

NEUTRÍNÓ DETEKTOROK

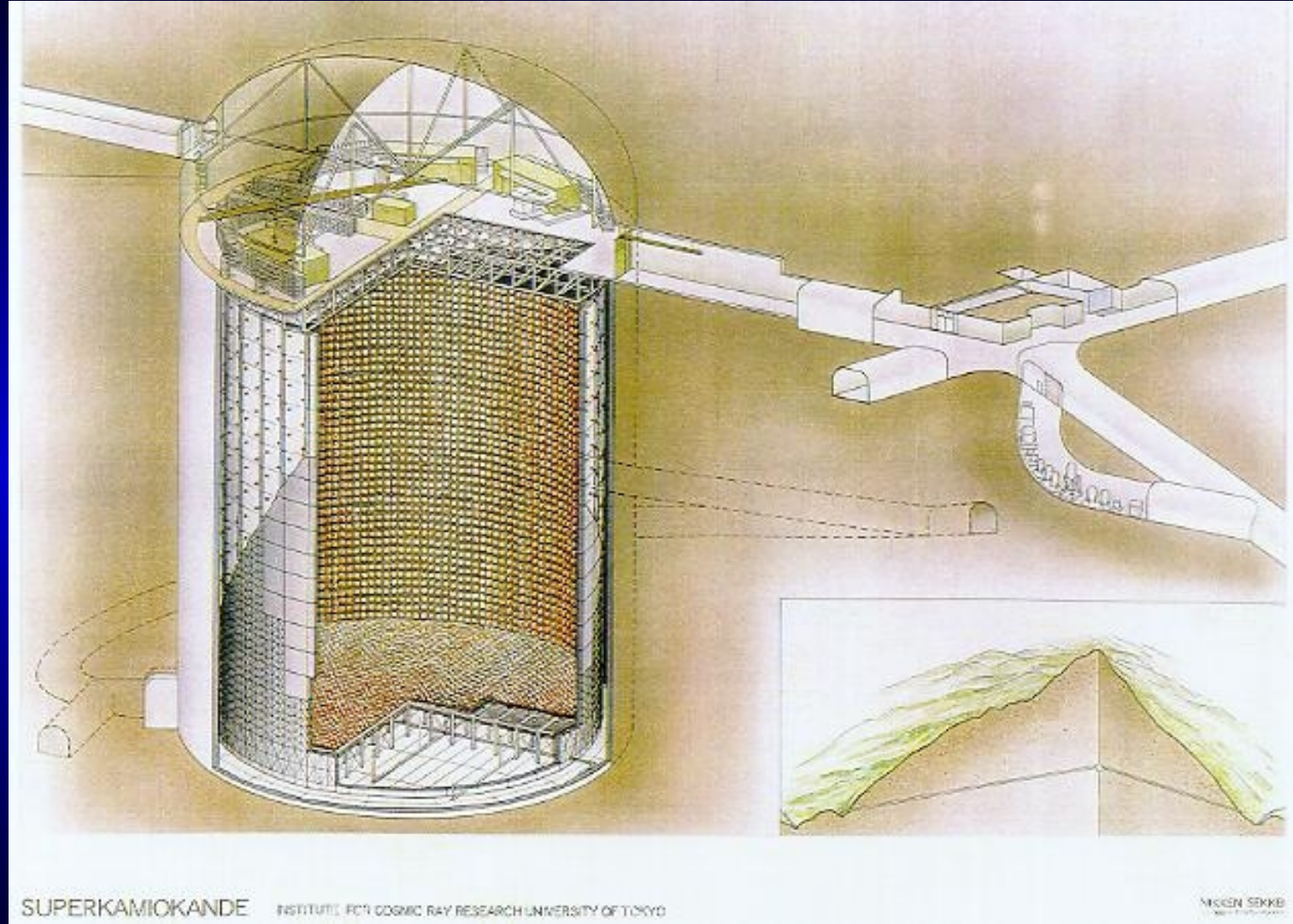
A SZUPER -KAMIOKANDE példája

Kamiokande = Kamioka bánya
Nucleon Decay Experiment =
nukleon bomlás kísérlet

TÉMAKÖRÖK

A Szuper-Kamiokande mérőberendezés
A Nap-neutrínó rejtély
