



PEI WENNA

DOKTORANDUSZ, UNIVERSITY COLLEGE LONDON



NEUTRÍNÓK FIZIKÁJA

2024. május 15.

CERN70



Humán Tudományok Kutatóháza




















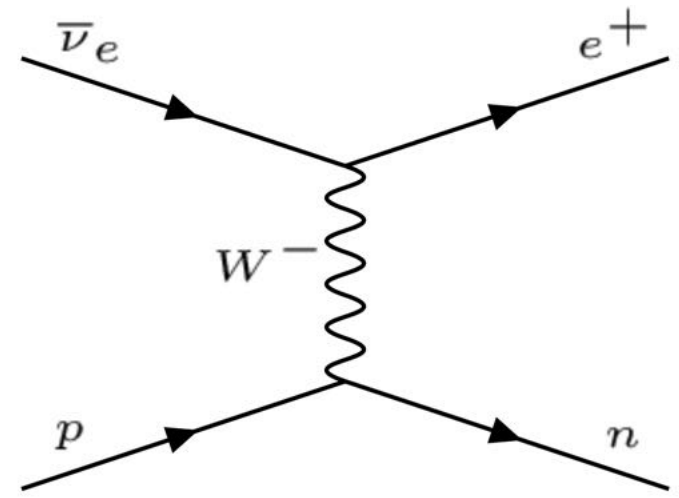
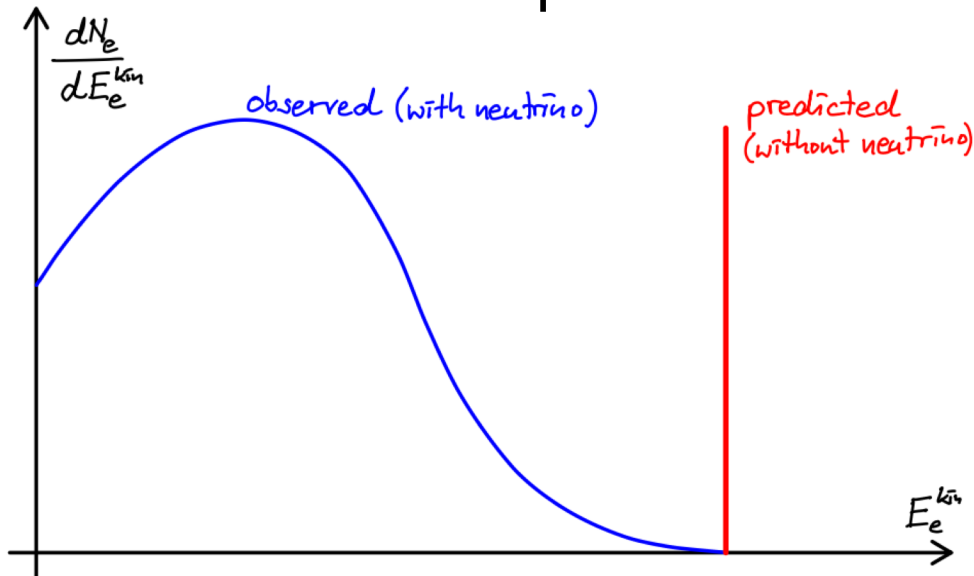
Neutrínók

- Az egyik legrejtélyesebb részecske az SM-ben
- Még alig ismerjük
- A pontos megismerése elkerülhetetlenül az SM-en túlra vezet.
- Sok elmélet, de végérvényben a kísérletek fognak dönteni
- A kísérleti neutrínófizikában a CERN fontos szerepet játszott és fog is a jövőben

Neutrínók: mik azok?

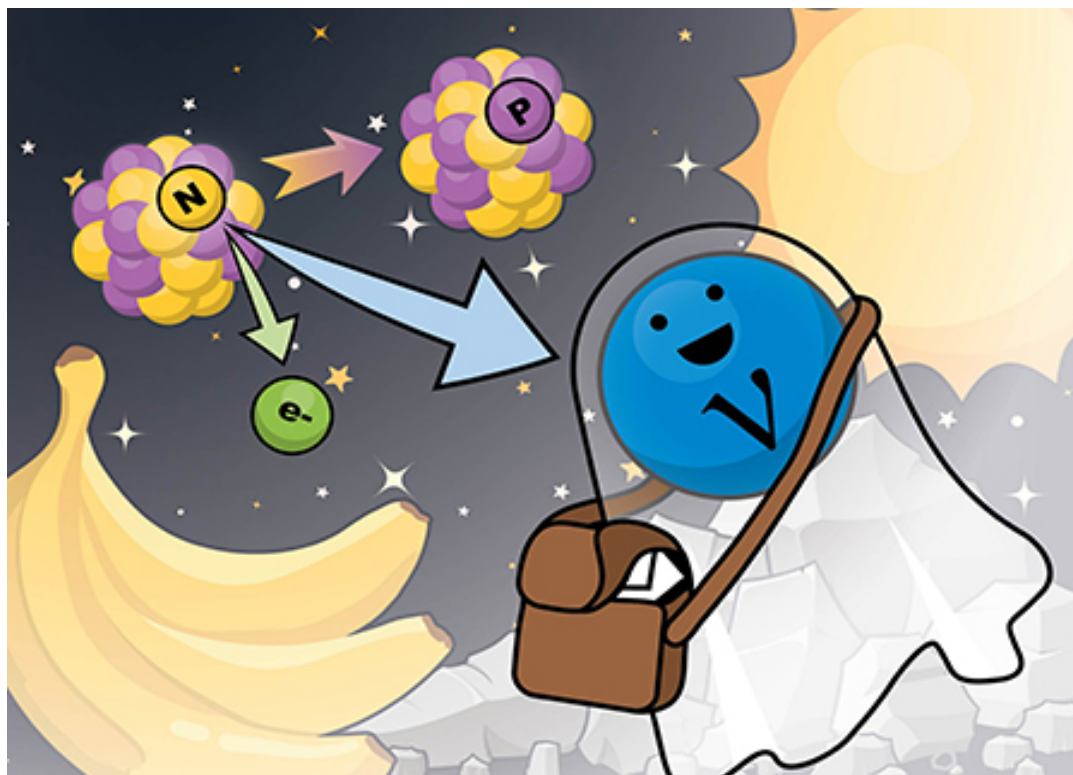
- Az SM-ben szereplő **elemi részecskék**
- Először **Pauli**  **feltételezte** 1930-ban
- **Reines**  **és Cowan fedezte fel** 1956-ban
- Tulajdonságai: **elektromosan semleges, gyenge kölcsönhatású** leptonok.
- **3** fajtája lehet (**íz**): elektron, müon és tau – minden töltött leptonhoz tartozik egy.

