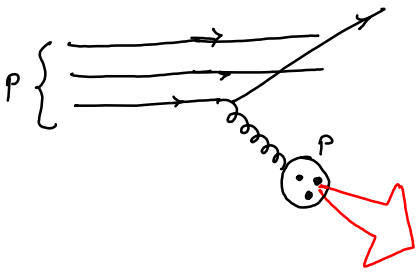
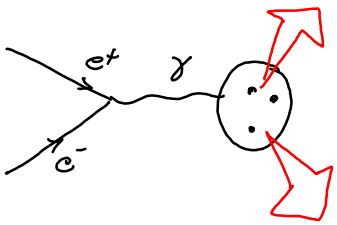
rafibakhsh.ir

ذرات بنیادی پیشرفته





ذرات بنیادی مدل استاندارد ← کوارک‌ها - لپتون‌ها - بوزون‌های واسطه.

طبقه‌بندی کوارک‌ها

		Q	U	D	C	S	T	B
نسل اول	u	2/3	-1	0	0	0	0	0
	d	-1/3	0	-1	0	0	0	0
نسل دوم	c	2/3	0	0	-1	0	0	0
	s	-1/3	0	0	0	-1	0	0
نسل سوم	t	2/3					-1	
	b	-1/3						-1

$۲۴ = ۳ \times (۶ \text{ کوارک} + ۶ \text{ پاد‌کوارک})$
↑ رنگ

طبقه‌بندی لپتون‌ها

		Q	L_e	L_μ	L_τ
نسل اول	e	-1	1	0	0
	ν_e	0	1	0	0
نسل دوم	μ	-1	0	1	0
	ν_μ	0	0	1	0
نسل سوم	τ	-1	0	0	1
	ν_τ	0	0	0	1

از بین ۶ لپتون باردار فقط e^- پایدار است.

$\mu^- \to e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$ $(10^{-6}\,s)$

$\tau^- \to e^- \bar{\nu}_e \nu_\tau$ $(10^{-12}\,s)$

$\tau^- \to \mu^- \bar{\nu}_\mu \nu_\tau$

Q	L_e
+1	-1

$\to e^+$

$۱۲ = ۶ \text{ لپتون} + ۶ \text{ پاد‌لپتون}$

سه لپتون بدون بار (نوترینوها) همیشه پایدار هستند.

ν_e

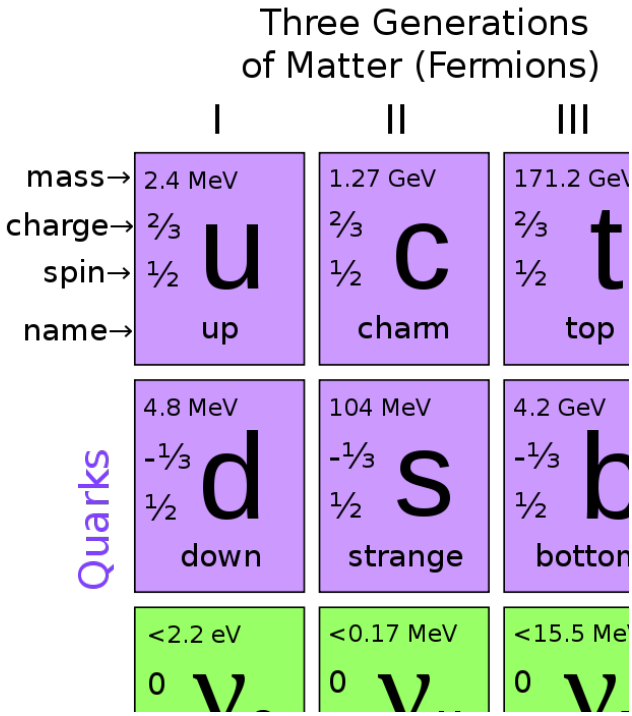
↑

بوزون‌های واسطه: فوتون، گلوئون، $W^\pm$، Z^0

بین ذرات مدل استاندارد دارای ۶۵ ذره است + ۱ ذره هیگز

سیستم‌های پایدار	acts on	range	واسطه	جرم	نظریه
هادرونها	کوارک، گلوئون	10^{-15} m	گلوئون	1	کرومودینامیک
اتم	ذرات باردار	long range	فوتون	$\frac{1}{137}$	الکترودینامیک
—	فرمیون‌ها	$< 10^{-17}$ m	$W^\pm$, Z^0	10^{-5}	فلیورودینامیک
سیستم خورشیدی	تمام ذرات	long range	گراویتون	10^{-39}	ژئومترودینامیک