Legújabb eredmények

Detektor a Kamioka bányában



A Szuper-K jellemzői

**Nagyméretű, víz alapú Cserenkov
detektor, kozmikus sugárzás észlelésére**

Méretei: Henger alak,

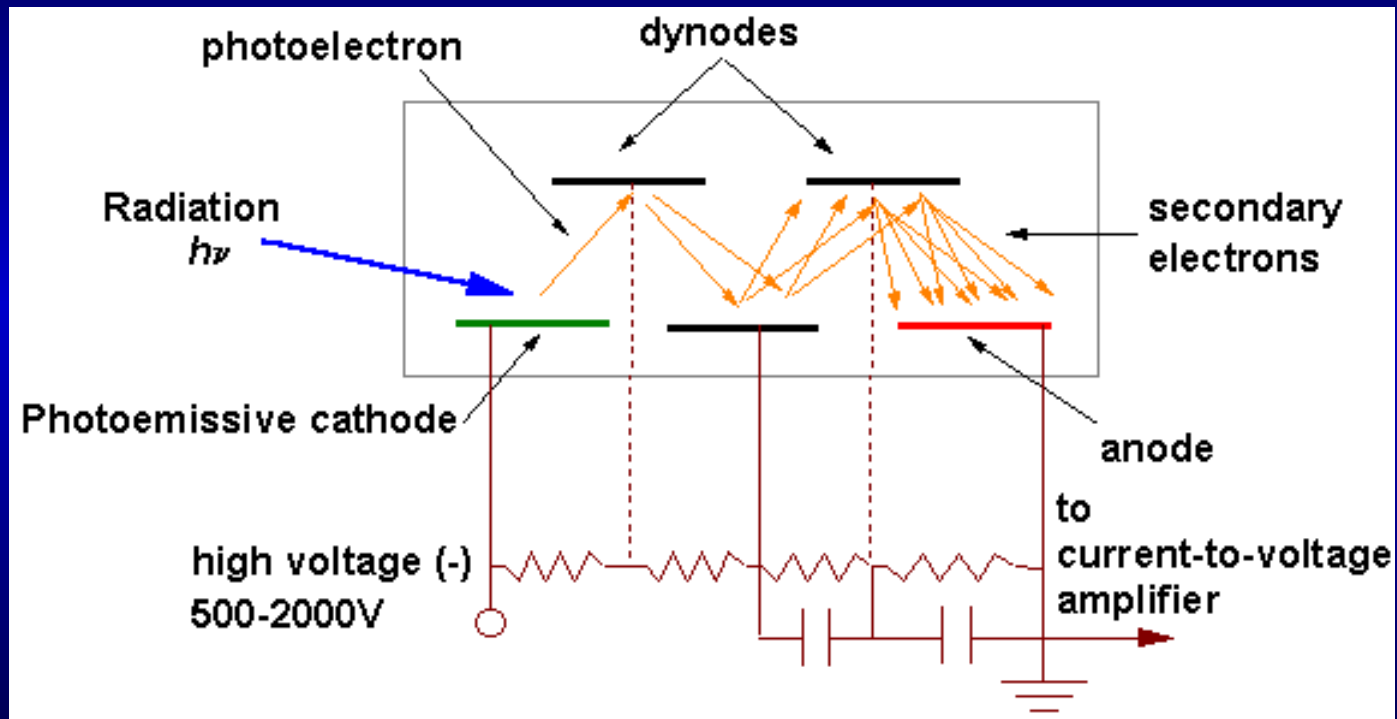
41,4m (magasság) x 39,9m (átmérő)

