

Từ vi mô đến vĩ mô

40 CÁC HẠT SƠ CẤP

I – MỤC TIÊU

- Nêu được hạt sơ cấp là gì.
- Nêu được tên một số hạt sơ cấp.

II – CHUẨN BỊ

Giáo viên

Chuẩn bị một bảng ghi các đặc trưng của các hạt sơ cấp.

III – THÔNG TIN BỔ SUNG

1. Quac

a) *Quac là gì ?*

Từ những năm 1970, nhờ các máy gia tốc cực mạnh người ta đã tìm ra hàng trăm hạt hadrôn. Sự tồn tại một số khá lớn các hadrôn đã dẫn các nhà vật lí tới kết luận : Các hadrôn chưa phải là những "viên gạch" cuối cùng tạo nên các chất ; nói cách khác các hadrôn được tạo bởi các hạt vi mô có kích thước nhỏ hơn (dưới 10^{-15} m). Các hạt vi mô này được gọi là *hạt quac*.

Bảng 40.1. Các quac

b) *Đặc tính của các quac*

M. Ghen-man (Gell-Mann) và G. Svây (Zweig) là những nhà vật lí đầu tiên nêu lên giả thuyết về hạt quac :

- Mỗi hadrôn đều tạo bởi một số hạt quac.
- Có 6 hạt quac cùng với 6 phản quac tương ứng (B.40.1).

Quac	Kí hiệu	$\frac{q}{e}$	spin
up (lên)	u	2/3	1/2
down (xuống)	d	- 1/3	1/2
strange (lạ)	s	- 1/3	1/2
charm (duyên)	c	2/3	1/2
bottom (đáy)	b	- 1/3	1/2
top (đỉnh)	t	2/3	1/2

– Các quac đều là fermion và có điện tích phân số.

Sự tồn tại của các quac đã được thực nghiệm chứng minh (Friedman).

Bảng 40.2

	Hạt	Cấu tạo
Mêzôn	π^+	$u\bar{d}$
	π^-	$\bar{u}d$
	K^-	$\bar{u}s$
	$K^+ = \bar{K}^-$	$u\bar{s}$
Barion	p	uud
	n	udd
	Λ^0	uds

c) *Cấu tạo quac của các hadrôn*

Theo Ghen-man và Svây, các hadrôn đều cấu tạo bởi một tổ hợp quac và phản quac. Cụ thể : mỗi mêzôn tạo bởi một quac và một phản quac ; mỗi barion tạo bởi ba quac (B. 40.2).

Tóm lại với 12 hạt quac và phản quac có thể tạo nên tất cả các hadrôn.

2. Tương tác của các hạt sơ cấp

Các hạt sơ cấp luôn biến đổi và tương tác với nhau. Các quá trình đó xảy ra muôn hình muôn vẻ ; tuy nhiên người ta chứng minh được rằng chúng đều quy về bốn loại tương tác cơ bản sau đây.

a) *Tương tác điện từ*

Tương tác điện từ là tương tác giữa các hạt mang điện và giữa phôtôn với các hạt mang điện. Tương tác này là bản chất của các lực Cu-lông, lực điện từ, lực Lo-ren, lực liên kết phân tử, nguyên tử,...

b) *Tương tác mạnh*

Tương tác mạnh là tương tác giữa các hadrôn ; không kể các quá trình phân rã của chúng. Một trường hợp riêng của tương tác mạnh là lực hạt nhân.

Tương tác mạnh quy về tương tác giữa các hạt quac. Tương tác giữa các quac có một đặc tính là : khi các quac lại gần nhau thì tương tác giữa chúng rất yếu, không đáng kể, có thể coi như chúng ở trạng thái tự do. Trái lại khi khoảng cách giữa các quac tăng lên thì tương tác giữa chúng trở nên cực mạnh. Điều này giải thích tại sao ta không thể quan sát được các quac ở trạng thái tự do. Các tác giả của công trình này đã được giải Nô-ben năm 2004 (D. J. Gross – H. D. Politzer – F. Wilczek).

c) *Tương tác yếu – Các leptôn*

Đó là tương tác có các leptôn tham gia, ví dụ : các quá trình phân rã β^\pm :

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

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

Các neutrino ν_e luôn luôn đi đôi với e^+ và e^- . Sau đó người ta tìm thêm được hai lepton tương tự như electron là μ^- và τ^- . Tương ứng với chúng có hai loại neutrino là ν_μ và ν_τ .

d) *Tương tác hấp dẫn*

Tương tác giữa các vật có khối lượng khác không ($\neq 0$).

3. Mô hình chuẩn

Ta hãy xét các dạng vật chất tạo nên vũ trụ.

a) *Hạt chất*

- Các phân tử, nguyên tử tạo bởi các hạt nhân và electron.
- Các hạt nhân tạo bởi nuclôn.
- Các nuclôn và các hạt hadrôn khác tạo bởi các quac.

