

Chương 8b: Hạt cơ bản

8b.1 Các hạt dưới nguyên tử

8b.2 Máy gia tốc và máy dò hạt

8b.3 Các hạt cơ bản

8b.4 Hạt cơ bản và lịch sử vũ trụ



8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (1)

Mở đầu

- Cho đến nay chúng ta đã biết các hạt:
 - Photon γ
 - Electron e^-
 - Proton p
 - Neutron n
 - π meson: π^0, π^+, π^- *trong tương tác hạt nhân*
 - Electron-neutrino ν_e *trong phân rã β^+*
- Chúng ta cũng đã biết các phản hạt:
 - Positron e^+
 - Phản electron-neutrino $\bar{\nu}_e$ *trong phân rã β^-*



8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (2)

- Cho đến nay các nhà khoa học đã tìm được trên 100 hạt dưới nguyên tử. Subatomic particles
- Mỗi hạt lại có phản hạt tương ứng.
- Chúng ta cũng đã biết bốn loại tương tác, theo cường độ giảm dần:
 - Tương tác mạnh (hạt nhân)
 - Tương tác điện từ
 - Tương tác yếu (phân rã β)
 - Tương tác hấp dẫn

Trong một số trường hợp, phản hạt trùng với hạt.



8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (3)

Các hadrons: baryons và mesons

- **Hadrons** là những hạt thể hiện tương tác mạnh.
- Chúng cũng có thể có các loại tương tác khác.
- Hadrons được chia làm hai loại:
 - **Baryons**
 - **Mesons**
- Các hadrons có thể mang điện dương, âm hay trung hòa.

Tiếng Hy Lạp

Hadron: mạnh

Baryon: nặng

Meson: trung bình



8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (4)

Các baryons

- Baryons là fermions. Fermions: các hạt có spin bán nguyên
 - n, p Nucleons
 - $\Lambda, \Sigma, \Omega, \Delta, \Xi \dots$ Hyperons
- Số baryon B : là một số lượng tử gán cho mỗi baryon.
 - Các baryons có $B = +1$
 - Phản hạt của chúng có $B = -1$
- Trong một phản ứng số baryon được bảo toàn.

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

$$B: 1 = 1 + 0 + 0$$

Baryon phải xuất hiện từng cặp trong một phản ứng



8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (5)

Các mesons

- Mesons là bosons.
 - π , K, η , J/ ψ , ρ , Υ ...

Bosons: các hạt có spin nguyên

- Mesons và các phản mesons đều có $B = 0$.

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

$$B: 1 = 1 + 0$$

Meson có thể xuất hiện riêng lẻ trong một phản ứng

8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (6)

Các leptons

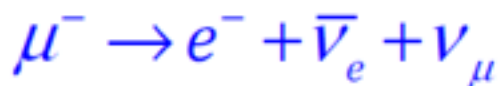
- Leptons là các fermions, có spin $\frac{1}{2}$, rất nhẹ.
- Không thể hiện tương tác mạnh.
- Đặc trưng bởi **số lepton** $L = 1$, phản hạt có $L = -1$.

Thế hệ	Lepton	Điện tích(e)	Số lepton
1	Electron neutrino ν_e	0	$L_e = 1$
	Electron e^-	-1	
2	Muon neutrino ν_μ	0	$L_\mu = 1$
	Muon μ^-	-1	
3	Tau neutrino ν_τ	0	$L_\tau = 1$
	Tau τ^-	-1	



8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (7)

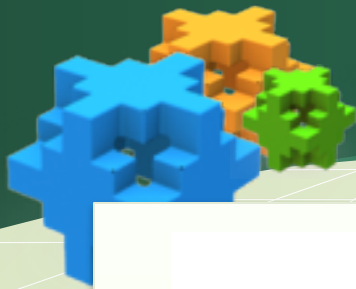
- Số lepton của từng thế hệ bảo toàn trong một phản ứng.



$$L_e: 0 = 1 - 1 + 0$$

$$L_\mu: 1 = 0 + 0 + 1$$

Các lepton của mỗi thế hệ phải xuất hiện từng cặp



8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (8)

Phản hạt

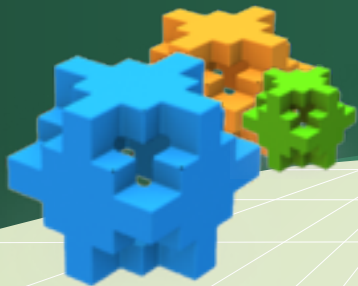
- P. Dirac (1927) tiên đoán sự tồn tại của phản hạt khi mở rộng Cơ học lượng tử cho các hạt tương đối tính.
- C. D. Anderson (1932) phát hiện phản hạt đầu tiên (positron) trong các tia vũ trụ.
- Phản hạt có điện tích, số baryon, số lepton trái dấu, hay cũng có thể trùng với chính hạt.
- Hiện tượng sinh và hủy cặp:

