2.4. Simetrías (discretas)

- Hablemos brevemente sobre algunas de las simetrías más importantes para el Modelo Estándar:

* Parity, Charge conjugation y time reversal

- Comencemos por la primera.

- Parity (P)

Nos ayuda a responder:

¿Un fenómeno físico sería posible si lo vemos en un espejo?

Esto es, si tomamos

$$\vec{r} \longrightarrow -\vec{r}$$

¿se mantienen las mismas leyes que en el caso original?

- Más específicamente, qué sucede si un estado $\psi(\vec{r})$ le aplicamos $\hat{P}$:

$$(\hat{P}\psi)(\vec{r}) = \psi(-\vec{r})$$

con $\hat{P}^{\dagger} = \hat{P} = \hat{P}^{-1}$ y $\hat{P}^{2} = 1$.

· Si no hay un cambio en la física tras esta transformación, se dice que la interacción conserva paridad.

· De hecho, las interacciones en el Modelo Estándar, excepto weak, son simétricas bajo paridad.

¿Qué pasa con las débiles?

→ Experimento Wu TAREA

Lo veremos más adelante.

· Tras hacer algo de teoría de grupos con QFT, encontramos que la paridad actúa como:

- Scalars : $+1$
- Vectors : -1
- Pseudoscalars : -1
- Pseudovectors : $+1$

¿Qué es un pseudoscalar y pseudovector (o axial vector)?

Si $\vec{V}$ es vector normal (polar) y $\vec{A}$ es un axal,

$\nabla \cdot \vec{V} \Rightarrow$ scalar

$\nabla \cdot \vec{A} \Rightarrow$ pseudoscalar

$\nabla \times \vec{V} \Rightarrow$ axial

$\nabla \times \vec{A} \Rightarrow$ vector normal

Entonces, ¿Cómo sé si algo es polar o axial?

Si $P: \vec{V} \rightarrow -\vec{V}$ es <u>polar</u>

Si $P: \vec{A} \rightarrow \vec{A}$ es <u>axial</u>

<u>Momento angular</u>:

También es un vector, pero

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

$$P: \vec{L}' = \vec{r}' \times \vec{p}'$$

sabemos que $\vec{r}' = -\vec{r}$ y $\vec{p}' = -\vec{p}$, entonces:

$$\vec{L}' = \vec{r} \times \vec{p}$$
$$= \vec{L}$$

$\rightarrow \vec{L}' = \vec{L}$ es un <u>vector axial</u>

no cambió de signo, pues.

Como regla:

polar x polar → axial	scalar x scalar → scalar
polar x axial → polar	scalar x pseudo → pseudo
axial x axial → axial	pseudo x pseudo → scalar

- Un lindo ejemplo,

$$\mathcal{L} = \underbrace{-\frac{1}{4} G^{a}_{\mu\nu} G^{a,\mu\nu}}_{\text{scalar}} + \bar{q}(i\not{D} - m_q)q + \underbrace{\frac{\theta g_s^2}{32\pi^2} G^{a}_{\mu\nu} \tilde{G}^{a,\mu\nu}}_{\text{pseudoscalar}}$$

El término θ, de entrada, viola P.
Curiosamente, no ha sido observado.
¿Cómo? Luego hablamos de esto:

⇝ Strong CP problem

- Charge Conjugation (C)

Es un operador que invierte la carga de las partículas:

⇝ ¿Qué sucede si cambiamos todas las partículas por sus antipartículas?

Esto es, todos los números cuánticos cambian de signo.

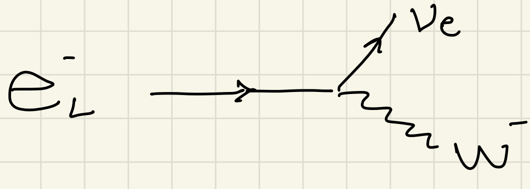
NO cambia:

- Masa
- Momento
- Espín

- Al igual que parity, charge conjugation se conserva para fuerte y EM, pero no para weak.

La razón de esto es la chirality.

→ Weak interaction solo se acopla a left-handed particles y right-handed antiparticles.



,

· Más sobre esto en otros chapters.

Time reversal (T)

Es tomar $t \to -t$.

Responde a:

¿Qué pasa si los relojes van hacia atrás?

→ ¿Qué pasa con la física?

Resulta que weak también viola T symmetry.

- Esto es un resultado del teorema CPT

TAREA

→ Violación de CP implica también la de T.