Tömege: 50,000 tonna tiszta víz

PMT-k száma: 11,200

PMT = PhotoMultiplierTube

PMT-k felépítése

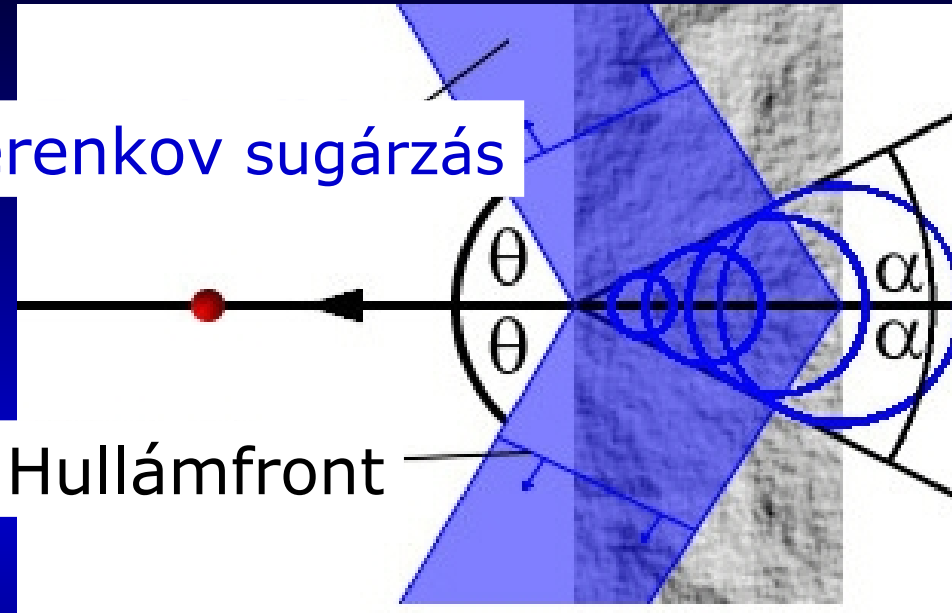


Hogyan működik a Szuper-K?

A PMT-k összegyűjtik a vízben keletkező, alacsony intenzitású, kék színű Cserenkov sugárzást, melyet a vízbeli fénysebességnél gyorsabban mozgó részecskék keltenek.

A Cserenkov-sugárzás elve

Cserenkov sugárzás



$$\sin \alpha = \frac{c}{v} = \frac{c_0}{n} \frac{1}{v}$$

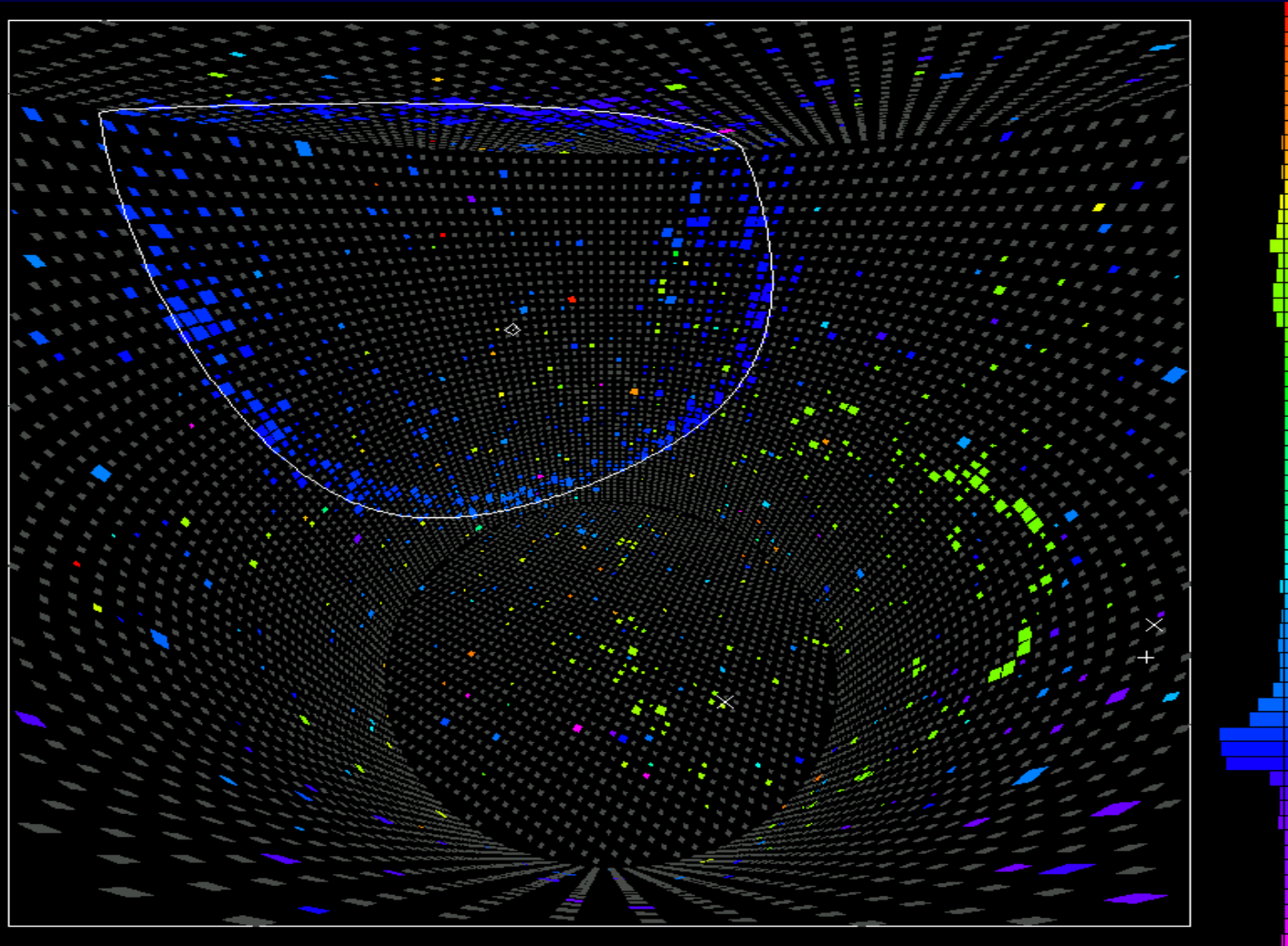
c = közegbeli fénysebesség
 v = részecske sebessége
 c_0 = vákumbeli fénysebesség
 n = törésmutató