	mass $\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$  u up	mass $\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$  c charm	mass $\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$  t top	mass 0 charge 0 spin 1  g gluon	mass $\approx 125.11 \text{ GeV}/c^2$ charge 0 spin 0  H higgs	
QUARKS	mass $\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$ charge $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$  d down	mass $\approx 96 \text{ MeV}/c^2$ charge $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$  s strange	mass $\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ charge $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$  b bottom	mass 0 charge 0 spin 1  γ photon	SCALAR BOSONS	
	mass $\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ charge -1 spin $\frac{1}{2}$  e electron	mass $\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ charge -1 spin $\frac{1}{2}$  μ muon	mass $\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ charge -1 spin $\frac{1}{2}$  τ tau	mass $\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ charge 0 spin 1  Z Z boson		GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS
	mass $< 1.0 \text{ eV}/c^2$ charge 0 spin $\frac{1}{2}$  ν_e electron neutrino	mass $< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ charge 0 spin $\frac{1}{2}$  ν_μ muon neutrino	mass $< 18.2 \text{ MeV}/c^2$ charge 0 spin $\frac{1}{2}$  ν_τ tau neutrino	mass $\approx 80.360 \text{ GeV}/c^2$ charge ± 1 spin 1  W W boson		



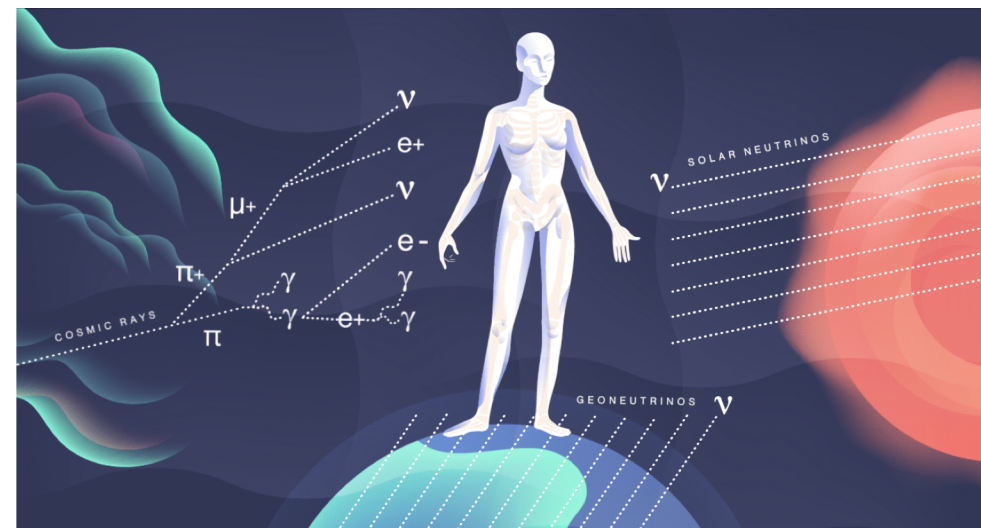
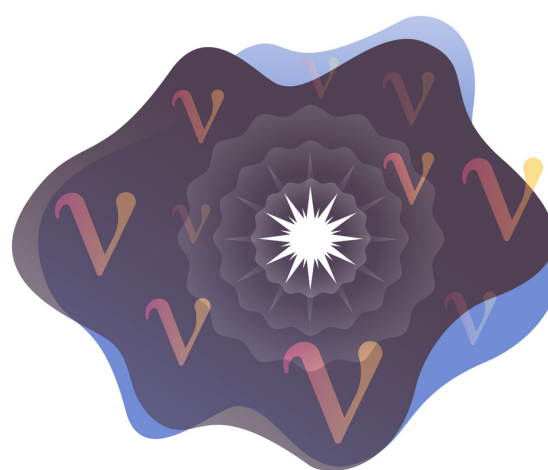
Neutrínók: mik azok?

- **Természetes** és **mesterséges** úton is létrejöhetnek
- **Megfoghatatlan** részecskék: az említett tulajdonságok miatt kísérletekben nehezen megfigyelhetők
- Akkor miért foglalkozunk a mérésükkel, ha az nehézkes?