ضعیف — گرانش — قوی — الکترومغناطیس



۱۲ ذره بنیادی مدل استاندارد:

e^- ، ν_e ، ν_μ ، ν_τ و $p(uud)$

هم ذرات موجود در طبیعت بصورت بی رنگ هستند.

color singlet

$q\bar{q}$: meson

qqq : baryon

هادرون‌ها ← مزون / باریون

بی رنگ هستند

$S=\frac{1}{2} \longrightarrow S_z = \mp\frac{1}{2}$ → $|\uparrow\rangle$ ، $|\downarrow\rangle$

$m(\uparrow) = m(\downarrow)$

$S=\frac{1}{2}$

$-\frac{1}{2}$ ، $+\frac{1}{2}$ ، S_z

فصل ۲: تقارن‌ها و کوارک‌ها

چون پروتون و نوترون در هم کنش‌های هسته‌ای شبیه به هم رفتار می‌کنند، این‌ها حالت‌های مختلف (ذره‌ای) به نام نوکلون هستند.

$I=\frac{1}{2}$ ، $N = \begin{pmatrix} p \\ n \end{pmatrix}$ ، $I_3 = \frac{1}{2}$ ، $I_3 = -\frac{1}{2}$

$I=\frac{1}{2}$

$-\frac{1}{2}$ ، $+\frac{1}{2}$ ، I_3

n ، p

$m(p) \simeq m(n)$

$\frac{1}{2} \otimes \frac{1}{2} = 1 \oplus 0$

$2 \times 2 = 3 + 1$ → singlet

triplet

$|\uparrow\rangle$ و $|\downarrow\rangle$ →

$|S=1, m=1\rangle = |\uparrow\uparrow\rangle$

$|S=1, m=0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow\downarrow\rangle + |\downarrow\uparrow\rangle)$

$|S=1, m=-1\rangle = |\downarrow\downarrow\rangle$

$|S=0, m=0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow\downarrow\rangle - |\downarrow\uparrow\rangle)$

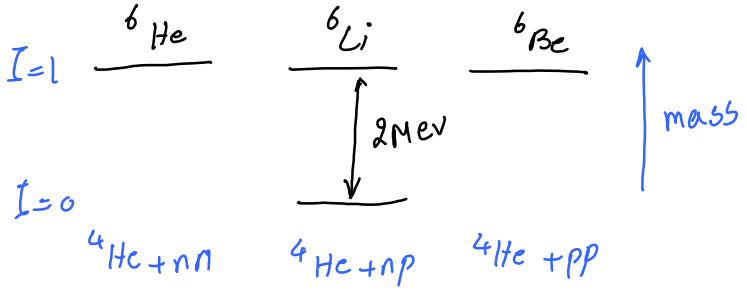
با استفاده از روابط بالا برای انرژی بستگی ^2H (دوترون) داریم:

$$\begin{cases} |I=1, I_3=1\rangle = pp \\ |I=1, I_3=0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(pn+np) \\ |I=1, I_3=-1\rangle = nn \end{cases} \quad , \quad |I=0, I_3=0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(pn-np)$$

دوترون ← (حالت مقید نوترون - پروتون)

در برهم‌کنش نوکلئون - نوکلئون با یک جمله $I_1 \cdot I_2$ دیده می‌شود که برای حالت تکتایی به $-3/4\hbar^2$ و برای حالت سه‌تایی به $1/4\hbar^2$ می‌رسد. بنابراین حالت تکتایی آن دهنده جاذبه است و تنها دوترون دیده می‌شود. (*مرتبن)

سه‌زوج ^6He, ^6Li, ^6Be را به‌صورت ^4He+nn و ^4He+np و ^4He+pp بنویسید.



