

20218

## Partícules Elementals

Professor: Joan Solà

(Part Comuna als dos plans)

### Part I: Partícules, Camps i Simetries

#### 1) Introducció General

- 1.1 El "zoo" de les partícules elementals. Primera aproximació a la taula de les partícules: leptons, hadrons, quarks.
- 1.2 Les interaccions fonamentals: Partícules de matèria i de radiació. Introducció informal a la "diagramàtica" de Feynman.
- 1.3. Producció i detecció de les partícules elementals. Els acceleradors actuals i futurs: LEP, Tevatron, Hera, LHC, NLC.

#### 2) Cinemàtica Relativista

- 2.1 Cinemàtica de desintegració relativista  $1 \rightarrow 2$ .
- 2.2 Cinemàtica de col·lisions  $2 \rightarrow 2$  entre partícules relativistes.
- 2.3 Relació entre els sistemes centre de massa i de fitó fix.
- 2.4 Variables de Mandelstam per a processos  $2 \rightarrow 2$  i  $1 \rightarrow 3$ .
- 2.5 Simetria d'encreuament.

#### 3) Amplituds d'interacció i secció eficaç.

- 3.1 Operador d'evolució i matriu S. Unitarietat.
- 3.2 Espai fàsic. Nombre d'estats accessibles.
- 3.3 Amplitud d'interacció invariant Lorentz: matriu T.
- 3.4 Seccions eficaces i ritmes de desintegració.
- 3.5 Regla d'or de Fermi per a processos relativistes.
- 3.6 Integrals d'espai fàsic per a processos  $2 \rightarrow 2$  i  $1 \rightarrow 3$ .

#### 4 ) Partícules i equacions de camp.

- 4.1 Camps escalars, vectorials i spinorials.
- 4.2 L'equació de Klein-Gordon.
- 4.3 L'equació de Dirac i l'àlgebra de matrius de Dirac.
- 4.4 Spin i moment magnètic d'un fermió de Dirac.
- 4.5 L'equació d'ona i el fotó. Spin del fotó.

## **5) Simetries contínues i discretes.**

- 5.1** Simetries contínues i lleis de conservació.
- 5.2** Simetries discretes: Paritat i conjugació de càrrega. Violació de C i P en interaccions febles.
- 5.3** CP, T i teorema CPT. Conseqüències.

## **6) Els hadrons i el model de quarks.**

- 6.1** Els mesons i les interaccions fortes efectives.
- 6.2** Estranyesa i isospin.
- 6.3** El grup SU(2) d'isospin. Relacions entre seccions eficaces de processos forts.
- 6.4** Matemàtiques bàsiques dels grups SU(n).
- 6.5** El model SU(3) de Gell-Mann dels quarks. Extensions.
- 6.6** Un nou nombre quàntic: el "color".

# **Part II: Dinàmica de les Interaccions Fonamentals**

## **1) Lagrangians i camps, clàssics i quàntics.**

- 1.1**.Lagrangià i equacions clàssiques de moviment d'un camp.
- 1.2** Teorema de Noether en Teoria de Camps.
- 1.3** El Lagrangià "clàssic" de l'electrodinàmica quàntica.
- 1.4** Les imatges de Schrödinger i de Heisenberg.
- 1.5**.Camps quàntics i operadors. Noció de "segona quantificació".

## **2) Interaccions electromagnètiques**

- 2.1.** Regles de Feynman de l'Electrodinàmica Quàntica.
- 2.2** L'Electrodinàmica Quàntica escalar.
- 2.3** Processos leptònics: Compton, Bhabha, Thomson, etc.
- 2.4.**Interaccions electromagnètiques dels hadrons: funcions d'estrucció.
- 2.5** La QED com a teoria "gauge" U(1).

