VIOLAZIONE DELLA PARITA'

$$P[\psi(r)] = \psi(-r)$$

$$\begin{pmatrix} x \to -x \\ y \to -y \\ z \to -z \end{pmatrix}$$

MONDO ALLO SPECCHIO

$\exists$ FUNZIONI CHE SONO AUTOSTATI

AUTOVALORE

"PARI" $P(\psi(r)) = \psi(-r) = +\psi(r)$ $\quad +1$

"DISPARI" $P(\psi(r)) = \psi(-r) = -\psi(r)$ $\quad -1$

VETTORI $\vec{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \xrightarrow{P} \begin{pmatrix} -x \\ -y \\ -z \end{pmatrix} = -\vec{v}$

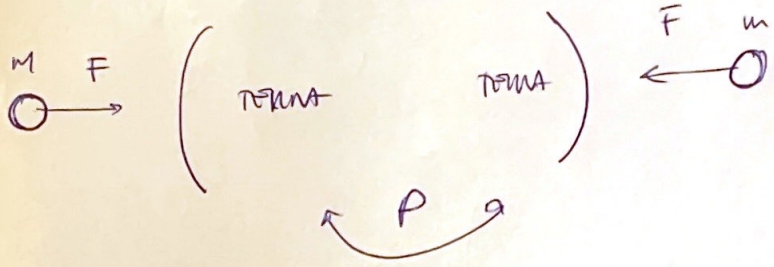
PSEUDOVETTORI (e.g. SPIN) $\vec{\sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{pmatrix} \xrightarrow{P} \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{pmatrix} = +\vec{\sigma}$

SCALARI $K \xrightarrow{P} K$ (es. T della stanza)

PSEUDOSCALARI $A \xrightarrow{P} -A$

LA MECCANICA CLASSICA E' INVARIANTE SOTTO SIMMETRIA DI PARITA'

$\Leftrightarrow$ NEL MONDO ALLO SPECCHIO VALGONO LE STESSE LEGGI DI NATURA



STESSE SOLUZIONI ALLE EQUAZIONI DEL MOTO

PERCHE' ? TUTTE LE EQUAZIONI DELLA M.C. SONO VETTORIALI

es. $\vec{F} = m\vec{a}$

$P(\vec{F} = m\vec{a}) \Rightarrow -\vec{F} = m(-\vec{a})$

stesse

MAXWELL

(vale per EM, gravità, etc)

TEORIA DI M.C. E' SIMMETRICA SOTTO OPERAZIONE P

TH. DI NOETHER: SIMMETRIA $\longleftrightarrow$ CONSERVAZIONE

P autovalori di P

⇒ in M.C. la parità è conservata

ed se uno stato ha parità definita la conserva

E INVECE LA M.Q.? Se lo sono cominciati a chiedere

Specialmente nel 1956

ϑ/τ PUZZLE

"ϑ" $\longrightarrow \pi^0 \pi^+$

"τ" $\longrightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^+$
$\pi^+ \pi^- \pi^+$

$m_\vartheta \sim m_\tau$

$\tau_\vartheta \sim \tau_\tau$

sono la stessa particella?

PROBLEMA: sistemi 2π e 3π hanno parità diverse, infatti

"intrinseca"

$$P(2\pi) = \underbrace{P(\text{spaziale})} \cdot P(\pi^+) \cdot P(\pi^0)$$

dipende da funzione d'onda dei due pioni e in particolare dal loro momento angolare relativo

$$P(\text{sparate}) = (-1)^{\ell}$$ ← num. angolare

nella configurazione più semplice $\ell = 0$

$$\Rightarrow \quad P(\text{sparate})\Big|_{2\pi} = (-1)^0 = +1$$

Quella intrinseca dei pioni è

$$P(\pi^{\pm}_{0}) = -1$$

$$\Rightarrow \quad P(2\pi) = (-1)^0 (-1)(-1) = +1$$

allo stesso modo ↕ diversa

$$P(3\pi) = (-1)^0 (-1)^3 = -1$$

Quindi come fa questa particella a decadere in due stati con P diversa se P è conservata?

Lee e Yang 1956

EM : conserva P

stong : conserva P

weak : ?

