

TITULACIÓ : Física

ASSIGNATURA : Teoria Quàntica de Camps

Crèdits totals:

T:

PP:

PA:

PL:

Departament responsable: Física

Semestre:

OBJECTIUS

L'assignatura és una introducció a les teories quàntiques de camps relativistes, que constitueixen el llenguatge matemàtic que usa la física de partícules elementals. Es pretén donar una visió general dels seus aspectes més fonamentals: creació i anihilació de partícules; teoria de pertorbacions; renormalització. Es pretén també que s'arribin a conèixer els aspectes bàsics de l'Electrodinàmica Quàntica (QED), i capacitat a l'alumne per a calcular processos elementals a nivell arbre, no només de QED sinó també d'altres models o teories (Electrodinàmica escalar, $\lambda\phi^4$, Model Estàndard, etc.), i tenir algunes nocions molt elementals de què són correccions radiatives. Finalment, l'assignatura pretén introduir el concepte de teories de *gauge* i donar alguns aspectes de la seva quantització covariant (fixació del *gauge*, espais amb mètrica indefinida, identitats de Ward, etc.).

CONTINGUTS

1. PRELIMINARS

1. Camps relativistes/Mecànica quàntica relativista

-Grup de Lorentz. Covariància. -Camp de Klein-Gordon. -Camp de Direc. Covariància de l'equació de Direc. Matrius de Dirac. Representació de rotacions i *boosts*. *Spinor* adjunt. γ_5 . -Camp de Proca-Maxwell. -Camp electromagnètic.

2. Solucions en forma d'ones planes

-Camp de Klein-Gordon. -Camp de Dirac. *Spinors* u i v. "Diracologia". -Camp electromagnètic. Problemes amb l'invariància *gauge*.

3. Formulació hamiltoniana de la teoria clàssica de camps

-Densitat hamiltoniana i hamiltonià. -Equacions d'hamilton. -Conservació de l'energia. -Derivada funcional. -Parèntesis de Poisson.

4. Teorema de Noether

-Tensor d'energia-impuls. Moment lineal. -Tensor Moment angular. -Simetries internes. Simetria U(1) i conservació de la càrrega.

2. CAMPS QUÀNTICS LLIURES

1. Quantització del camp de Klein-Gordon

-Commutadors a temps iguals. Operadors de creació i anihilació. -Operador hamiltonià. Ordenació normal. Operador número. El buit. -Espai de Fock. Estats d'una partícula. Connexió amb mecànica quàntica. Estats de N partícules. Consistència/Covariància de la teoria quàntica.

2. Quantització del camp de Dirac

- Anticommutadors a temps iguals. Teorema de *spin*-estadística. Operadors de creació i anihilació.
- Operador hamiltonià. Ordenació normal per fermions. Operador número. El buit. Espai de Fock. Estats d'una partícula (*spin* i càrrega del electró). Estats de N partícules. Principi d'exclusió.

3. Quantització del camp electromagnètic (Gupta-Bleuler).

- Terme de fixació de *gauge*. Quantització. Estats de norma negativa. –El hamiltonià del camp de Maxwell. –Subespai físic. Independència del grau de llibertat no físics per a les magnituds observables.

3. CAMPS QUÀNTICS EN INTERACCIÓ: NIVELL ARBRE

1. Introducció

- QED. El Lagrangian. QED com una teoria de *gauge*. Equacions d'evolució. Regles de commutació/anticommutació. – Imatges de Schrödinger, Heisenberg i de interacció.

2. Matriu S i Teoria de perturbacions

- L'espectre d'una teoria en interacció. –Estats *in* i *out*. La matriu S . –Funcions de Green. –Fórmula de Gell-Mann Low. –Formalisme LSZ. Fórmula de reducció. La massa física i la renormalització de la funció d'ona.

3. Diagrames de Dyson y Feynman: Regles de Feynman per a la QED

- Teorema de Wick. Ordenació normal, temporal, mixta. Contracció. –Propagadors de Feynman.
- Diagrames de Dyson. – Diagrames de Feynman (exemple: scattering Compton).

4. Secció eficaç i l'amplada de desintegració

- Fórmula aurea de la secció eficaç. –Fórmula de l'amplada de desintegració. –Aplicació: *scattering* Compton.

4. CORRECCIONS RADIATIVES: UN "LOOP"

1. Divergències UV

- Funcions de Green 1PI. –Comptatge de potències. –Funcions de Green 1PI divergents UV: Autoenergia de l'electró $\Sigma(p)$. Polarització del buit $\Pi_{\mu\nu}(q)$. La funció vèrtex $\Gamma(p, p')$. Transversalitat de $\Pi_{\mu\nu}(q)$. –Identitat de Ward.

2. Regularització dimensional

- Rotació de Wick. –Parametrització de Feynman. –Càlcul d'integrals en D dimensions. El volum de l'esfera D -dimensional. Singularitats de la funció Γ d'Euler. –Àlgebra de Dirac en D dimensions. Càlculs de $\Pi_{\mu\nu}(q)$, $\Sigma(p)$, i $\Gamma(p, p')$.

3. Renormalització: Esquema On-shell

- El lagrangian de contratermes. –Funcions de Green renormalitzades. –Renormalització de les funcions d'ona. Les constants de renormalització Z_2 i Z_3 –Renormalització de la massa de l'electró. –Renormalització de la càrrega elèctrica.

4. El moment magnètic anòmal de l'electró, $g-2$

- Els factors de forma $F_1(q)$ i $F_2(q)$ i la seva interpretació física. –Càlcul de $g-2$.

BIBLIOGRAFIA

- **Bàsica**

- ✓ *Llibres de teoria*

1. F. Mandl, G. Shaw. *Quantum field theory*. John Wiley & Sons
2. M.E.Peskin, D.V. Schroeder. *An introduction to quantum field theory*. Addison-Wesley.
3. P. Ramond. *Field Theory: a modern primer*. Addison-Wesley
4. J.D. Bjorken, S.D. Drell. *Relativistic quantum mechanics*. McGraw-Hill.
5. J.D. Bjorken, S.D. Drell. *Relativistic quantum fields*. McGraw-Hill.
6. C. Itzykson, J.-B. Zuber. *Quantum field theory*. McGraw-Hill
7. J.C. Collins. *Renormalization*. Cambridge University Press.

- ✓ *Llibres de problemes*

- **Avançada**

CRITERIS I FORMES D'AVALUACIÓ