### **3) Interaccions fortes: Cromodinàmica Quàntica**

- 3.1 Teories gauge no abelianes. De  $U(1)$  a  $SU(3)_c$ .**
- 3.2 El Lagrangià de QCD.**
- 3.3 El model de partons i la difusió profundament inelàstica.**
- 3.4 Noció de llibertat asimptòtica i esclavatge infraroig.**

### **4) El Model Estàndard de les interaccions electrofebles.**

- 4.1 Les interaccions febles "clàssiques": teoria de Fermi.**
- 4.2 El decaïment del muó i la desintegració- $\beta$ .**
- 4.3 Processos semileptònics. Teoria de Cabibbo.**
- 4.4 Corrents neutres front a corrents carregats. Bosons gauge.**
- 4.5 Trencament espontani de simetria: mecanisme de Higgs.**
- 4.6 El Model de Glashow-Weinberg-Salam de les interaccions electrofebles: el Lagrangià invariant  $SU(2) \times U(1)$ .**

## **Tòpics Avançats (Part no comuna per al pla vell)**

### **1) Massa, spin i grup de Poincaré.**

- 1.1 El grup de rotacions.**
- 1.2 Variables dinàmiques i grup de Lorentz.**
- 1.3 Representacions no unitàries de dimensió finita.**
- 1.4 El grup de Poincaré.**
- 1.5 Estats físics de massa i spin definits. Representacions unitàries de dimensió infinita: "partícules".**

### **2) Aspectes avançats del model de quarks.**

- 2.1 Representacions irreductibles: mètode tensorial.**
- 2.2 Fòrmula de masses de Gell-Mann/Okubo.**
- 2.3 Teoria  $SU(6)$ .**
- 2.4 Moments magnètics dels nucleons.**

### **3) Aspectes estructurals avançats del Model Estàndard**

- 3.1** Detalls sobre l'estructura gauge  $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$ .
- 3.2** Unitarietat i corrents neutres.
- 3.3** Unitarietat residual i camps escalars de Higgs.
- 3.4** El mecanisme de Higgs i el Teorema de Goldstone.
- 3.5** La matriu de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa i la violació de CP en el Model Estàndard.

### **4) Efectes quàntics: renormalització.**

- 4.1** Diagrames de "loop" i divergències ultraviolades.
- 4.2** Renormalització de la càrrega elèctrica. Polarització del buit.
- 4.3** Noció de grup de renormalització.
- 4.4** Correccions radiatives en general. Tests experimentals.

### **5) Fenomenologia del Model Estàndard**

- 5.1** Física de neutrinos. Corrents neutres i carregats.
- 5.2** Física dels bosons W i Z. Producció i decaïment.
- 5.3** Física del bosó escalar de Higgs estàndard. Higgs carregats.
- 5.4** Física del quark top. Producció i modes de desintegració.

## Bibliografia

Alguns llibres de caràcter introductori:

- 1.-Introduction to Elementary Particles,**  
D. Griffiths (John Wiley and Sons, Inc, 1987).
- 2.- Introduction to High Energy Physics,**  
D.H. Perkins (Addison-Wesley, 1982).
- 3.-Quarks and Leptons,**  
F. Halzen and D. Martin (John Wiley and Sons, 1984).
- 4.-Modern Elementary Particle Theory,**  
G. Kane (Addison-Wesley, 1987).

Alguns llibres de caràcter més avançat:

- 1.-Gauge Theories of the Strong, Weak and Electromagnetic Interactions,**  
C. Quigg, (Benjamin-Cumming, 1983)
- 2.-Gauge Theories of Elementary Particles**  
T.P. Cheng and L.F. Li (Clarendon Press, Oxford, 1986)
- 3.-Grand Unified Theories**  
G.G. Ross (Benjamin-Cumming, 1985)
- 4.-Quarks, Leptons and Gauge Fields,**  
K. Huang, (World Scientific, 1993).
- 5.-Dynamics of the Standard Model,**  
J.F. Donohue, E. Golowich, B.R. Holstein  
(Cambridge Univ. Press, 1992).