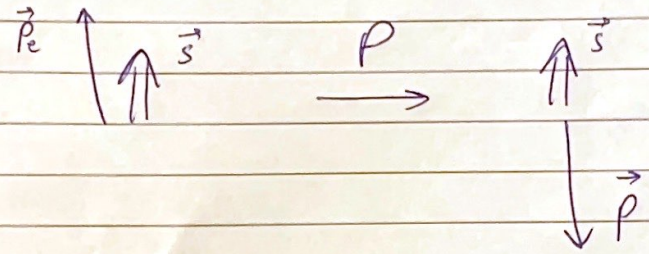
⇒ urge esperimento

ESPERIMENTO DI WU

TRUCCO: voglio studiare ~~~~ processo debole

su un stato che è definito da

un vettore e uno pseudovettore



se ho un osservabile di questo processo debole

che assume valori diversi in queste due

configurazioni ⇒ le leggi della forza (debole)

NON sono invarianti per parità

⇔ le interazioni deboli non conservano P

BTW non solo ML ma anche EM e strong

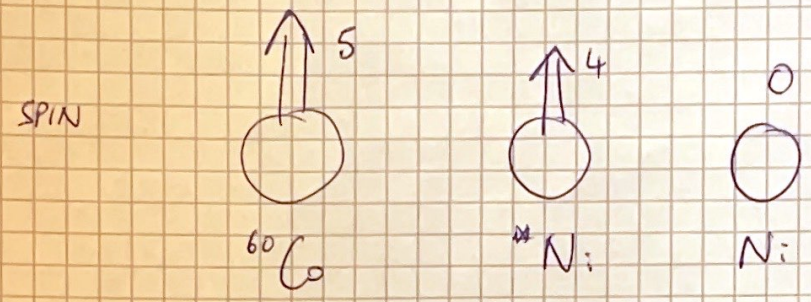
NON POSSONO DISTINGUERE TRA LE DUE

⇒ tutte le osservabili sono le stesse

esperimento basato sul decadimento del ^{60}Co

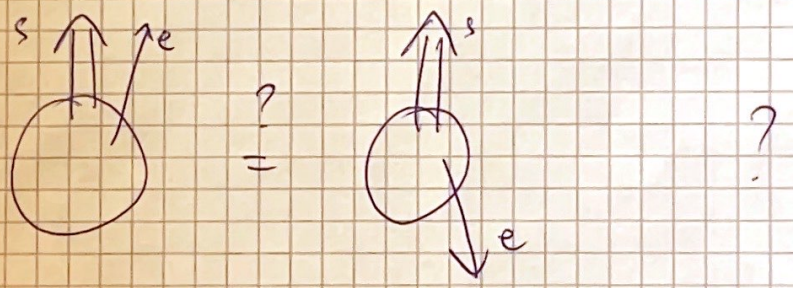
$$^{60}Co \xrightarrow{\beta} {}^{60}Ni^{*} \; e^{-} \; \bar{\nu}_e$$

