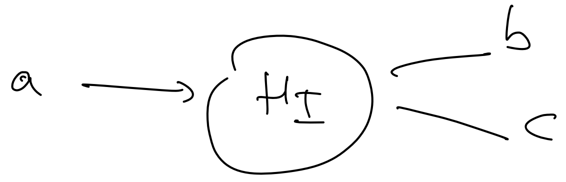
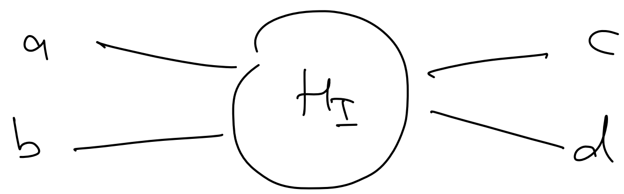
Simmetrie e leggi di Conservazione





non sempre H_I note

osservazioni fisiche, regole di selezione $\Rightarrow$ informazioni su H_I
legge di conservazione

legge di conservazione è:

		Invariante per	
Energia	$\longleftrightarrow$	traslazioni temporali	δt
$\vec{p}$	$\longleftrightarrow$	traslazioni spaziali	$\delta\vec{x}$
$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$	$\longleftrightarrow$	rotazioni spaziali	$\delta\vec{x} \times \vec{p}$

Teorema Nöther (1917)

sistema invariante sotto trasformazione $\longleftrightarrow$ esiste quantità conservata

Osservazione legge di conservazione.
$\Longrightarrow$ simmetrie della H_I senza conoscerla in dettaglio

Teoria debole di Fermi $\quad H_I = G_F$

Carica elettrica si conserva $\longrightarrow$ Esiste una simmetria. $U(1)$

Numero leptonico $\longrightarrow$ esistono simmetrie
Numero barionico $\longrightarrow$ non presi nelle hamilton. del Modello Standard di particelle.
simm. accidentali

Nessun evidenze sperimentale di $\cancel{B}$ o di $\cancel{L_i}$

legge di conservazione: E, $\vec{P}$, $\vec{L}$, B, L_i, Q
additive.

$$i \xrightarrow{H_I} f$$

$$\sum^{init} \vec{P}_j = \sum^{fin} \vec{P}_j$$

$$\vdots$$

$$\sum^{in} Q_j = \sum^{fin} Q_j$$

legge additive $\Longrightarrow$ trasformazioni continue

Trasformazioni discrete $\Longrightarrow$ leggi moltiplicative.

1) $\mathbb{P}$ $\quad \vec{x} \longrightarrow -\vec{x}$ Parità
classicamente invariante.
interazione debole viola la parità $\cancel{\mathbb{P}}$

2) $\mathbb{T}$ $\quad t \longrightarrow -t$ Time-reversal.
classicamente c'è invariante

3) $\mathbb{C}$ coniugazione di carica
$$e^- \xleftrightarrow{\mathbb{C}} e^+$$

left handed $\quad \overset{s \Leftarrow}{\underset{\vec{p}}{\longrightarrow}} \nu \qquad \overset{s \Rightarrow}{\underset{\vec{p}}{\longrightarrow}} \bar{\nu}$ Right-handed destrorse.

	$\mathbb{C}$	$\mathbb{P}$	$\mathbb{T}$	$\mathbb{CP}$
EM/QED.	✓	✓	✓	✓
Forte	✓	✓	✓	✓
debole	✗	✗	✗	✗

Violazione di parità
1957 Esp. di Wu.

Violazione di $\mathbb{C}$
1957-58.
Esp. di Goldhaber.

Teorema di CPT

CPT è conservata nelle teorie dei Camp: (Mecc. Quant Relativ)

CPT conservata

$\Downarrow$

T violata in debole

Violazione di CP
1964
Esp. Cronin-Fitch.

Simmetria di ~~Ro~~ Isospin

$m_p = 938.3$ MeV

$m_n = 939.6$ MeV

$m_{\pi^\pm} \simeq 135$ MeV

$m_{\pi^0} \simeq 140$ MeV

Heisenberg propone isospin.

rotazione nello spazio di isospin.
grado di libertà interno.

$$|\text{nucleone}\rangle = \begin{pmatrix} p \\ n \end{pmatrix}$$

$|p\rangle = |I = 1/2, I_3 = +1/2\rangle$ $\quad$ $|n\rangle = |I = 1/2, I_3 = -1/2\rangle$

$$e^-\uparrow \qquad e^-\downarrow \qquad e^- = \begin{pmatrix} \uparrow \\ \downarrow \end{pmatrix}$$

pioni sono triplette di isospin.

$I = 1$ per pioni:

$|\pi^+\rangle = |I = 1, I_3 = +1\rangle$

$|\pi^0\rangle = |I = 1, I_3 = 0\rangle$

$|\pi^-\rangle = |I = 1, I_3 = -1\rangle$

	π^+	$+\,p$	$\longrightarrow$	π^+	$+\,p$
B	0	1		0	1
Q	1	1		1	1

$\cancel{\pi^+ + p \longrightarrow \pi^0 + n}$

$$\pi^- + p \longrightarrow \pi^- + p$$

$$\pi^0 + n$$

B	1	1
Q	0	0

$$|I=1\rangle + |I=1/2\rangle \longrightarrow a\,|I=1/2\rangle + b\,|I=3/2\rangle$$

$I.\quad \frac{1}{2} \otimes 1 = \frac{1}{2} \oplus \frac{3}{2}$

$I_1 \quad I_2 \qquad I_{tot}$

$a, b, \alpha, \beta.$ Coeff. Clebsch-Gord.

$$|i\rangle = \alpha\,|I=1/2\rangle + \beta\,|I=3/2\rangle$$

$$|f\rangle = a\,|I=1/2\rangle + b\,|I=3/2\rangle.$$

$$\# \propto |\langle f|H_I|i\rangle|^2 \propto f(\alpha^2, \beta^2, a^2, b^2, \dots)$$

Esperimentalmente isospin si conserva nelle int. forti + EM.

$\pi^- + p.$

$|I=1, I_3=-1\rangle \times |I=1/2, I_3=1/2\rangle \qquad I_3^{tot} = -1 + \frac{1}{2} = -1/2.$

$I_{tot} = 1/2 \qquad I_{tot} = 3/2$

$\pi^+ + p$

$|1, +1\rangle \times |\frac{1}{2}, +1/2\rangle \qquad I_3 = +3/2.$

$I = 3/2$