

# Paritássértés a Wu-kísérletben

Körtefái Dóra

Magfizika szeminárium

2019. 03. 25.



# Áttekintés

- ▶ Szimmetriák
- ▶ Paritás
- ▶ Wu-kísérlet
- ▶ Lederman-kísérlet

# Szimmetriák

Adott transzformációra invariáns mennyiségek.

Folytonos szimmetriák  $\rightarrow$  megmaradó mennyiségek (Noether)

- ▶ időeltolás  $\rightarrow$  energia
- ▶ térbeli eltolás  $\rightarrow$  impulzus
- ▶ forgatás  $\rightarrow$  impulzusmomentum
- ▶ boost  $\rightarrow$  tömegközéppont
- ▶ fázistranszformáció  $\rightarrow$  töltések

## Diszkrét szimmetriák

- ▶ Töltéstükrözés:  $C$  (részecske-antirészecske cseré)  $\rightarrow$  töltés  $(-1)$ -szeres
- ▶ Tértükrözés:  $P \rightarrow$  helicitás, impulzus  $(-1)$ -szeres
- ▶ Időtükrözés:  $T \rightarrow$  spin, impulzus  $(-1)$ -szeres

CPT relativisztikus térelméletek szimmetriája.

# Paritás

$$\hat{P}\Psi(\underline{x}) = p \cdot \Psi(\underline{x}) \quad \& \quad \hat{P}^2 = \hat{I} \quad \longrightarrow \quad p = \pm 1$$

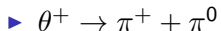
- ▶ Paritás részecskék jellemző tulajdonsága
- ▶ Helicitás kvantumszám
- ▶ Részecske és antirészecske ellentétes paritású
- ▶ Összetett rendszerekben a paritások szorzódnak
- ▶ H atom hullámfüggvénye  $l$  mellékkvantumszám esetén  $(-1)^l$  paritású
- ▶ Mezonok alapállapotban negatív paritásúak,  $L$  impulzusmomentum  $(-1)^L$  szorzót ad

Egy ideig P-t szimmetriának hitték.

## $\tau - \theta$ paradoxon

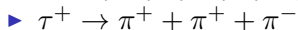
Megfigyelték két részecskét, ami a paritásukon kívül minden tulajdonságában azonos.

Különböző módon bomlanak:



Végállapot paritása:

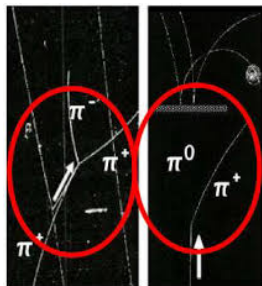
$$P = (-1) \cdot (-1) \cdot (-1)^L = 1$$



Végállapot paritása:

$$P = (-1) \cdot (-1) \cdot (-1) \cdot (-1)^L \cdot (-1)^L = -1$$

Ez a  $K^+$  részecske.

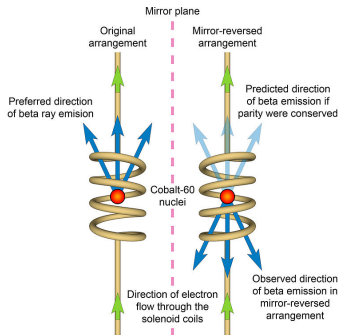
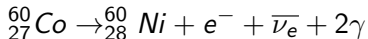


## A paritásmegmaradás újabb vizsgálata

- ▶ Tsung-Dao Lee és Chen-Ning Yang: A kísérleti bizonyítékok csak az elektromágneses és az erős kölcsönhatás esetén igazolják a paritásmegmaradást.
- ▶ Ha a gyenge kölcsönhatás sérti a paritásmegmaradást, akkor a  $\beta$ -bomlás vizsgálatával ez kimutatható.
- ▶ Chien-Shiung Wu a  $\beta$ -bomlás szakértője volt, javaslat:  $^{60}\text{Co}$   $\beta$ -bomlását vizsgálják mágneses térben.
- ▶ Megvalósítás Washingtonban Ernest Ambler segítségével

# A kísérlet elve

A reakció teljes egyenlete:



- ▶ A  ${}^{60}\text{Co}$  spinje 5, a  ${}^{60}\text{Ni}$  spinje 4, az elektron és az antineutrínó feles spinűek, végállapotú részecskék impulzusmomentuma a  ${}^{60}\text{Co}$ -é irányába mutasson.
- ▶ A mágneses tér beállítja a  ${}^{60}\text{Co}$  impulzusmomentumát, a hűtés a rezgését minimalizálja.