گروه‌های تقارنی

- تعریف گروه: مجموعه A و عمل ∘ تشکیل یک گروه می‌دهند، اگر خواص زیر برقرار باشد:

1) closure : $\forall a_1, a_2 \in A : a_1 \cdot a_2 \in A$

2) Associativity: $\forall a_1, a_2, a_3 \in A : a_1 \cdot (a_2 \cdot a_3) = (a_1 \cdot a_2) \cdot a_3$

3) identity element : $\exists e \in A, \forall a \in A : e \cdot a = a \cdot e = a$

4) inverse element: $\forall a \in A, \exists a^{-1} \in A : a \cdot a^{-1} = a^{-1} \cdot a = e$

---

5) Commutativity: $\forall a_1, a_2 \in A : a_1 \cdot a_2 = a_2 \cdot a_1$ ← گروه آبلی است (Abelian group)

اگر خاصیت پنجم برقرار نباشد، گروه غیرآبلی است. (non-Abelian)

- گروه دوران فضای سه بعدی $O(3)$

$$RR^T = \mathbb{1} \longrightarrow \det R \times \underbrace{\det R^T}_{\det R} = 1 \Rightarrow \det R = \pm 1$$

$+1$ ← proper rotation

$O(3) \longrightarrow SO(3)$

دترمینان دوران، اندازه حرکت زاویه‌ای است.

اندازه حرکت زاویه‌ای ←

$$U = D(R) = \exp\left(-i\vec{J}\cdot\hat{n}/\hbar\right)$$

احتمال این که یک پیتا که در حالت $|\psi\rangle$ ایستاده است، در حالت $|\phi\rangle$ یافت شود، بعد دوران عوض نمی‌شود: $|\psi\rangle \to |\psi'\rangle = U|\psi\rangle$

$|\phi\rangle \to |\phi'\rangle = U|\phi\rangle$

$|\langle\phi|\psi\rangle|^2 = |\langle\phi|U^\dagger U|\psi\rangle|^2 = |\langle\phi|\psi\rangle|^2 \longrightarrow U = D(R)$: باید یکانی باشد

اگر بستگی تحت دوران ناوردا باشد: $\langle\phi'|H|\psi'\rangle = \langle\phi|U^\dagger H U|\psi\rangle = \langle\phi|H|\psi\rangle \Rightarrow H = U^\dagger H U$

$\longrightarrow UH = HU \Longrightarrow [H,U]=0$

جابجاگرها مولدهای دوران صفرند و مقدار چشمداشتی U ثابت حرکت است.

$[J_i, J_j] = i\epsilon_{ijk} J_k$ ثابت ساختار گروه

$J^2 = \sum_{i=1}^{3} J_i^2 \longrightarrow [J^2, J_i]=0 \longrightarrow J^2$: کازیمیر

- گروه تقارنی $SU(2)$

$S=\frac{1}{2} \Longrightarrow$ مولد $= \sigma_i \rightsquigarrow$ ماتریس‌های پائولی

$[\sigma_i, \sigma_j] = 2i\epsilon_{ijk}\sigma_k$

$SU(2)$ ↓ ماتریس‌های یکانی : $UU^\dagger = \mathbb{1}$

$\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma_2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$

- گروه تقارنی $SU(3)$ ← می‌تواند سه‌رنگ R، G، B یا سه طعم U، D، S و ... باشد.

↓ تعمیم‌پذیر به $SU(N)$، N^2-1 مولد دارد. بین $SU(3)$ های 8 مولدی است: ماتریس‌های گلمن Gell-Mann

$\lambda_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_2 = \begin{pmatrix} 0 & -i & 0 \\ i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

$\lambda_4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_5 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_6 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$

$\lambda_7 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -i \\ 0 & i & 0 \end{pmatrix} \quad \lambda_8 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}$

مولد گروه: $T_a = \frac{1}{2}\lambda_a \quad , a = 1, \dots, 8$

$\mathrm{Tr}(T_a T_b) = \frac{1}{2}\delta_{ab}$

$H_1 = T_3$

$H_2 = T_8$

رتبه N^2-1 مولد گروه، $N-1$ تای آنها قطری است که مولدهای کارتان نامیده می‌شوند.

رابطه جبر گروه: $[T_i, T_j] = i f_{ijk} T_k \qquad f_{123}=1 \qquad f_{458} = f_{678} = \sqrt{3}/2$

$f_{147} = f_{165} = \dots = \frac{1}{2}$

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.