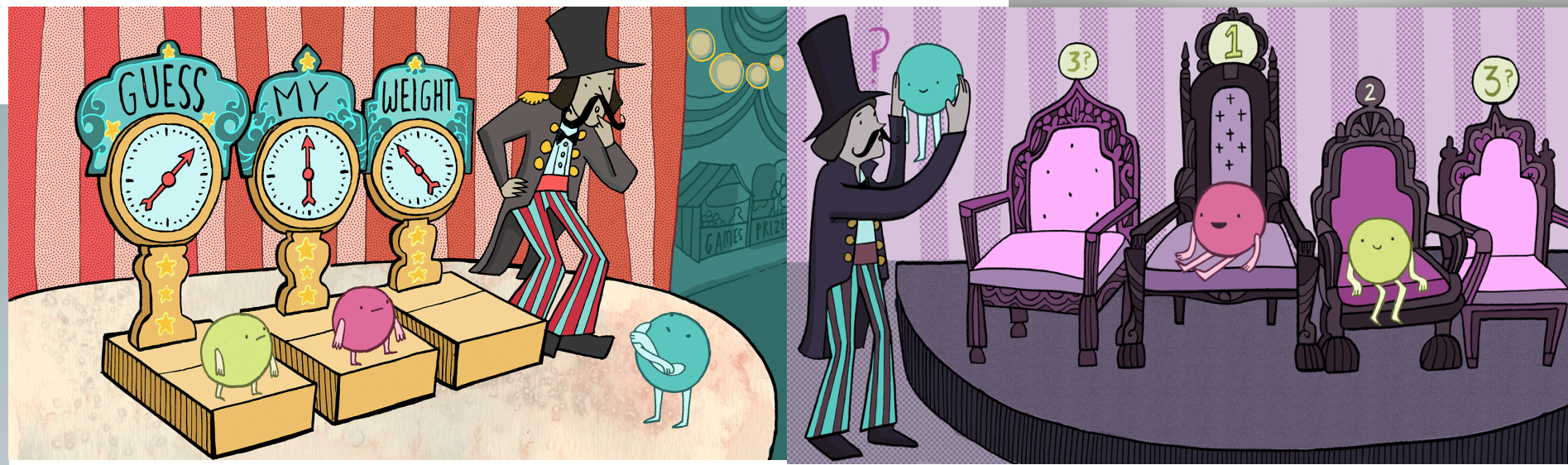
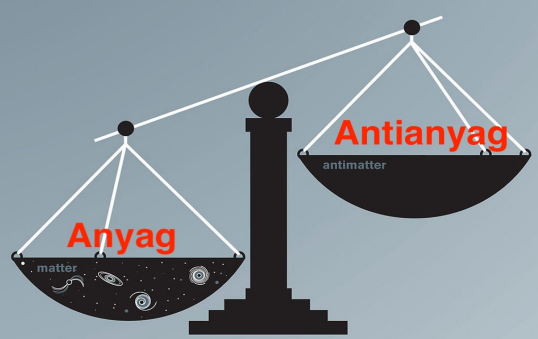
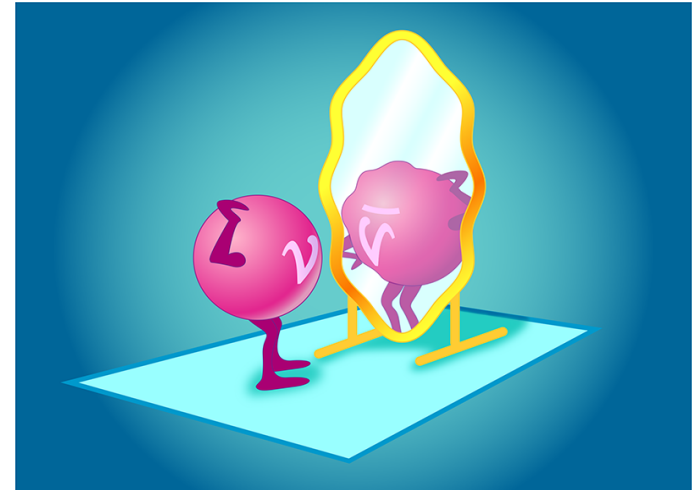
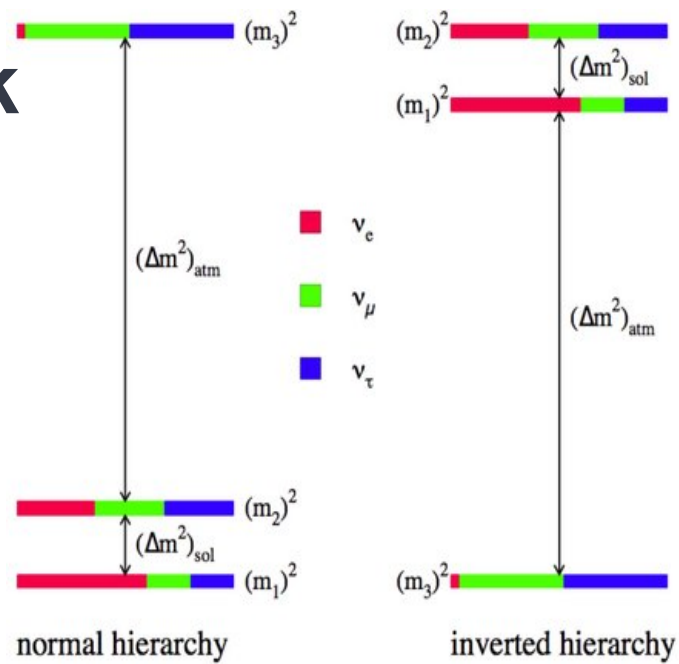
Neutrínók: miért fontosak?

- **Hatalmas mennyiség**ben vannak jelen
- Szerepet játszanak a világegyetem számos **alapvető folyamat**ában (csillagokat működtető magfúzió; radioaktív folyamatok a Föld belsejében; szupernóva-folyamatok; asztrofizikai hírvivőként használhatók, stb.).
- Kaput nyithatnak az **új fizika** felé (az ízrengés jelenségéből tudjuk, hogy a neutrínóknak van tömegük, az SM előrejelzése ellenére).