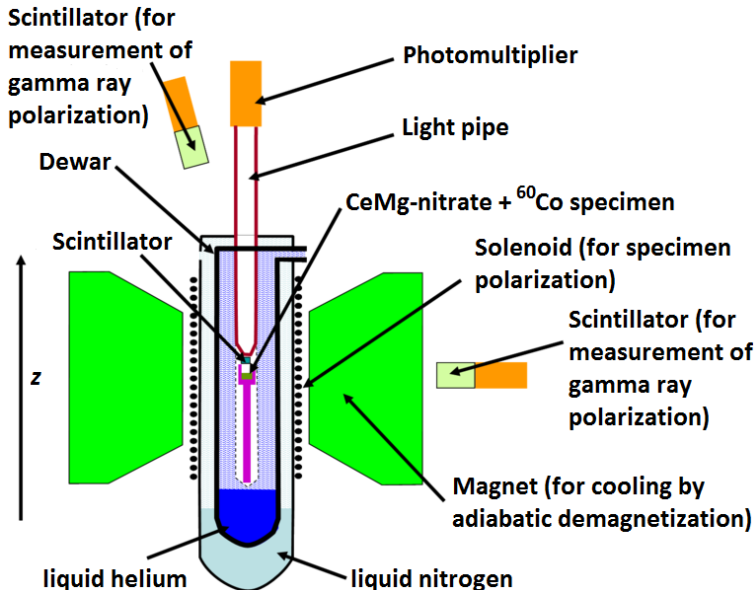
A paritás megmaradás tükörszimmetriát feltételez, mágneses térben pedig a térhez kell igazodnia.



## A kísérlet megvalósítása

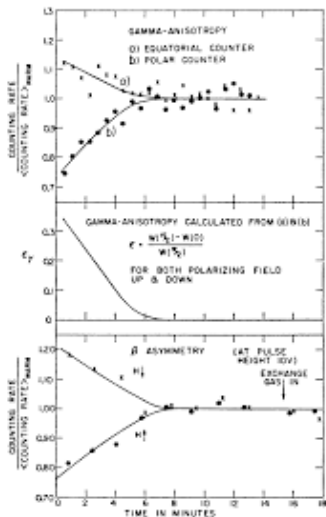
- ▶ Kihívás: A lehető legmagasabbfokú polarizációjú  $^{60}\text{Co}$  magot előállítani
- ▶ Rose Gorter módszer: Külső, statikus, mágneses térbe helyezik az atomot
- ▶ Rendkívül alacsony hőmérséklet: Adiabtikus demagnetizálás  
→ 3 mK
- ▶ A kísérletre alkalmas helyszín USA-ban a szükséges alacsony hőmérséklet miatt: Szabványügyi Hivatal (National Bureau of Standards, NBS)

# Kísérleti összeállítás



# Eredmények

- ▶ Fel- és lefele állított tér esetén eltérés az elektronok számában
- ▶ Spinnel szemben több elektron megy ki
- ▶ Sérül a paritás
- ▶ "Balkezes" elektronok
- ▶ "Balkezes" neutrínók és "jobbkezes" antineutrínók



# Lederman kísérlet

Hallott Wu-ék eredményeiről, sokkal egyszerűbb kísérletet tervezett.

- ▶ Pion müonra bomlik, ami tovább bomlik pozitronra és neutrínókra
- ▶ Müon spinje precesszáljon változó mágneses térben
- ▶ Rögzített detektor vizsgálja a pozitron intenzitást
- ▶ A szimmetria sérülése estén ez követi a müon precesszálását  
→ ezt tapasztalták → "jobbkezes" pozitronok

## Felhasznált irodalom

- ▶ Hargittai Magdolna: A híres paritássértés kísérletről (Fizikai szemle 2012/6.)
- ▶ Horváth Dezső: Szimmetriák és sértésük a részecskék világában - a paritássértés 50 éve (Fizikai szemle 2007/2.)
- ▶ Trócsányi Zoltán: Az eltűnt szimmetria nyomában 2008.évi fizikai Nobel-díj (2008/12.)
- ▶ Szegedi Domonkos: Paritássértés (Mag- és részecskefizika szeminárium)
- ▶ Almási Gábor: Paritássértés (Kísérleti Mag- és Részecskefizikai szeminárium)
- ▶ [https://en.wikipedia.org/wiki/Wu\\_experiment](https://en.wikipedia.org/wiki/Wu_experiment)

# Videó

Szimmetriasértések:

<https://www.youtube.com/watch?v=yArprk0q9eE>