

Partícules Elementals

Bloc I: Partícules, Nombres Quàntics 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.
- 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 relativista de processos $1 \rightarrow 2$ i $2 \rightarrow 2$.
- 2.2 Variables de Mandelstam per a processos $2 \rightarrow 2$ i $1 \rightarrow 3$.
- 2.3 Simetria d'encreuament.

3) Amplituds d'interacció i secció eficaç

- 3.1 Operador d'evolució i matriu S.
- 3.2 Amplitud d'interacció invariant Lorentz: matriu T.
- 3.3 Seccions eficaces i ritmes de desintegració.
- 3.4 Unitarietat de S i Teorema Optic.
- 3.5 Integrals d'espai fàsic per a processos $2 \rightarrow 2$ i $1 \rightarrow 3$.

4) Spin

- 4.1 Partícules de spin zero. Els mesons i el potencial de Yukawa.
- 4.2 Mètode del balanç detallat. Spin del pió.
- 4.3 Spin i moment magnètic d'un fermió de Dirac.
- 4.4 Partícules i antipartícules en la teoria de Dirac.
- 4.5 Spin, helicitat i quiralitat. Spin-helicitat del neutrino.
- 4.6 L'equació d'ona i el fotó. Spin-helicitat del fotó.
- 4.7 Helicitat i distribucions angulars en processos de scattering.

5) Simetries discretes

- 5.1 Paritat orbital i paritat intrínseca en Mecànica Quàntica.
- 5.2 Conservació de **P** en interaccions fortes i electromagnètiques.
- 5.3 El "puzzle $\theta - \tau$ " i la violació de **P** en les interaccions febles.
- 5.4 Conjugació de càrrega i Principi de Pauli Generalitzat.
- 5.5 Violació de **C** en interaccions febles.
- 5.6 Les operacions **CP**, **T** i el Teorema **CPT**. Conseqüències.
- 5.7 El sistema $K^0 - \bar{K}^0$ i la violació de **CP** en les interacc. febles.

6) Simetries contínues

- 6.1 Les càrregues. Càrrega elèctrica, nombres bariònic i leptònic.
- 6.2 Simetria de càrrega i independència de càrrega en Física Nuclear. Origen històric de la simetria d'isospin.
- 6.3 El grup **SU(2)** d'isospin de les interaccions fortes.
- 6.4 El deuteró i el Principi de Pauli Generalitzat.
- 6.5 Relacions entre seccions eficaces de processos forts.
- 6.6 Estranyesa i hipercàrrega. Relació de Gell-Mann/Nishijima.

7) Els hadrons i el model de quarks

- 7.1 Precursors històrics del model de quarks.
- 7.2 L'espectroscopia dels hadrons i el "camí òctuple".
- 7.3 Matemàtiques bàsiques dels grups **SU(n)**.
- 7.4 El model **SU(3)** de Gell-Mann dels quarks. Nous "sabors".
- 7.5 Un nombre quàntic més: el "color".

Bloc II: Dinàmica de les Interaccions Fonamentals

8) Interaccions electromagnètiques: QED

- 8.1 Exemples de processos electromagnètics leptònics.
- 8.2 Regles de Feynman de l'Electrodinàmica Quàntica.
- 8.3 Collisions electró-protó: factors de forma.
- 8.4 Collisions profundament inelàstiques.
- 8.5 Model de Partons. "Scaling".
- 8.6 $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$ i el nombre de colors dels quarks.
- 8.7 La QED com a teoria de galga ("gauge") **U(1)**.

9) Interaccions fortes: QCD

- 9.1 El model de partons i la violació del "scaling".
- 9.2 Noció de llibertat asimptòtica i esclavatge infraroig.
- 9.3 De $U(1)$ a $SU(3)_c$. Dels fotons als "gluons."

10) El Model Estàndard de les interaccions electrofebles.

- 10.1 Teoria de Fermi de la desintegració- β .
- 10.2 Corrents neutres front a corrents carregats.
- 10.3 Trencament espontani de simetria: mecanisme de Higgs.
- 10.4 Introducció al Model $SU(2) \times U(1)$ de Glashow-Weinberg-Salam de les interaccions electrofebles.

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).

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, 1992).
- 5.-**Dynamics of the Standard Model**.
J.F. Donohue, E. Golowich, B.R. Holstein
(Cambridge Univ. Press, 1992).

Objectius i criteris d'avaluació

Aquesta assignatura té per objectiu familiaritzar l'alumne amb els fets essencials relacionats amb les interaccions fonamentals de la Natura a nivell de constituents bàsics de la matèria. Hom estudia, per tant, la teoria quàntica relativista de les interaccions electromagnètiques, fortes i febles, excloent la gravitació. L'objectiu final és explicar els trets més rellevants del Model Estandard de les Interaccions fortes i electrofebles, o model de Glashow-Weinberg-Salam. Al llarg del curs s'insisteix en el concepte de simetria (simetries discretes i contínues) com a guia per a la classificació de les partícules i la formulació de les interaccions (simetria de galga o "gauge"). Evidentment resulta de gran utilitat que l'alumne hagi ja tingut un primer contacte amb aquestes matèries en el curs obligatori de Física Nuclear i de Partícules.

L'avaluació es realitza per mitjà d'un examen escrit que generalment consta de dues parts separades, teoria i problemes. Però també es té en compte en bona mesura la participació de l'alumne en els exercicis de classe.