Hasonlat : motorcsónak hullámfront a Tiszán



<http://webphysics.davidson.edu/applets/applets.html>

A Cserenkov-sugárzás mérése



A Cserenkov sugárzás elemzése

Az előző oldali kép egy 1063 MeV energiájú (műon)neutrínó nyoma, mely egy nyugvó protonba ütközik. A reakcióban egy 1032 MeV energiájú műon keletkezik. A kék szín a műon Cserenkov sugárzását, a zöld szín pedig a műon bomlásából származó elektron Cserenkov sugárzását mutatja.

A S-K előnyei

A neutrínó forrás iránya meghatározható

A neutrínó detektálás ideje is pontosan mérhető

Az elektron energiája gyors becslést nyújt a detektált neutrínó energiájára

A neutrínó detektálás ideje

**Lehetővé teszi a fluxus
időbeli változásainak mérését**

Éjjelek és nappalok

- **Föld a Nap előtt vagy mögött**

Évszakok

- **Nap-Föld távolság változása**

(OPERA/CERN – tachionok??)

A neutrínó iránya

- **PI igazolható kísérletileg is, hogy a neutrínók a Napból származnak.**

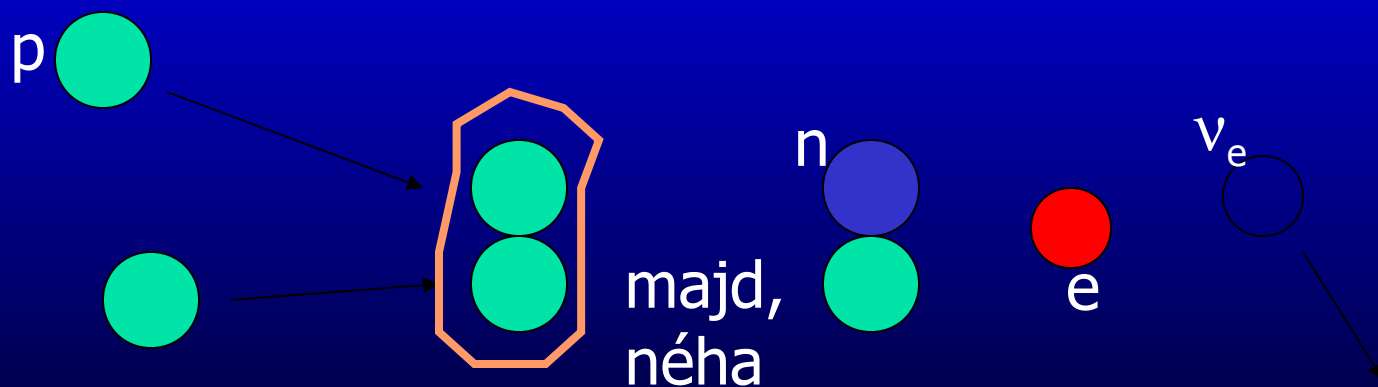
A neutrínó energiájának becslése

Lehetőség arra, hogy a Napban folyó különböző magfúziós folyamatokból származó neutrínókat megkülönböztessük.