$$\gamma \rightarrow e^{-} + e^{+}$$

Photon phân rã thành cặp hạt - phản hạt

$$e^{-} + e^{+} \rightarrow 2\gamma$$

Cặp hạt - phản hạt biến mất, tạo ra 2 photon



Chương 8a: Nguyên tử kiểm

8b.1 Các hạt dưới nguyên tử

8b.2 Máy gia tốc và máy dò hạt

8b.3 Các hạt cơ bản

8b.4 Hạt cơ bản và lịch sử vũ trụ



8b.2 Máy gia tốc và máy dò hạt

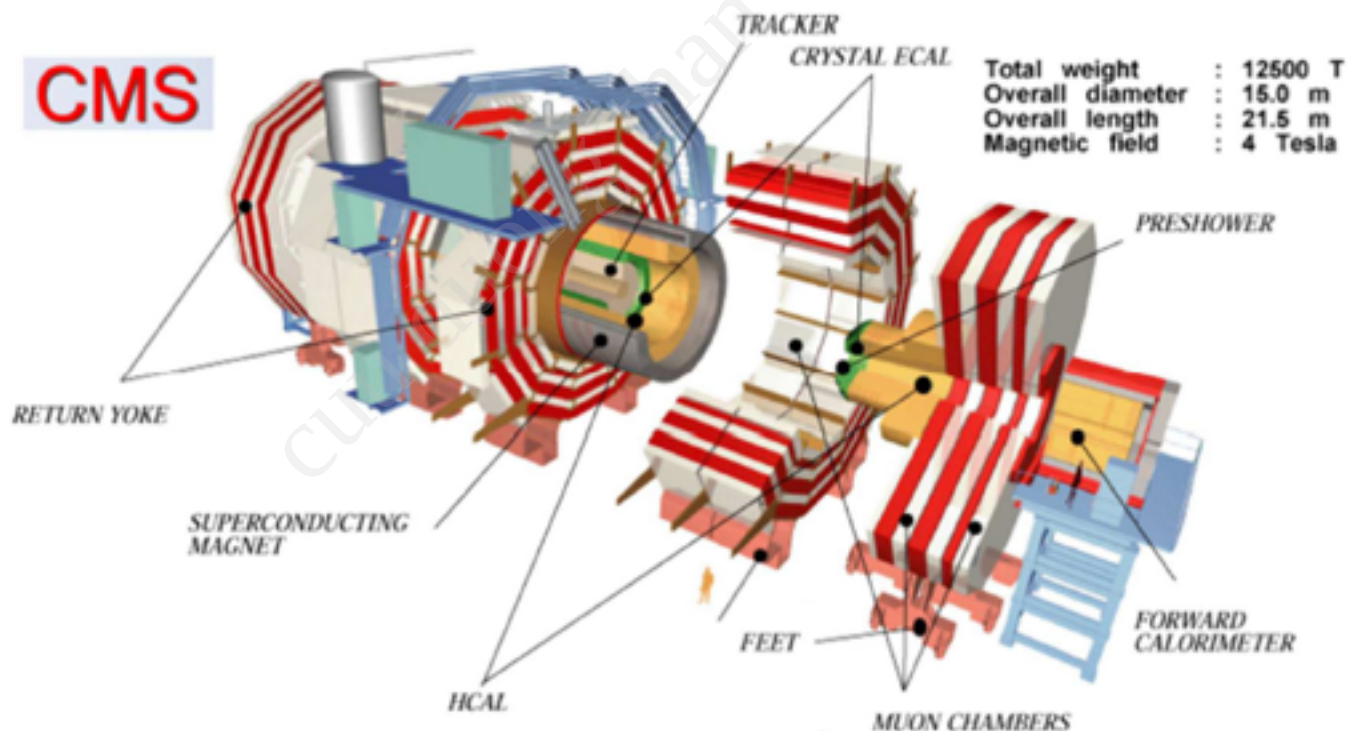
Máy gia tốc hạt

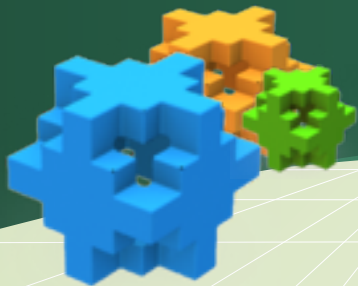
- Các nhà khoa học tìm ra các hạt mới bằng cách:
 - Tìm kiếm trong các tia vũ trụ.
 - Cho các hạt năng lượng cao đến va chạm nhau trong các máy gia tốc hạt, tạo ra các hạt mới.
- Trong máy gia tốc, các hạt được gia tốc bằng điện từ trường.
- Máy gia tốc ở CERN, nơi phát hiện các bosons W và Z.
- Mô phỏng hoạt động máy LHC ở CERN.

8b.1 Các hạt dưới nguyên tử (1)

Máy dò hạt

- Các nhà khoa học dùng từ trường để xác định dấu của điện tích và động lượng của các hạt.
- Máy dò muon CMS ở Fermilab.





