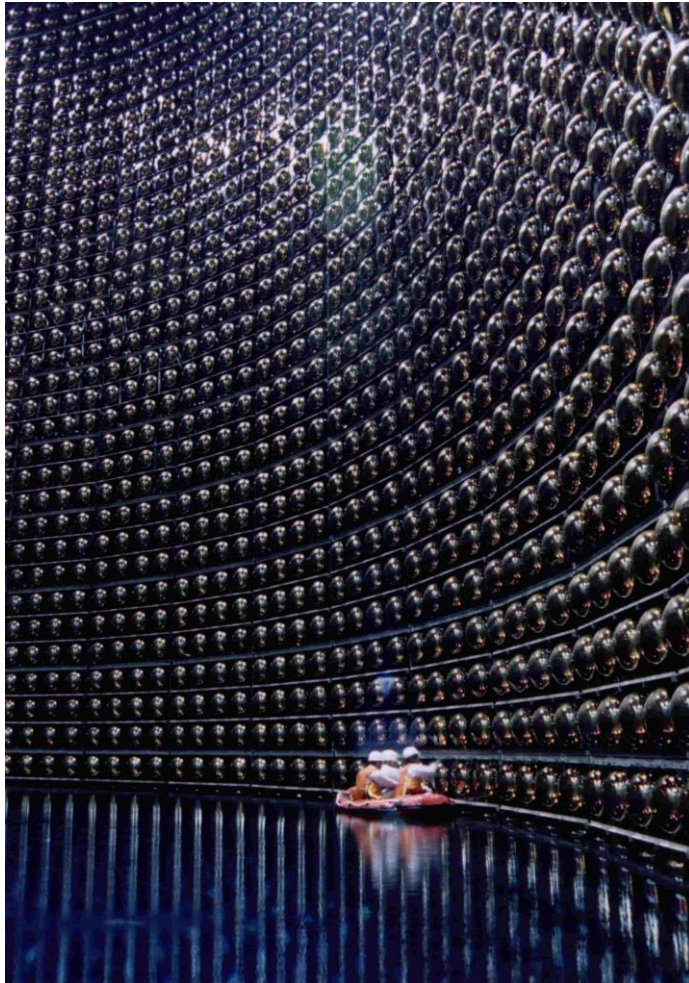


Neutrínók a Nagy Magellán felhő  
felől kb. 1 nappal megelőzték a fényt.

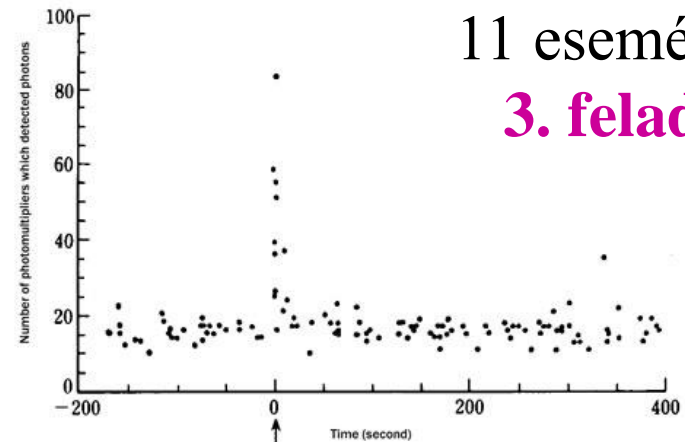
# A SZUPERNÓVA-NEUTRÍNÓK

## A neutrínócsillagászat születésnapja:

1987. február 23.