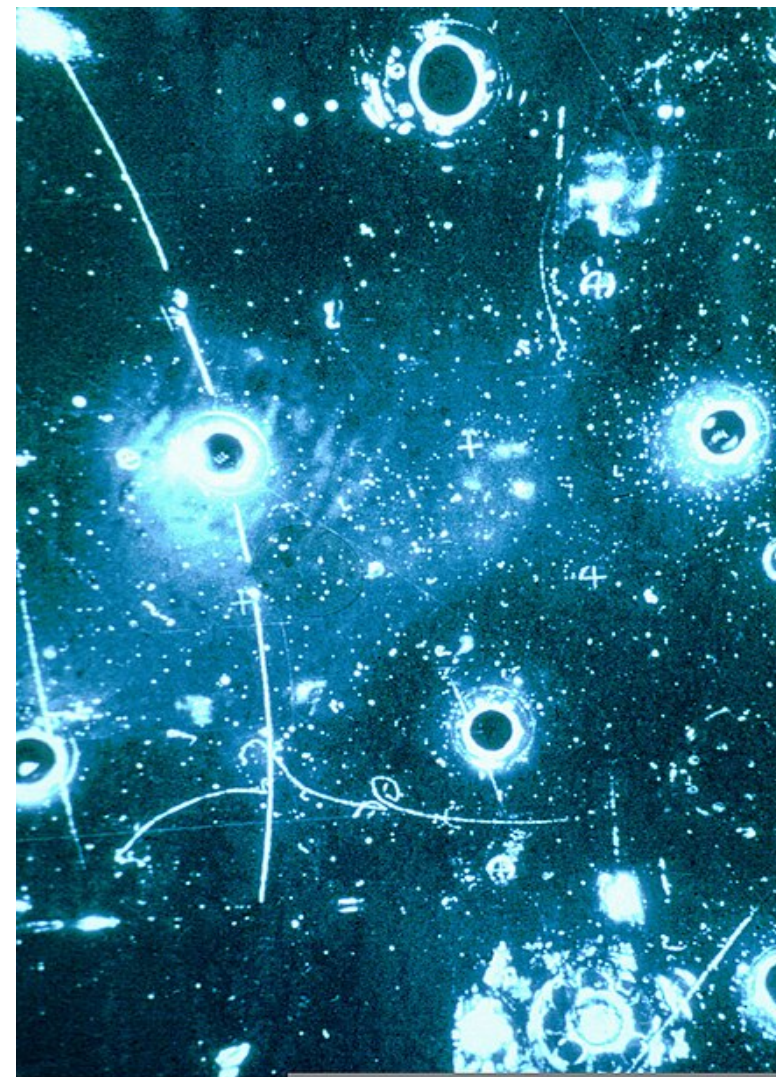
Neutrínók: nyitott kérdések

- Ugyanakkora-e a neutrínó folyamatok valószínűsége időben előre és hátra?  
- Mekkora a neutrínók tömege?
- Normális vagy fordított a tömegrendezés?  
- Vannak-e további neutrínók?
- A neutrínó önmaga antirészecskéje?