Tóm lại các chất xung quanh ta đều được tạo bởi các quac (cùng với các đối quac) và các lepton (electron, myon, hạt tau τ và các neutrino tương ứng) :

$$\begin{pmatrix} e^- \\ \nu_e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu^- \\ \nu_\mu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tau \\ \nu_\tau \end{pmatrix}$$

Các hạt quac và các lepton trên đây được gọi là các *hạt chất*.

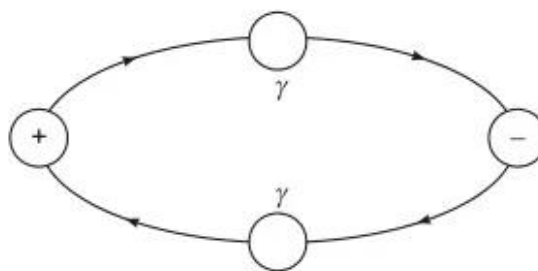
b) *Hạt trường*

Nhiều sự kiện thực nghiệm dẫn tới giả thuyết rằng, tương tác giữa các hạt sơ cấp không phải là tương tác trực tiếp. Hai hạt sơ cấp tương tác với nhau thông qua sự trao đổi một hạt thứ ba gọi là *hạt trường*.

Thực nghiệm đã chứng tỏ hai hạt tích điện tương tác với nhau – tương tác điện từ – thông qua sự trao đổi một hạt photon (H.40.1).

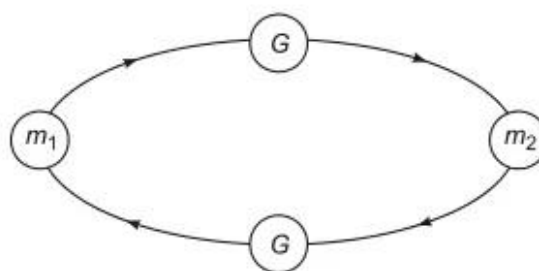
Hạt photon được gọi là hạt trường (hay lượng tử) của tương tác điện từ.

Năm 1983, Các-lô Ru-bi-a (Carlo Rubbia) cùng với 146 cộng sự, sau năm năm nghiên cứu trên máy gia tốc 540 GeV đã tìm ra các hạt trường của tương tác yếu. Các hạt này được gọi là bôzôn trung gian kí hiệu là W^+ , W^- và Z^0 .



Hình 40.1

Hiện nay người ta đang tìm kiếm các hạt trường của tương tác mạnh (được gọi là *gluôn*, kí hiệu là g) và hạt trường của tương tác hấp dẫn (gọi là *gravitôn* kí hiệu là G) (H.40.2).



Hình 40.2. Tương tác hấp dẫn.

c) *Mô hình chuẩn (standard model)*

Có thể tóm tắt mô hình cấu tạo của vũ trụ như sau :

- Vật chất tồn tại dưới hai dạng là *chất* (các hạt) và *trường* (tương tác).
- *Dạng chất* tạo bởi các hạt quac cùng với các hạt leptôn (có thể gọi là các hạt cơ bản – viên gạch tạo nên các hạt khác).
- *Dạng trường* bao gồm bốn loại tương tác cùng với các *hạt trường* (hạt truyền tương tác) tương ứng.

Mô hình này được gọi là *mô hình chuẩn* (của cấu tạo vũ trụ). Từ mô hình này đã rút ra rất nhiều hệ quả phù hợp với thực nghiệm.

Bảng 40.3. *Mô hình chuẩn*

Hạt cơ bản (chất)		Trường (tương tác)	
Quac	Lepton	Dạng tương tác	Hạt trường
u	ν_e	hấp dẫn	gravitôn (G)
d	e		
c	ν_μ	yếu	W^+, W^-, Z^0
s	μ	điện từ	phôtôn (γ)
t	τ	mạnh	gluôn (g)
b	ν_τ		

IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

Bài này dạy trong 1 tiết.

Trong bài này yêu cầu cơ bản là làm cho HS nắm được những khái niệm rất cơ bản về thế giới vật chất xung quanh chúng ta, thông qua các ví dụ đơn giản, gần gũi... do GV nêu ra hoặc các HS nêu ra qua sự gợi ý của GV.

V – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

C1. Phân tử, nguyên tử không phải là hạt sơ cấp.

1. Năng lượng liên kết của prôtôn trong hạt nhân ${}^4_2\text{He}$ lớn hơn rất nhiều năng lượng liên kết của êlectron trong nguyên tử hiđrô.

2. Lepton là các hạt nhẹ, khối lượng dưới $200 m_e$ tham gia tương tác yếu.

3. a) Lực ma sát : tương tác điện từ.

b) Lực liên kết hoá học : tương tác điện từ.

c) Trọng lực : tương tác hấp dẫn.

d) Lực Lo-ren : tương tác điện từ.

e) Lực hạt nhân : tương tác mạnh.

f) Lực liên kết trong phân rã β : tương tác yếu.