

A Lederman–Steinberger–Schwartz-féle két neutrínó kísérlet

Modern fizikai kísérletek szeminárium

Kincses Dániel

Ötös Loránd Tudományegyetem



2017. február 21.



Történeti áttekintés

- 1912 – kozmikus sugárzás
- 1913 – Bohr-modell
- 1926 – kvantummechanika
- 1929 – α -bomlás elmélete (G. Gamow)
- 1931 – neutrínóhipotézis (Pauli)
- 1932 – pozitron, neutron felfedezése, izospin bevezetése
- 1934 – β -bomlás Fermi-elmélete
- 1935 – magerők mezon elmélete (Yukawa)
- 1937 – müon felfedezése, K-befogás
- 1941 – müon élettartamának meghatározása ($2.2 \mu\text{s}$)

Történeti áttekintés

- 1947 – pion felfedezése kozmikus sugárzásban
- 1948 – neutron bomlás, QED, szikrakamra, pion előállítás gyorsítóban
- 1950 - 1953 – π^0 , Λ^- , K_s^0 , $\Delta(1232)$, Σ^- , Ξ
- 1955 - 1957 – antiproton, antineutron, antineutrínó (Reines, Cowan)
- 1956 - 1957 – paritássértés - Lee, Yang, Wu, Lederman, Telegdi
- 1957 – CP-invariancia bevezetése, ν -keveredési mátrix (B. Pontecorvo)
- 1959 – Brookhaven, AGS – 30 GeV-es protonok
- 1962 – pion β -bomlása: $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$
- 1962 – két neutrínó kísérlet

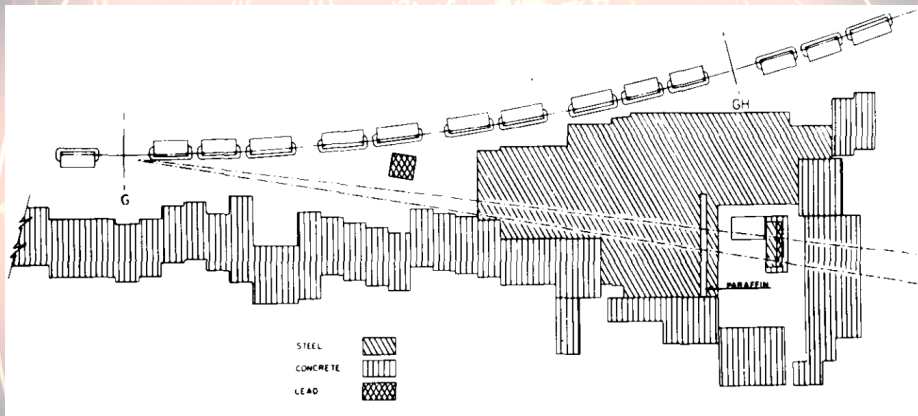
A kísérlet előzményei

- Gyenge kölcsönhatás vizsgálata
- radioaktív magok mérése → energia/impulzusmegmaradás → neutrínó!
- Hogy lehetne észlelni? → Reines-Cowan kísérlet
- Atomreaktor jó antineutrínó forrás
- Gondok a gyenge kölcsönhatással
 - Elméleti számolások nagy energiákon elromlanak
 - Meg nem figyelt reakciókat jósolnak
 - $\mu^- \rightarrow e^- \gamma$
- 1959 – T. D. Lee - gyenge kölcsönhatás nyitott kérdései
- Neutrínónyalábos kísérlet ötlete: Melvin Schwartz

A kísérlet áttekintése

- Brookhaven, AGS → 15 GeV-es protonnyaláb
- Berillium target → pion keltés (kb. 3 pion / ütk.), 10^{11} pion / s
- A pionok kb 15 métert repülnek, közben a 10% elbomlik
- $\pi \rightarrow \mu + \nu$
- 15 méter repülés után egy 13 méter vastag acélfal (~ 2000 t)
- Pionok kb. 0.5 méteren belül elnyelődnek
- Acélfal után detektor → kb. 10 tonnás szikrakamra