Milyen reakciókban, hogyan is keletkeznek neutrínók a Napban?

Magfúzió a Napban

- A hidrogénből fúzióval hélium keletkezik
Az első lépés két proton összekapcsolódása
de a diproton nem stabil!



Magfúzió a Napban, 2

The cross-section for this process is very small at average proton energies in the core of the sun, however there is a huge number of protons available to react.

Deuterons so produced **fuse with protons**:



Magfúzió a Napban, 3

- In our sun ${}^3\text{He}$ is most likely to react with another ${}^3\text{He}$ nucleus.



- The complete process is given by:



- This process is known as the proton-proton cycle or the '**PPI chain**'.

Magfúzió a Napban, 4

- **PPII** : ${}^3_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + \gamma$
 ${}^7_4\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \nu_e$
 ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}$
- **PPIII**: ${}^3_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + \gamma$
 ${}^7_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + e^+ + \nu_e$
 ${}^8_4\text{Be} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}$

Neutrínók a Napból

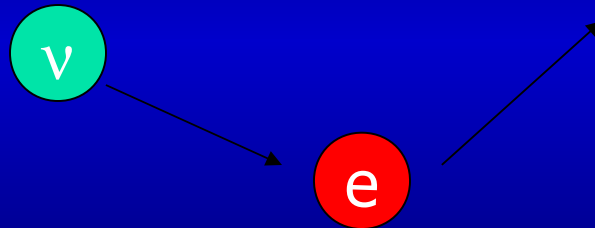
- **Neutrinos are 'ghost' -particles which merely interact, they are the only known type of particle that can escape from the sun's core bringing direct information about the solar interior**

Neutrínók a Napból, 2.

- **Neutrinos are difficult to detect and measure**
- **Neutrinos produced in different branches carry away different amounts of energy and momentum – detector design has to take account**

Nap-neutrínók az SK-ban

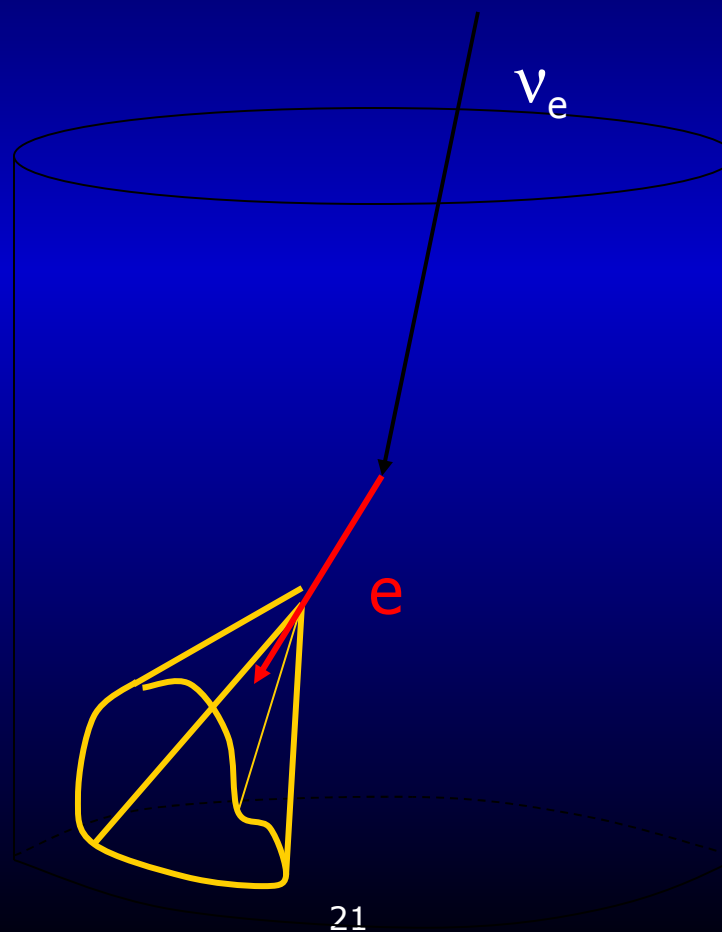
- **Super Kamiokande uses elastic scattering of neutrinos from electrons**