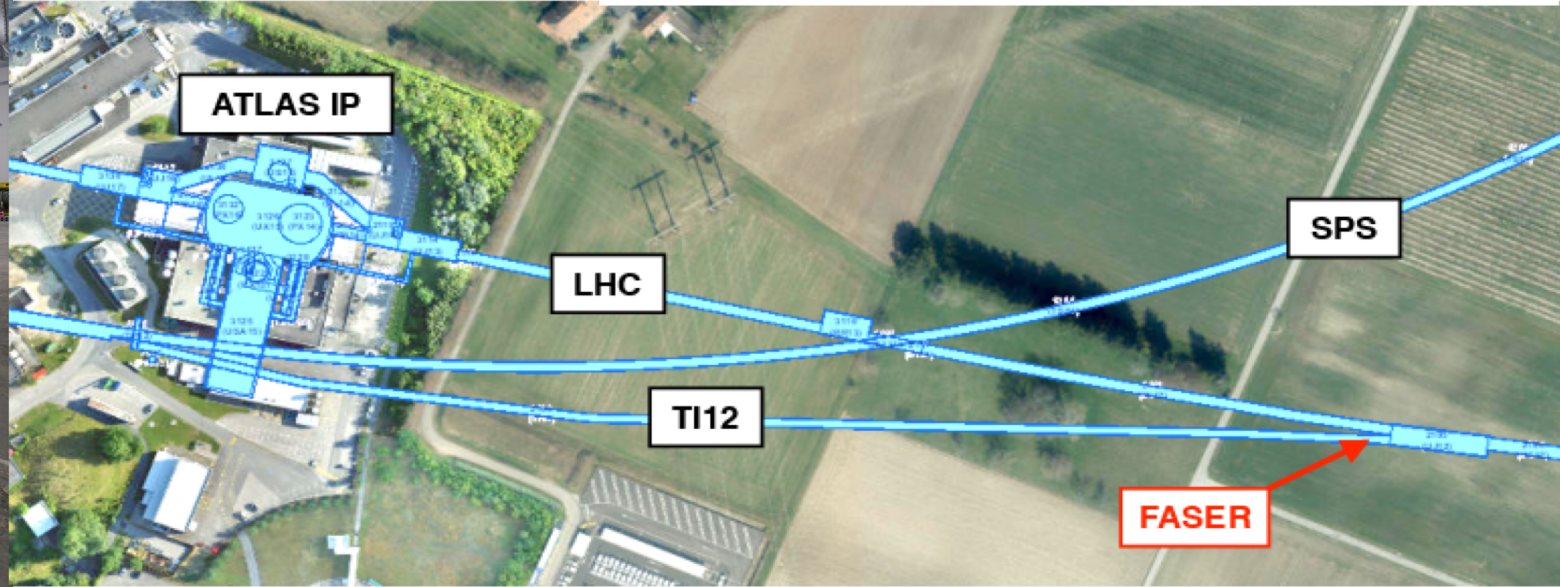
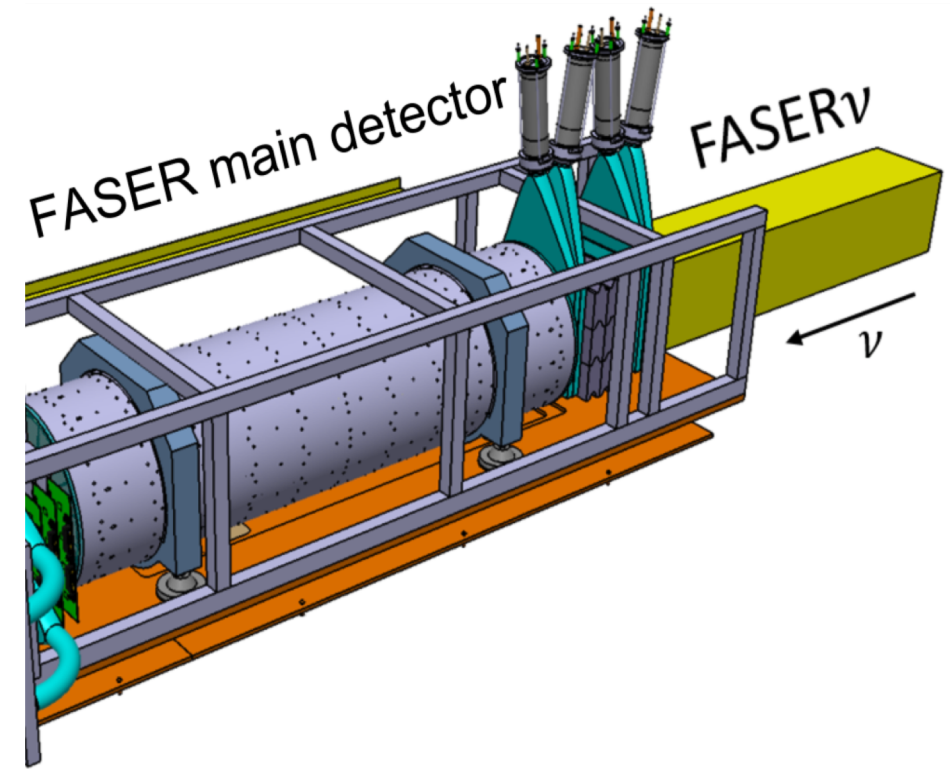
CERN: neutrínó mérőkövek

- A **semleges áramot** 1973-ban fedezték fel a Gargamelle buborékkamrában.
- A LEP 1990-ben megállapította, hogy **3 könnyű neutrínó** létezik.
- CNGS neutrínónyaláb kísérlet 2012-ben fejeződött be, megfigyelték az **ízrezgést** ν_μ és ν_τ között.
- 2013 óta: **Neutrino Platform**, célja az alap kutatás elősegítése világszerte.
- A FASERv létrehozásának célja a **részecskeütköztetőben keletkezett neutrínók** első detektálása



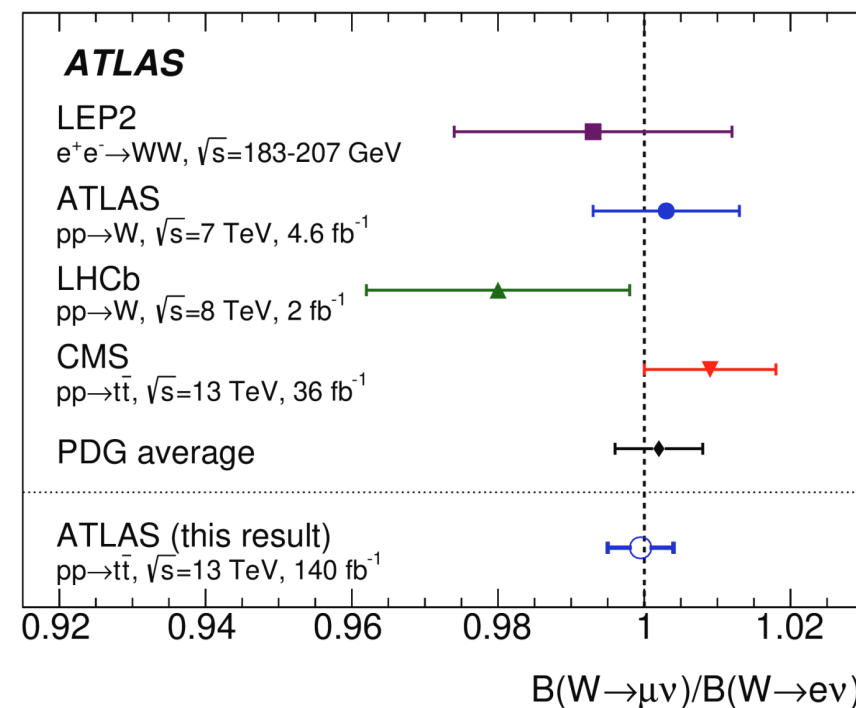
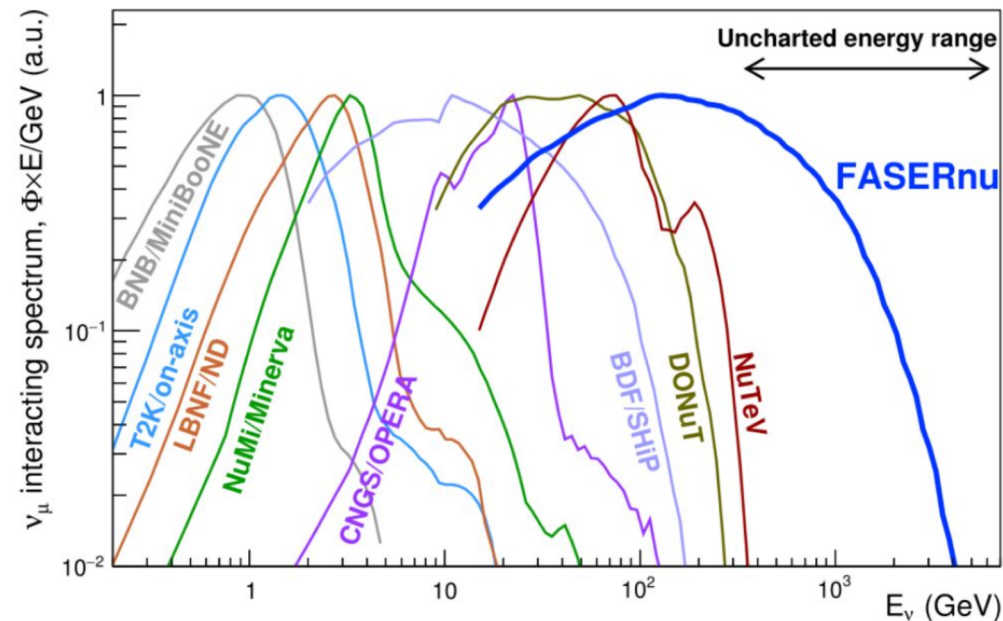
CERN: FASER ν