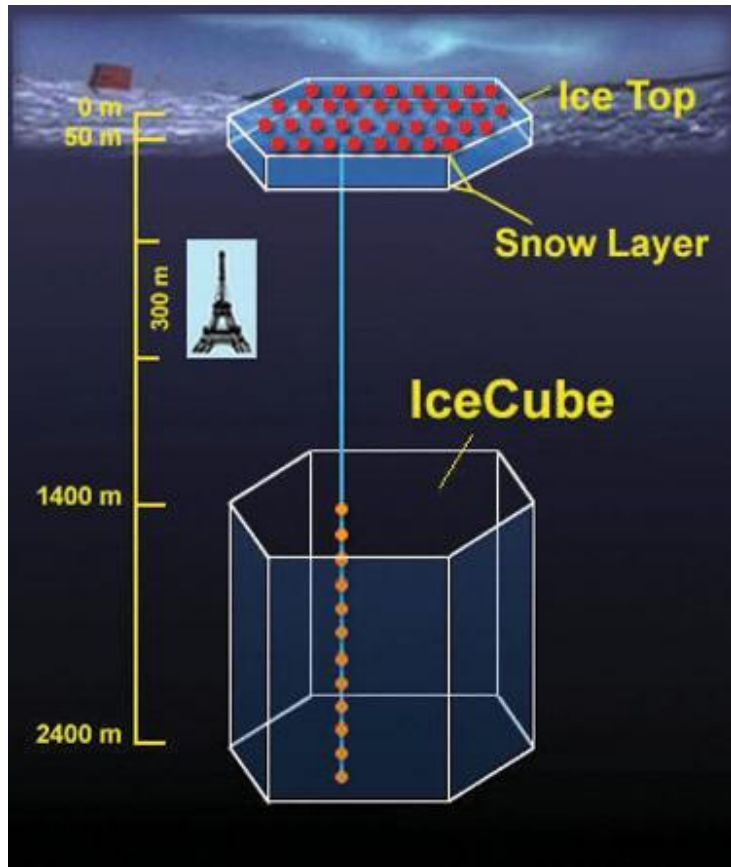
M. Koshiba



11 esemény  
**3. feladat**

At 16:35:35 ( $\pm 1$  minute) on February 23, 1987, Japan time

# Nagyenergiás neutrínókra várva



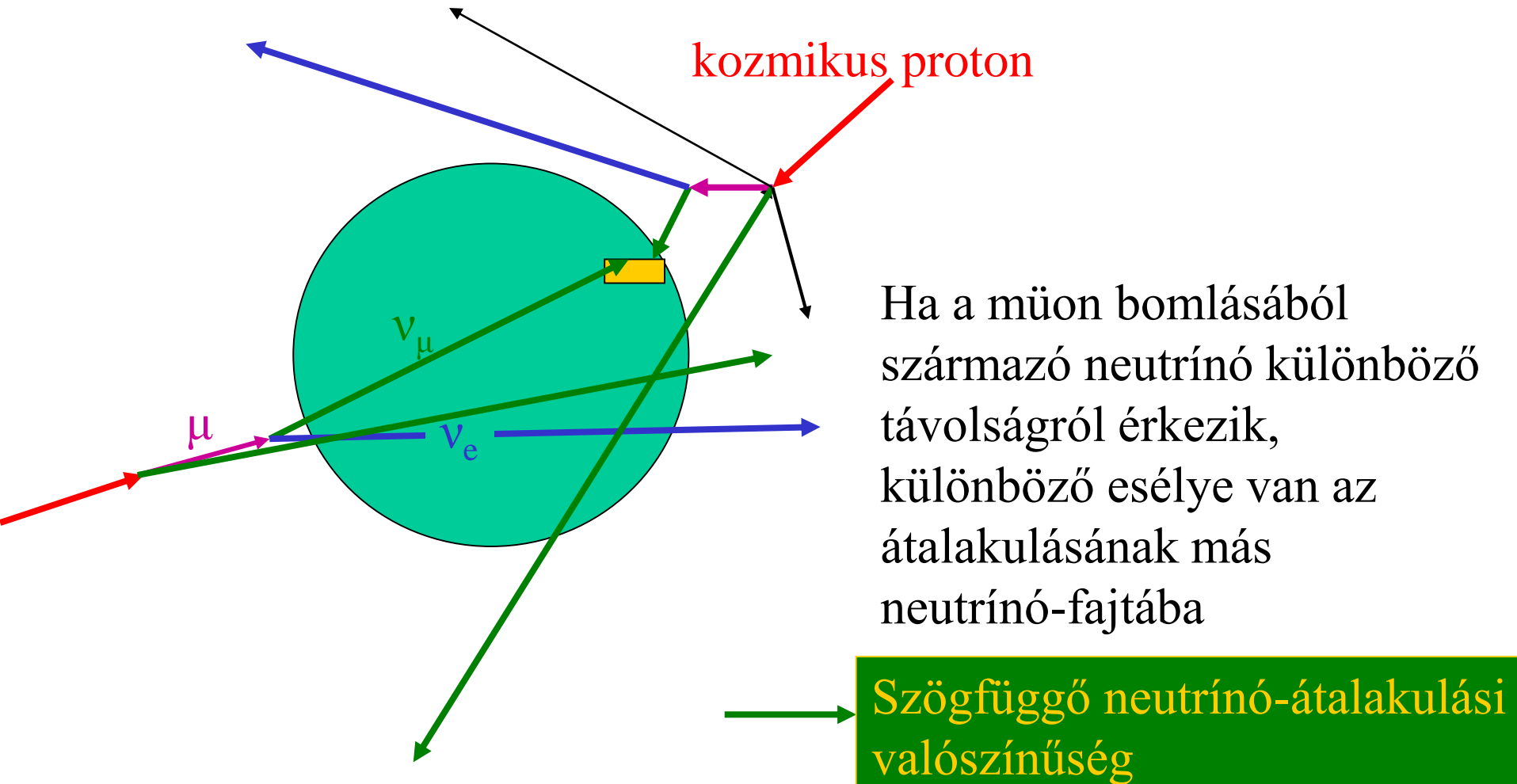
Detektor az Antarktiszon  
**4. feladat**