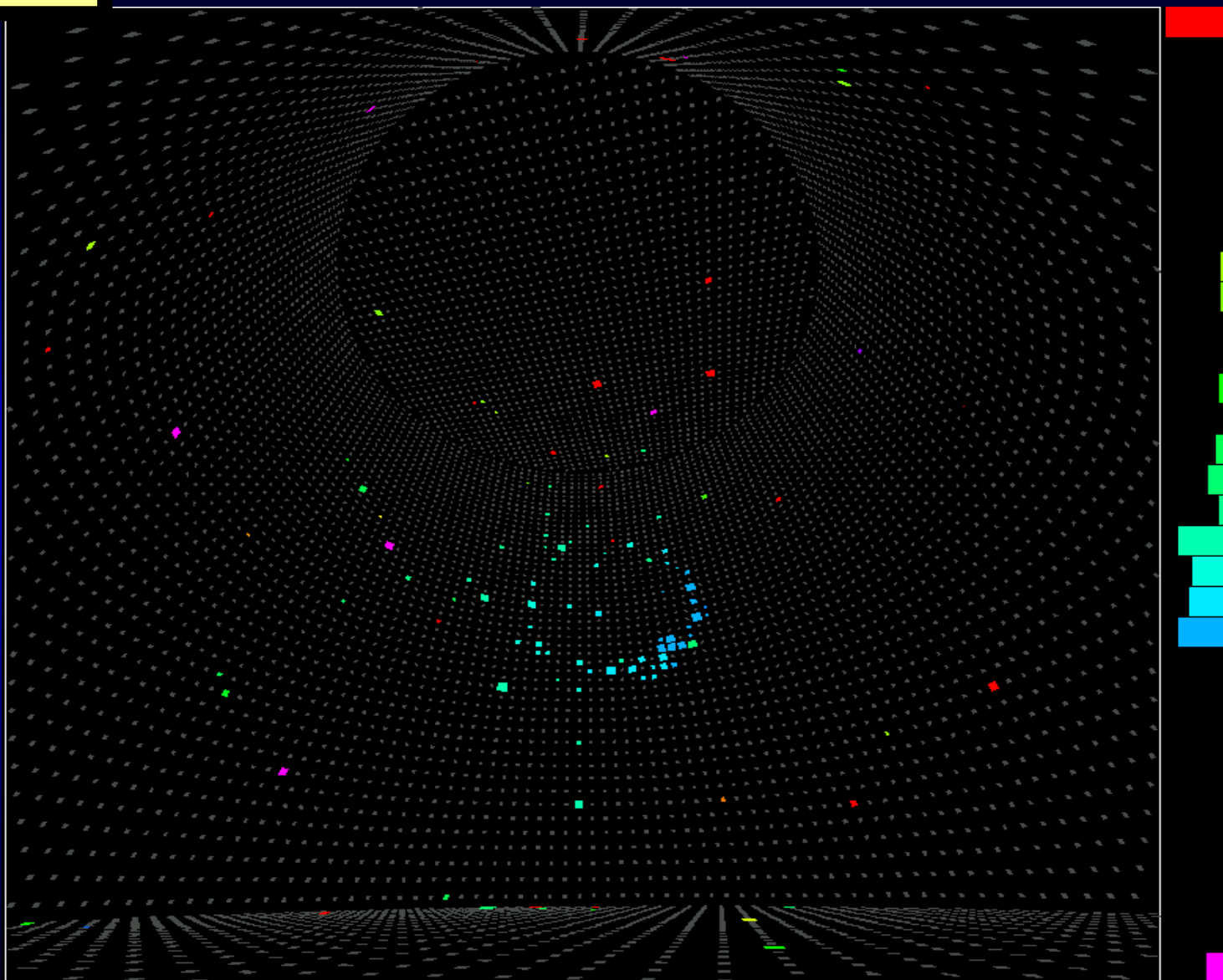
- **Cherenkov radiation emitted by the electron is detected**