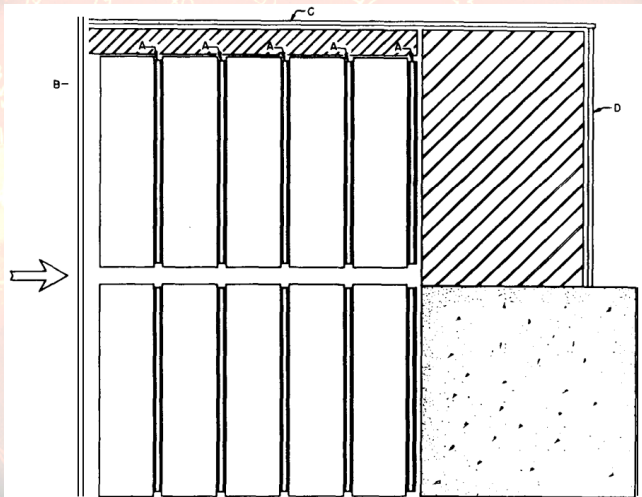
A kísérlet áttekintése



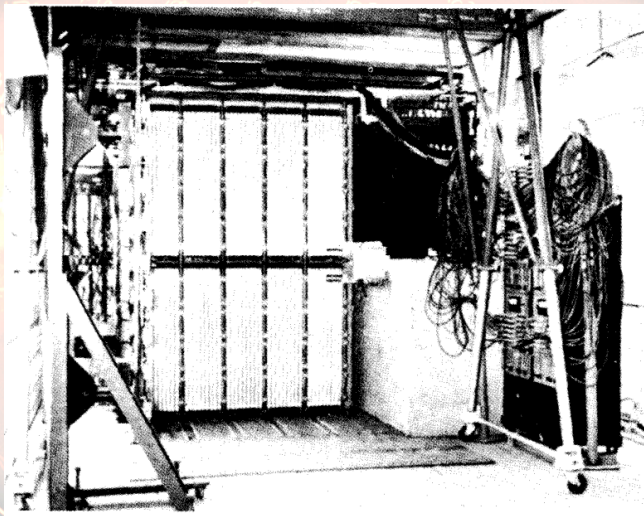
A szikrakamra detektor

- 10 tonna
- 90 darab 44x44x1 inch-es alumínium lemez
- lemezek között neongáz, nagyfeszültség
- Átmenő töltött részecske szikrát kelt a gázban → fénykép
- Rosszabb a felbontás mint buborékkamra esetén, de jobban triggerelhető
- Várt reakció: $\text{Al mag} + \nu \rightarrow \text{gerjesztett mag} + \mu$

A szikrakamra



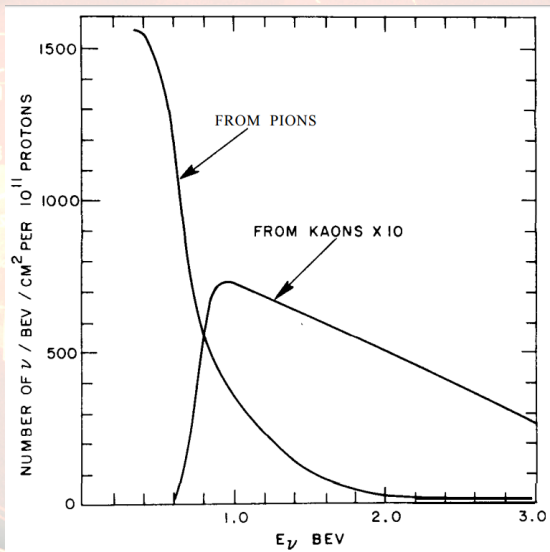
A szikrakamra



Háttérzaj minimalizálása

- Fontos az időzítés!
- Csak akkor történjen tényleges mérés, ha a nyaláb találkozik a céltárggyal
- Kb. $2\mu\text{s}$ -os időtartamok minden másodpercben
- Fontos járulék a háttérhez: betonpadlóból szivárgó neutronok
- A padlót is acélrétegekkel erősítették meg, és kiszedtek minden elektromos vezetékét
- + A detektor körül antikoincidencia-számlálók
- + Adatfelvétel amikor nem üzemel a gyorsító \rightarrow kozmikus háttér