- A FASER aldetektora, sokrétű tudományos küldetés, az ATLAS kísérlethez közel
- Részecskeütköztetőben keletkezett neutrínók első detektálása



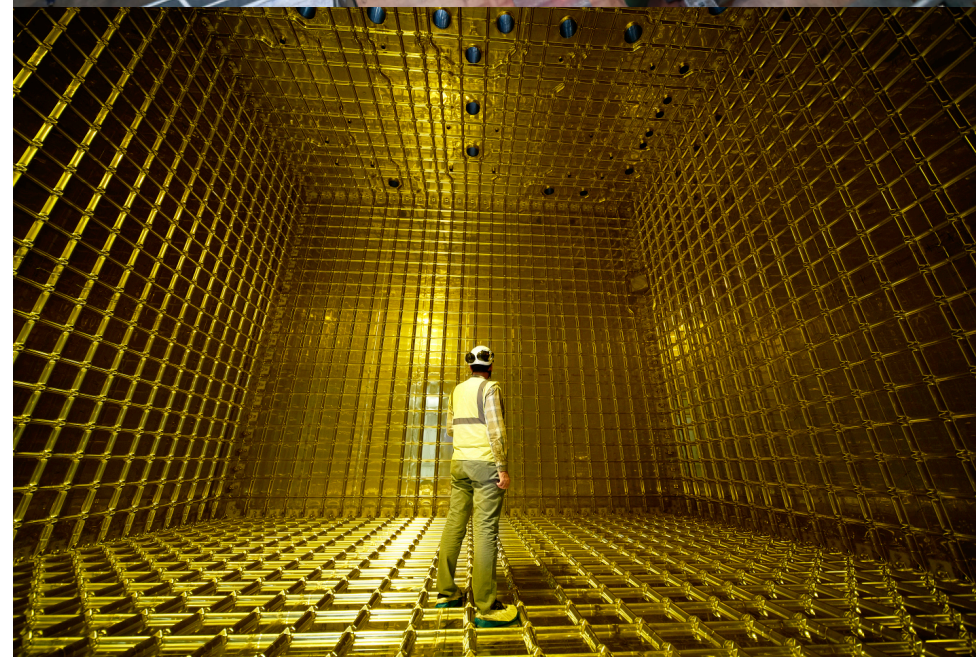
CERN: FASER ν

- Szondázza a neutrínó kölcsönhatásokat korábban **nem vizsgált energiatartományban**
- További cél a ν_μ kölcsönhatások részletes felderítése, a nagyon kevés ismert ν_τ esemény kiegészítése
- **Függ-e a folyamatok valószínűsége a neutrínó fajtájától?**
- **Kaput nyit az új fizikához** a neutrínók keletkezési mechanizmusának és tulajdonságainak tanulmányozása révén.