Áttekintés

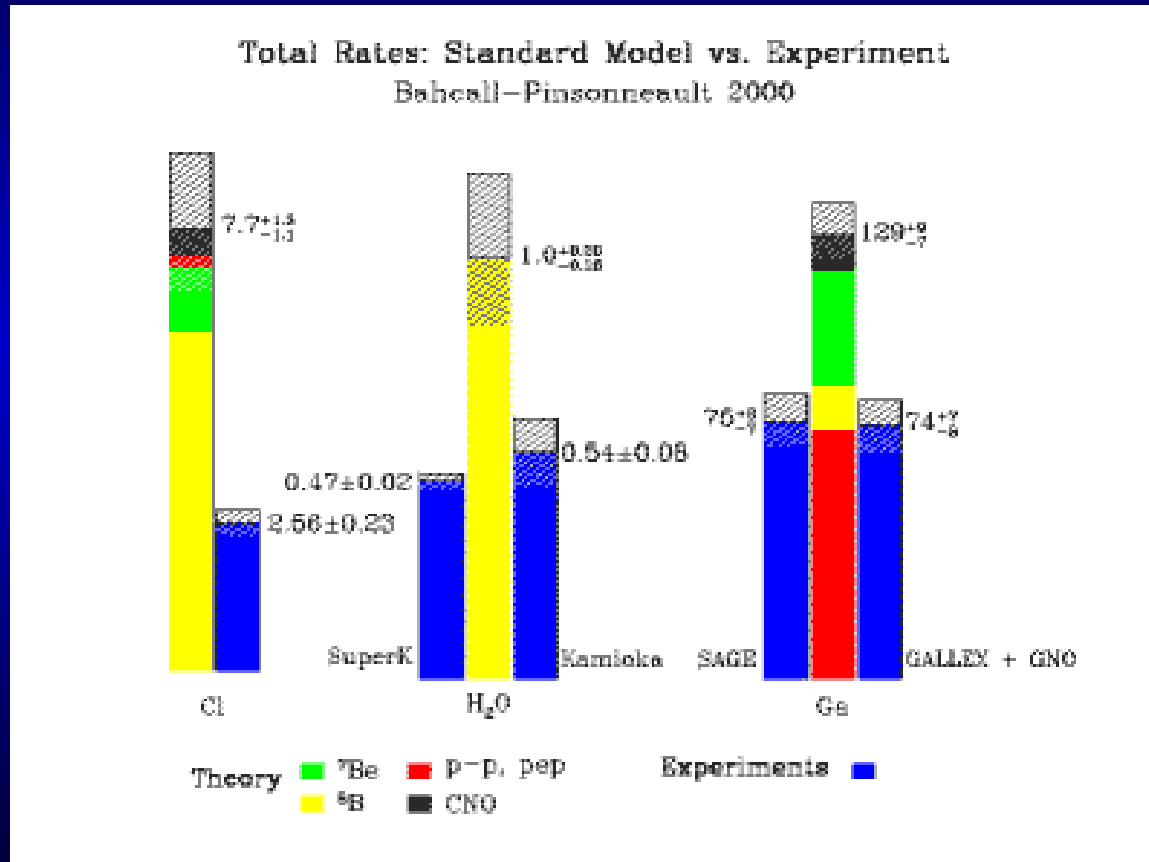
Nap



Nap-neutrínók, SK



Standard Napmodell és a mérések



A Nap-neutrínók rejtélye

- All five blue bars, according to various experiments, show **significantly less** values than the model predictions: the discrepancy is approximately **a factor of two**

Az S-K további eredményei

- **S-K observes a significant difference between the numbers of neutrinos coming up through the ground as went down on the other side**
- **A possible explanation is neutrino conversion takes place in matter – called Mikheyev-Smirnov-Wolfenstein effect**

Az S-K további eredményei, 2

- **Super-K has found evidence of the transformation of muon type neutrinos to something else, probabely tau type neutrinos (neutrino oscillations).**
- **This is taken as strong evidence that neutrinos have a small, but finite mass.**

Következmények

- **Neutrino oscillations is today the most promising of the proposed solutions to the solar neutrino problem**

Összefoglalás

- **Solar neutrino research was undertaken to test stellar evolution**
- **Unexpectedly one found evidence for new neutrino physics**
- **More experiments are needed to understand neutrino oscillation phenomena**