Mészáros Péter  
Pennsylvania State University  
tanszékvezetője,  
az ELTE vendégprofesszora

# ATMOSZFÉRIKUS NEUTRÍNÓK

Átlagosan kétszer annyi müon-neutrínó keletkezik, mint elektron-neutrínó

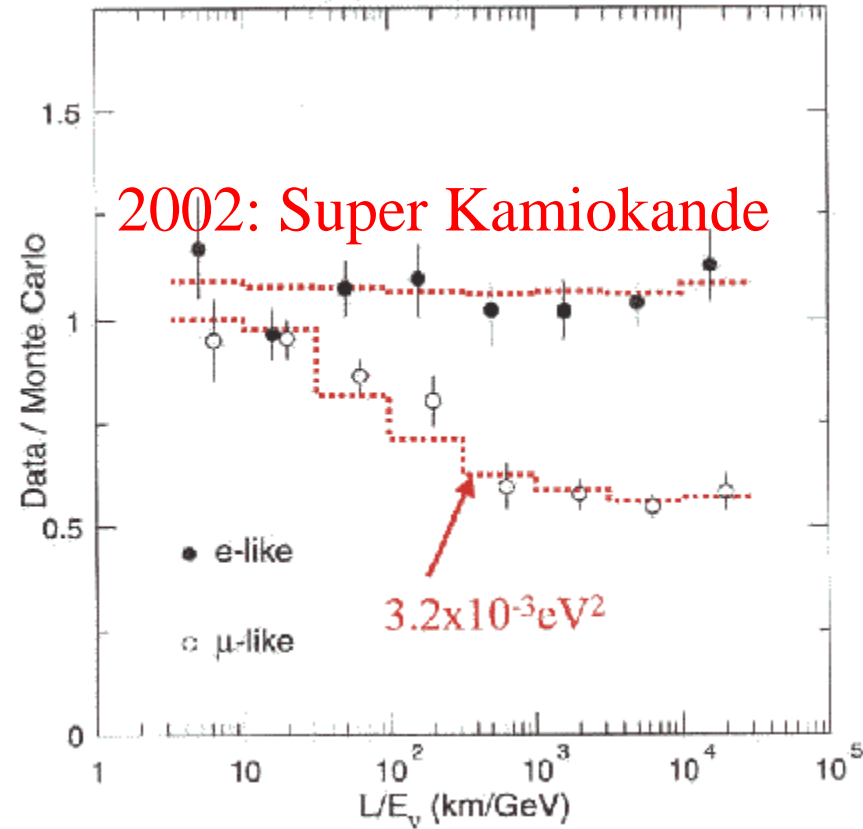


# ATMOSZFÉRIKUS NEUTRÍNÓK

## NEUTRÍNÓ OSZCILLÁCIÓ



1957:  
Bruno  
Pontecorvo



A neutrínóknak van tömegük!!

Kozmikus mikrohullámú háttér méréséből

$$m(\text{neutrínó}) < m(\text{elektron}) / 10^6$$

Magyarázat:

$$\nu_\mu \longrightarrow \nu_\tau$$

# Kozmológiai neutrínók



A forró táguló Univerzumban a hőmérséklet határozza meg a gyenge kölcsönhatási reakciók sebességét

A tágulás ritkítja az anyagot, a reakciókra vezető ütközések egyre ritkábbak lesznek.

A neutrínók szabad úthossza eléri a horizont nagyságát, kozmológiai méretekben megszűnik kölcsönhatása az anyaggal

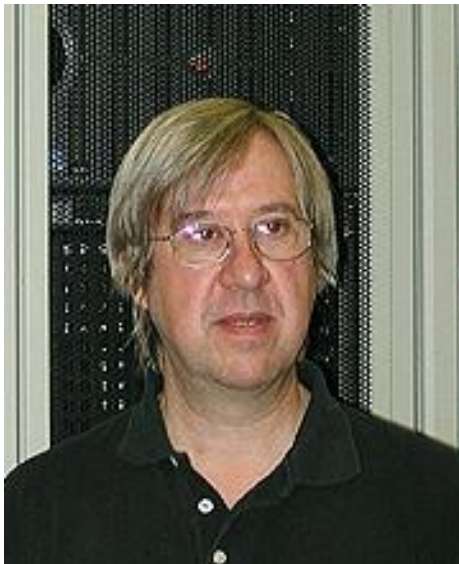
**T=1,96 K kb. 110 neutrínó/cm<sup>3</sup>/fajta**

**Ideális (kölcsönhatásmentes) kozmikus háttér-gáz**

# Kozmológiai neutrínók

Tömeg és energia ekvivalenciája ( $E=mc^2$ ) alapján

A neutrínók hozzájárulnak az Univerzum teljes energiasűrűségéhez



Szalay Sándor  
a Johns Hopkins Egyetem  
és az ELTE professzora

Marx György és Szalay Sándor 1972-76

Ha a teljes **sötét** energiasűrűséget a neutrínók dominálják, akkor  $m_\nu c^2 \sim 2-3$  elektronvolt:

Ha  $m_\nu c^2 < 0.1$  eV, akkor a neutrínók az Univerzum energiasűrűségének legfeljebb  $10^{-4}$  részét hordozhatják