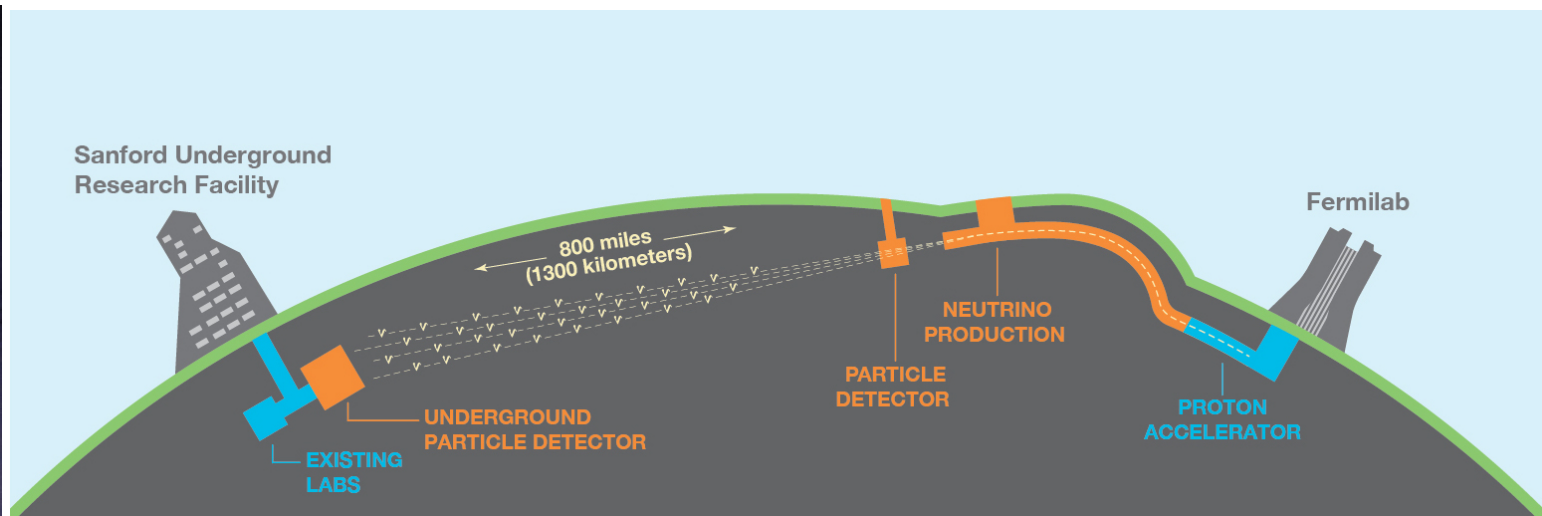
CERN: Neutrino Platform

- 2013-ban indult a részecskefizika európai stratégiájával összhangban.
- A neutrínófizikai **alapkutatás előmozdítására** és a részecskegyorsítóknál világszerte folytatott kutatások támogatására.
- **K+F létesítmény**, ahol a szakértők a neutrínókísérletek következő generációjának prototípusait fejleszthetik (Icarus, Baby MIND, T2K, ProtoDUNE).
- A legkiemelkedőbb projekt a **DUNE** detektorok prototípusainak tervezése, építése és tesztelése - a CERN hatalmas beruházása.



DUNE

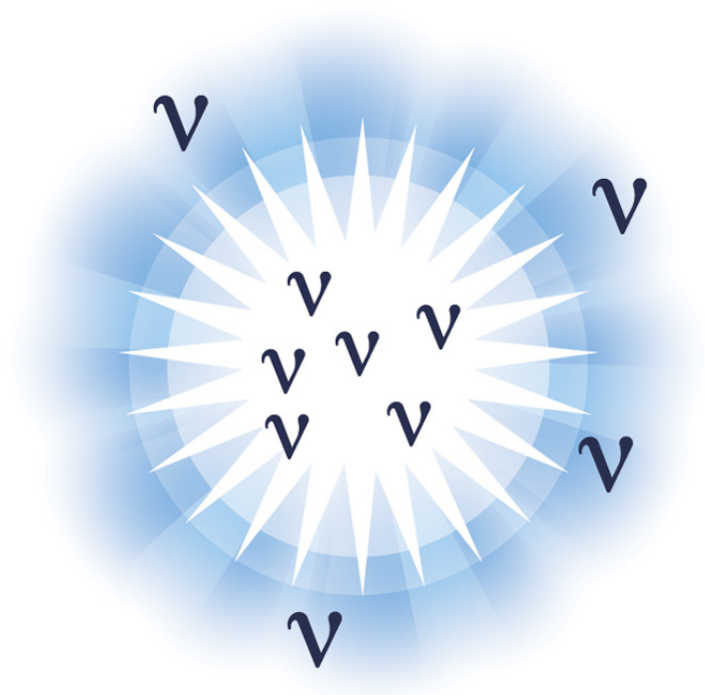
- A Fermilab által üzemeltetett mély **földalatti neutrínó-kísérlet**
- **Nemzetközi** együttműködés (több mint 1000 tudós, több mint 30 országból,  ELTE az egyetlen magyar tag)
- A neutrínókat Illinoisból a dél-dakotai Sanford földalatti kutatóközpontban lévő detektorba küldik.
- A neutrínók **1300 km**-t tesznek meg!
- A kísérleti csarnok feltárása és a detektor építése folyamatban van, a kísérlet **2030 körül tervezett** megkezdése érdekében.