$$\hookrightarrow {}^{60}Ni + \gamma\gamma$$



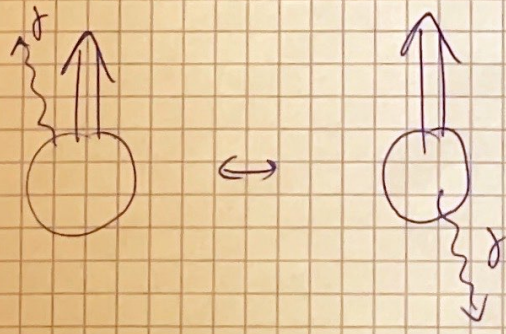
il decadimento β è un decadimento dal 6

Vgl. valore ~~che~~ se



Il decadimento del Ni è una EM

$\Rightarrow$ non più distinguere fra

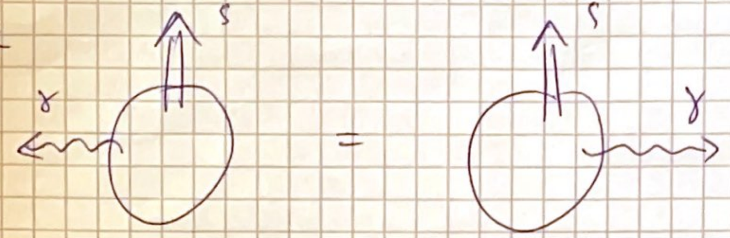


devono essere uguali

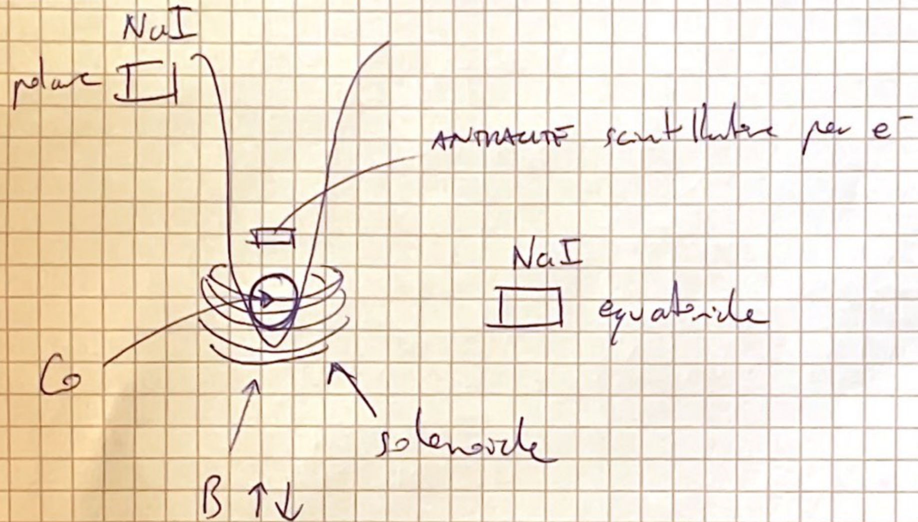
stesso EM vale

in punto

anche

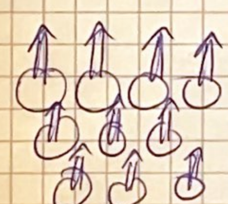


ESPERIMENTO



crogiolo prima messo in un criostato per minimizzare agitazione termica

⇒ a $t=0$ quando metto Co in campo B

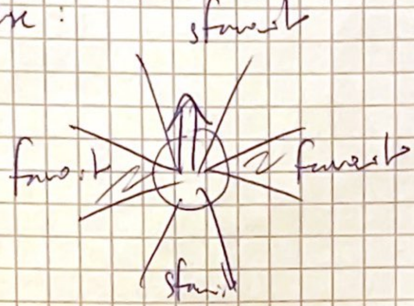


poi dopo un po

Quanto dura allineamento di spin?

Si usa il Ni! Decadimento di Ni

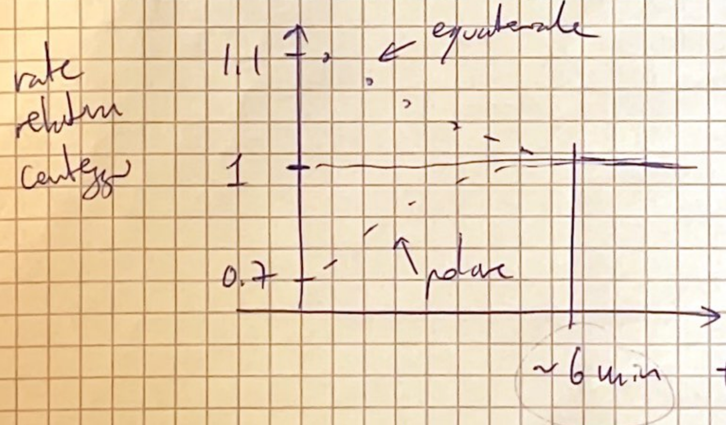
ha prob. diversa di produrre fotoni in direzioni diverse:



⇒ se spin sono tutti allineati in su (o giù!)

NaI equatoriale deve contare con rate maggiore di polare

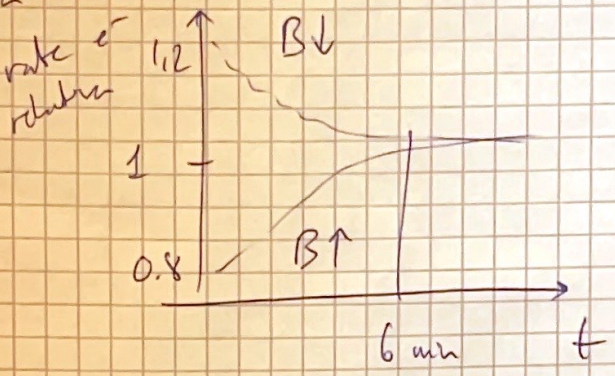
⇔ se invece spin è orientato random le rate devono essere uguali