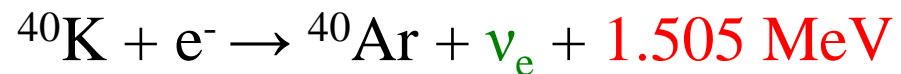
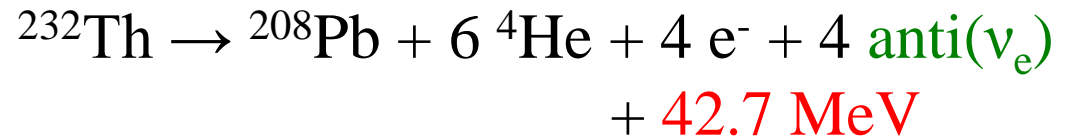
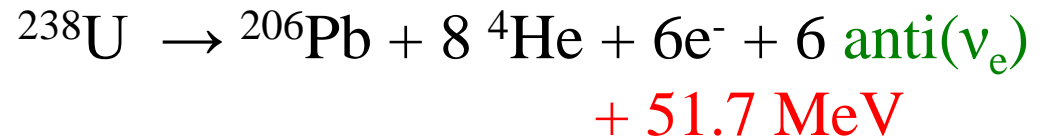
**... és a Panta Rhei rock-együttes gitárosa (1973)**



# A Föld neutrínói

A neutrínó-geofizika születésének éve: 2005

legfontosabb 25 fizikai  
felfedezésének egyike:  
KAMLAND-KÍSÉRLET



A Föld hőtermelésének meghatározó része

**Ez az oldal másolat!!**

Original idea is quite old

*Dear Fred,*

*...your background neutrinos may just be coming from high energy  $\beta$ -decaying members of U and Th families in the crust of the Earth.*

**George Gamov to Fred Reines 1953**

G. Marx, N. Menyard *Mitteilungen der Sternwarte, Budapest*, 48 (1960)  
The **first estimation of the geoneutrino flux** from U, Th, and K was made.