DUNE

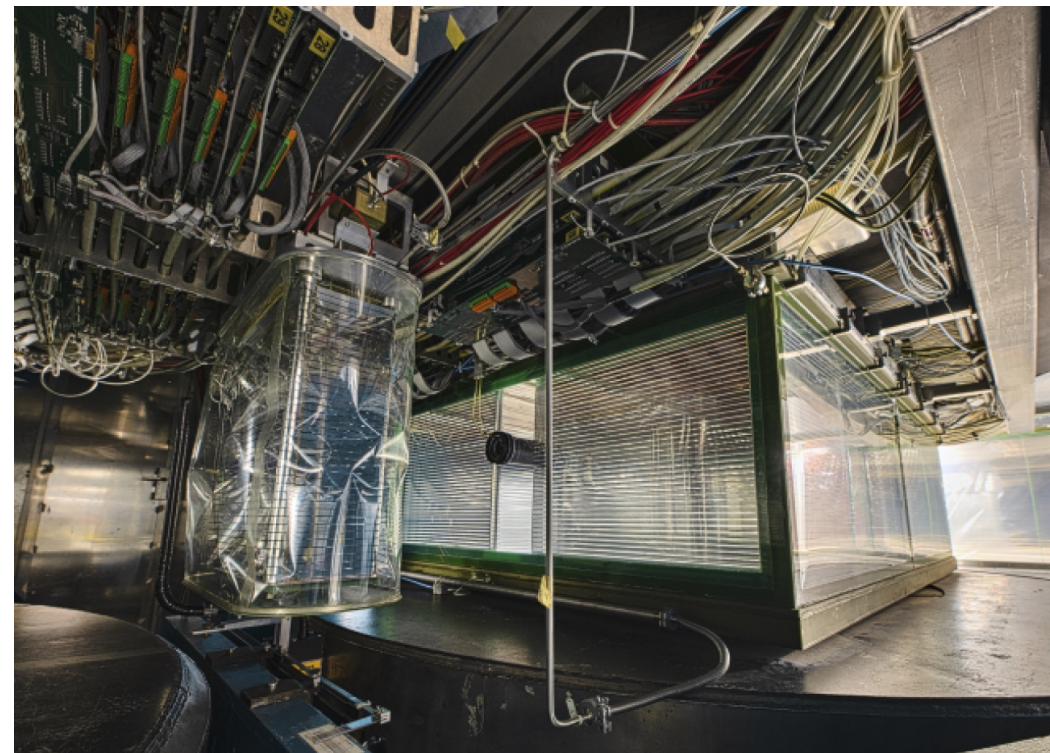
Fő tudományos célok:

1. az anyag eredete és az ízrengés kapcsolatának keresése
2. a kölcsönhatások egyesítésének lehetőségének vizsgálata
3. fekete lyukak kialakulása






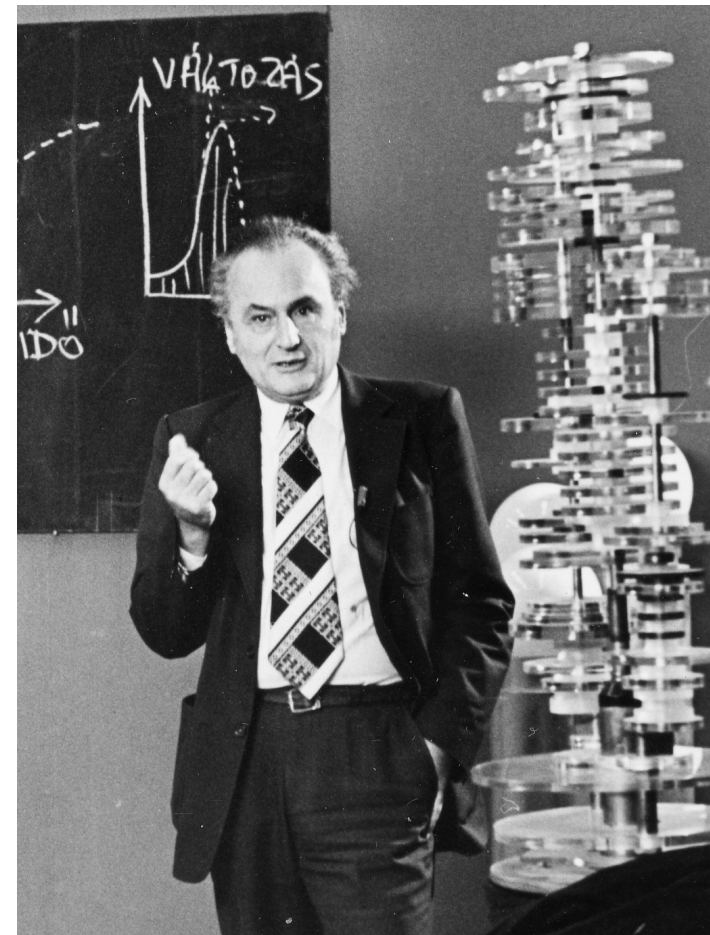
CERN:NA61/SPS Heavy Ion and Neutrino Experiment

- Hadronok előállítási folyamatának vizsgálata
- Ami lehetővé teszi a neutrínónyaláb megértését és tervezését más kísérletekben (T2K Japánban, NuMI/NOvA és LBNF/DUNE az USA-ban).
- A neutrínók keveredésének pontos becslése
- A jelenlegi és jövőbeli gyorsítófizika építőköve
-   Jelentős magyar hozzájárulás (ELTE, Wigner)



Marx György

- Magyar fizikus (1927 - 2002), kutató, előadó, író, a tudományok lelkes híve és szóvivője.
- Nagyban hozzájárult a neutrínófizika területéhez, valamint az asztro-részecskefizika megalapítója és úttörője volt.
- Számszerűsítette a Föld belsejében zajló radioaktív folyamatok révén történő neutrínótermelést (Kamiokande tervezése).
- Felírta a neutrínó tömegek Marx-Szalay-féle asztrofizikai felső korlátját.
- 1972-ben megrendezte az első "Neutrino" konferenciát, amelynek résztvevői között volt Feynman , Zeldovics, Weisskopf, Reines , Davis  és Bahcall.



Összegzés

- A CERN nagyon fontos szerepet vállalt/vállal a neutrínófizikában, a neutrínó-program mindössze 2 évvel a neutrínó 1956-os felfedezése után indult.
- A CERN óriási beruházásai a múltban, a jelenben és a jövőben prominens szereplővé teszik a területen
- Magyarország jelentős szerepet játszott és fog játszani a jövőben is ezen a területen
- Érdeemes figyelemmel követni a neutrínófizikát – friss eredmények, új projektek