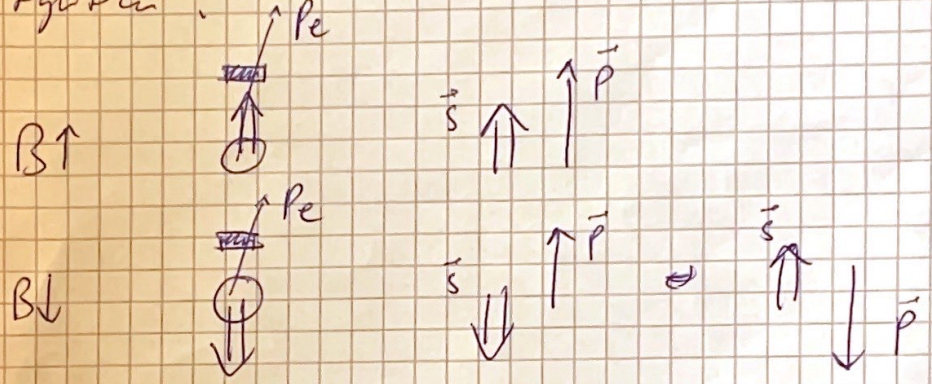
stesso risultato per B↑ e B↓

dopo 6 minuti si perde parallelismo

Misura



Che significa?



Se rate sono diverse

$\Rightarrow$ σ (deviazione β) è diversa

$$\sigma(\uparrow\uparrow) \neq \sigma(\uparrow\downarrow)$$

$\Rightarrow$ la misura della non conserva P violata

$\Rightarrow$ il mondo nello specchio è diverso (con degli stati diversi) da p.v. dell'interazione debole

RÉACTION 1

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$$

Q : $-1 + 1 = 0$ $\quad 0 + 0 = 0$ ✓

B : $0 + 1 = 1$ $\quad 0 + 1 = 1$ ✓

S : $0 + 0 = 0$ $\quad 0 + 0 = 0$ ✓

(e ma ci sono leptoni)

⇒ OK sono tutte ordinate ⇒ int. forte

(potrebbe anche altra una forte mica)

$$e^- + p \rightarrow \nu_e + n$$

Q : $-1 + 1 = 0$ $\quad 0 + 0 = 0$ ✓

B : $0 + 1 = 1$ $\quad 0 + 1 = 1$ ✓

L_e : $1 + 0 = 1$ $\quad 1 + 0 = 1$ ✓

⇒ OK debole (c'è neutro!)

Forse stabile

$$e^- + p \rightarrow \bar{\nu}_e + n$$

tutte quante ma L_e : $1 + 0 = 1$ $\quad -1 + 0 = -1$ ⊗

$\pi^0 \to p + \bar{p}$

Q: 0 $\quad 1-1=0$ ✓

B: 0 $\quad 1-1=0$ ✓

S: 0 $\quad 0+0=0$ ✓

MA E' UN DECADIMENTO! ⇒ controllare la massa

$m_\pi < 2m_p$ ⇒ <u>impossibile</u> (vicino energia)

$\pi^0 \to \gamma\gamma$

Q: 0 $\quad 0+0=0$ ✓

B: 0 $\quad 0+0=0$ ✓

$m_\pi > 2m_\gamma = 0$ ✓ ⇒ OK è EM (fotoni)

Stesso discorso al contrario

$p+\bar{p} \to \pi^0$ NO

$\gamma+\gamma \to \pi$ OK

$\mu^- + p \to \bar{\nu}_\mu + \pi^0$

Q: $-1+1=0$ $\quad 0+0=0$ ✓

B: $0+1=1$ $\quad 0+0=0$ ⊗

L_μ: $1+0=1$ $\quad -1+0=-1$ ⊗

NO

$\pi^- + p \rightarrow K^- + \bar{K}^0 + n + \pi^+$

Q: $-1 + 1 = 0$ $\quad -1 + 0 + 0 + 1 = 0$ ✓

B: $0 + 1 = 1$ $\quad 0 + 0 + 1 + 0 = 1$ ✓

S: $0 + 0 = 0$ $\quad +1 + 1 + 0 + 0 = +2$ ⊗

sono tutti adroni ⇒ forte (semmai fosse altro forte)

⇒ NO (deve conservare S)

Anche se fosse debole $\Delta S = 1$ ok, $\Delta S = 2$ no

$\Xi \rightarrow \Lambda + \pi^0$

Q: 0 $\quad 0 + 0 = 0$ ✓

B: 1 $\quad 1 + 0 = 1$ ✓

S: 2 $\quad 1 + 0 = 1$ $\quad \Delta S = 1$ ok se debole

$p \rightarrow n + \mu^+ + \nu_\mu$

Q: 1 $\quad 0 + 1 + 0 = 1$ ✓

B: 1 $\quad 1 + 0 + 0 = 1$ ✓

L_μ: 0 $\quad 0 - 1 + 1 = 0$ ✓

M: $m_p < m_n + m_\mu$ $(+ m_\nu)$ ⊗