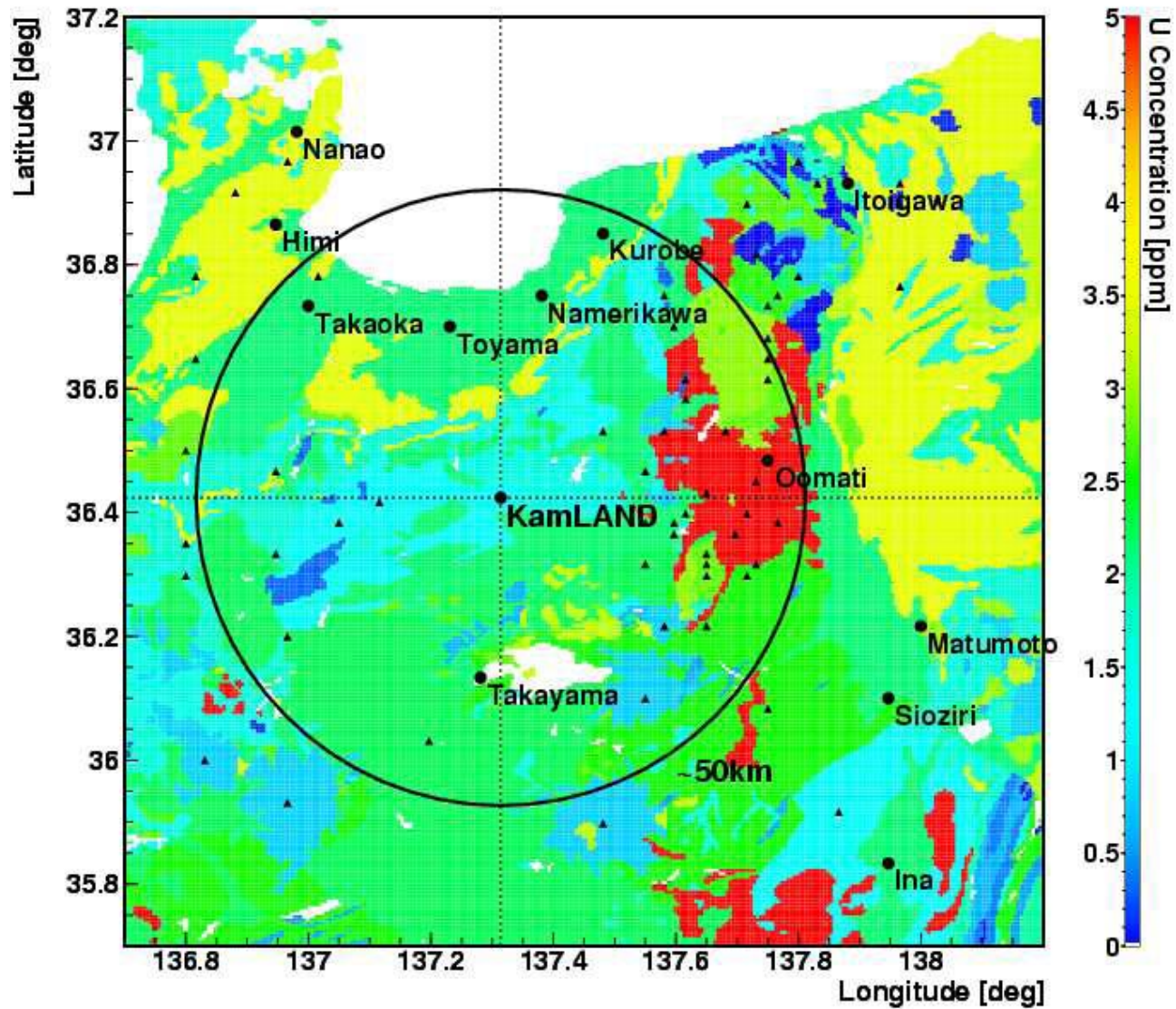
**M.A. Markov, NEUTRINO, 1964, Nauka**

Suggested to use inverse  $\beta$ -decay reaction to detect geoneutrinos.