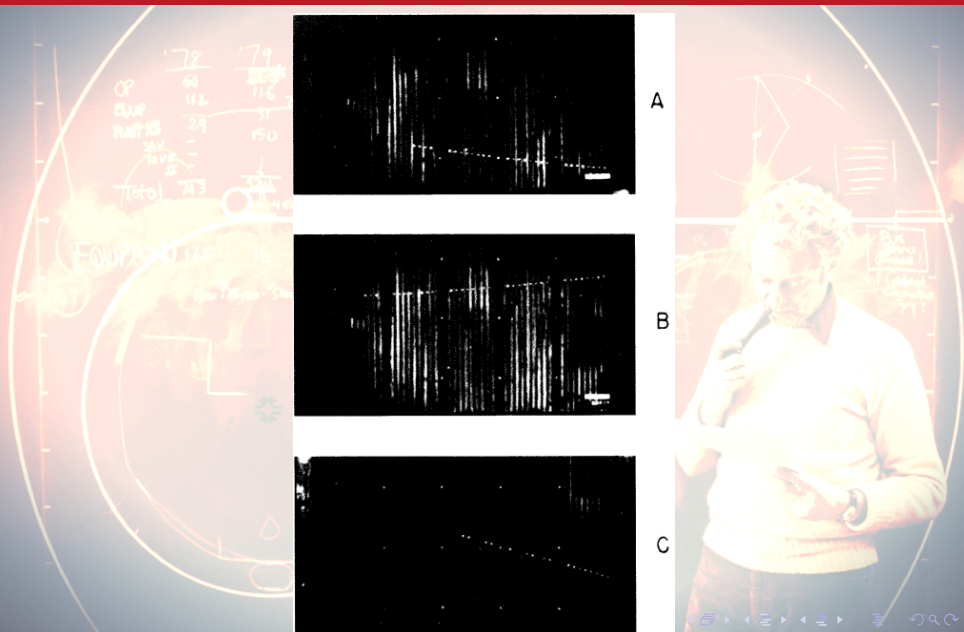
A neutrínófluxus becslése



Egy-track események válogatása

- A track legyen a detektor belsejében, ne a szélén
- A track a neutrínó nyaláb irányával kevesebb mint 60° -t zárjon be
- 113 esemény volt ami teljesítette a feltételeket
- 49 a 113-ból a mérés elején rögzített esemény volt, amikor még nem erősítették meg az árnyékolást \rightarrow háttér
- A maradék 64:
 - 34 egy-műon esemény, 300 MeV/c-nél nagyobb impulzussal
 - 22 vertex esemény ($\text{mag} + \nu \rightarrow \text{gerj. mag} + \pi + \mu$)
 - 8 zápor esemény
- Az első két kategóriából 5 kozmikus háttér \rightarrow 51 neutrínó indukált esemény

Néhány tipikus müon esemény



Néhány tipikus vertex esemény

The image is a composite of several elements:

- Left side:** A chalkboard with handwritten physics notes and diagrams. The notes include a table with columns labeled '78' and '79', and rows for 'CP', 'ELEM', 'PART 93', 'SAV', 'TAV', 'II', and 'Total'. The table contains numerical values: CP (64, 116), ELEM (112, 51), PART 93 (29, 150), SAV (-, -), TAV (-, -), II (-, -), and Total (213, 446). Below the table, there are more notes: 'EQUIPAS 175 16', '1000 2000 3000', and a diagram of a square with a vertical line and a horizontal line.
- Right side:** Three panels labeled A, B, and C, showing particle detector data. Panel A shows a vertex event with tracks. Panel B shows another vertex event. Panel C shows a person reading a document.
- Bottom right:** Navigation icons for a presentation slide, including arrows and symbols for home, search, and refresh.