Chương 8a: Nguyên tử kiểm

8b.1 Các hạt dưới nguyên tử

8b.2 Máy gia tốc và máy dò hạt

8b.3 Các hạt cơ bản

8b.4 Hạt cơ bản và lịch sử vũ trụ



8b.3 Các hạt cơ bản (1)

- Thực nghiệm đã xác nhận thuyết “Mô hình chuẩn”, theo đó tất cả được cấu tạo từ 12 hạt cơ bản và các phản hạt của chúng.
- Các hạt cơ bản này có spin $\frac{1}{2}$, gồm hai nhóm:
 - Nhóm leptons
 - Nhóm quarks
- Chúng tương tác thông qua các bosons truyền:
 - tương tác điện từ: photon γ
 - tương tác yếu: bosons W^- , W^+ , Z^0
 - truyền tương tác mạnh: gluons g



8b.3 Các hạt cơ bản (4)

Cấu tạo của các hadrons

- Các baryons được cấu tạo từ ba hạt quarks.
- Các phản baryons thì gồm ba phản quarks.
- Các mesons được cấu tạo từ một quark và một phản quark.



8b.3 Các hạt cơ bản (4)

Baryons are massive particles which are made up of three quarks

Particle	Symbol	Makeup	Rest mass MeV/c ²	Spin	B	S	Lifetime (second s)	Decay Modes
Proton	p	uud	938.3	1/2	+1	0	Stable	...
Neutron	n	ddu	939.6	1/2	+1	0	920	$p e^- \bar{\nu}_e$
Lambda	Λ^0	uds	1115.6	1/2	+1	-1	2.6×10^{-10}	$p \pi^-, n \pi^0$
Sigma	Σ^+	uus	1189.4	1/2	+1	-1	0.8×10^{-10}	$p \pi^0, n \pi^+$
Sigma	Σ^0	uds	1192.5	1/2	+1	-1	6×10^{-20}	$\Lambda^0 \gamma$
Sigma	Σ^-	dds	1197.3	1/2	+1	-1	1.5×10^{-10}	$n \pi^-$
Delta	Δ^{++}	uuu	1232	3/2	+1	0	0.6×10^{-23}	$p \pi^+$
/.. -								

8b.3 Các hạt cơ bản (2)

12 hạt cơ bản

FERMIONS

matter constituents
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Leptons spin = 1/2

Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_L lightest neutrino*	$(0-0.13)\times 10^{-9}$	0
e electron	0.000511	-1
ν_M middle neutrino*	$(0.009-0.13)\times 10^{-9}$	0
μ muon	0.106	-1
ν_H heaviest neutrino*	$(0.04-0.14)\times 10^{-9}$	0
τ tau	1.777	-1

Quarks spin = 1/2

Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
u up	0.002	2/3
d down	0.005	-1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	-1/3
t top	173	2/3
b bottom	4.2	-1/3

8b.3 Các hạt cơ bản (3)

Các boson truyền tương tác

BOSONS

force carriers
spin = 0, 1, 2, ...

Unified Electroweak spin = 1

Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
 photon	0	0
 W ⁻	80.39	-1
 W ⁺ W bosons	80.39	+1
 Z ⁰ Z boson	91.188	0

Strong (color) spin = 1

Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
 gluon	0	0



Tổng kết

Elementary particles

Fundamental fermions
(MATTER - ANTIMATTER
PARTICLES)

QUARKS - ANTIQUARKS
LEPTONS-ANTILEPTONS

Fundamental Bosons
(**force particles**)
that mediate interaction
between fermions

GAUGE BOSONS
and HIGGS BOSONS

Tổng kết

QUARKS	mass → $\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ charge → $2/3$ spin → $1/2$  up	mass → $\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ charge → $2/3$ spin → $1/2$  charm	mass → $\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ charge → $2/3$ spin → $1/2$  top	mass → 0 charge → 0 spin → 1  gluon	mass → $\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ charge → 0 spin → 0  Higgs boson
	mass → $\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ charge → $-1/3$ spin → $1/2$  down	mass → $\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ charge → $-1/3$ spin → $1/2$  strange	mass → $\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ charge → $-1/3$ spin → $1/2$  bottom	mass → 0 charge → 0 spin → 1  photon	
	mass → $0.511 \text{ MeV}/c^2$ charge → -1 spin → $1/2$  electron	mass → $105.7 \text{ MeV}/c^2$ charge → -1 spin → $1/2$  muon	mass → $1.777 \text{ GeV}/c^2$ charge → -1 spin → $1/2$  tau	mass → $91.2 \text{ GeV}/c^2$ charge → 0 spin → 1  Z boson	GAUGE BOSONS
	mass → $< 2.2 \text{ eV}/c^2$ charge → 0 spin → $1/2$  electron neutrino	mass → $< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ charge → 0 spin → $1/2$  muon neutrino	mass → $< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ charge → 0 spin → $1/2$  tau neutrino	mass → $80.4 \text{ GeV}/c^2$ charge → ± 1 spin → 1  W boson	

6 QUARKS, 6 LEPTONS and their antiparticles