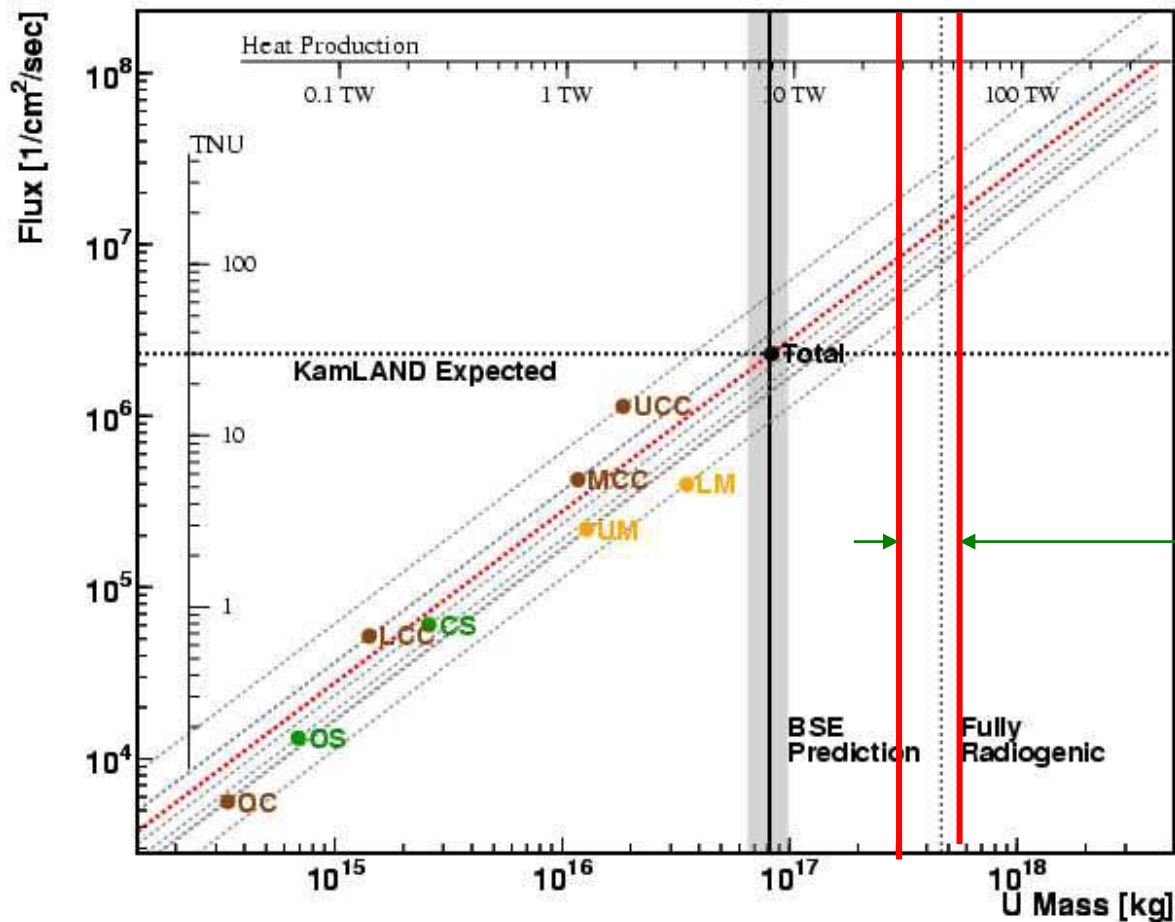
Pointed out importance of geoneutrinos as a source of information about inner Earth layers composition.

**Gernot Eder Nucl Phys 78 (1966) Terrestrial neutrinos**

*The chemical composition of the interior of the earth is still quite unsure. Therefore it would be advancement if one could measure the abundance of selected chemical elements by their neutrino emission.*



A Kamland-kísérlet régiója urán-előfordulási térképe



A Föld teljes  
hőteljesítménye

A különböző talajösszetevők  
(kontinentális talapzat, óceáni lerakódás, felső köpeny)  
U-tartalmából várt és a teljes neutrínó-áram

# Összefoglalás

Mykonos, Photographie of 1944, 0 193  
Abschrift/15.12.56 77

Offener Brief an die Gruppe der Radioaktiven bei der  
Gauvereins-Tagung zu Tübingen.

Abschrift

Physikalisches Institut  
der Eidg. Technischen Hochschule  
Zürich

Zürich, 4. Dez. 1930  
Gloriastrasse

Liebe Radioaktive Damen und Herren,

Wie der Ueberbringer dieser Zeilen, den ich herzlichst  
anzuhören bitte, Ihnen das Näherem auseinandersetzen wird, bin ich  
angesichts der "falschen" Statistik der  $\beta$ - und  $\beta$ - $\gamma$  Kerne, sowie  
des kontinuierlichen  $\beta$ -Spektrums auf einen verweifelten Ausweg  
verfallen um den "Wechselgesetz" (1) der Statistik und den Energiesatz  
zu retten. Nämlich die Möglichkeit, es könnten elektrisch neutrale  
Teilchen, die ich Neutronen nennen will, in den Kernen existieren,  
welche den Spin  $1/2$  haben und das Ausschliessungsprinzip befolgen und  
sich von Lichtquanten ausserdem noch dadurch unterscheiden, dass sie  
nicht mit Lichtgeschwindigkeit laufen. Die Masse der Neutronen  
wäre von derselben Grössenordnung wie die Elektronenmasse sein und  
jedenfalls nicht grösser als  $0,01$  Protonenmasse. Das kontinuierliche  
 $\beta$ -Spektrum wäre dann verständlich unter der Annahme, dass beim  
 $\beta$ -Zerfall mit dem Elektron jeweils noch ein Neutron emittiert  
würde, derart, dass die Summe der Energien von Neutron und Elektron  
konstant ist.

- Az elemi részek fizikájában egyedülálló jelentőségű a kozmikus léptékű jelenségek tanulmányozása
- A Világegyetem egésze, a csillagfejlődés és a Föld megismerése szempontjából nagyjelentőségű az elemi részek fizikájának fejlődése

- Az ELTE Fizikai Intézete az elmúlt 60 évben folyamatosan e kutatások élvonalában dolgozik

