Universitat Autònoma de Barcelona

2021/2022

Introducció a la Teoria Quàntica de Camps

Codi: 42863
Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
4313861 Física d'Altes Energies, Astrofísica i Cosmologia/ High Energy Physics, Astrophysics and Cosmology	OT	0	1

La metodologia docent i l'avaluació proposades a la guia poden experimentar alguna modificació en funció de les restriccions a la presencialitat que imposin les autoritats sanitàries.

Professor/a de contacte

Nom: Antonio Miguel Pineda Ruiz

Correu electrònic: AntonioMiguel.Pineda@uab.cat

Utilització d'idiomes a l'assignatura

Llengua vehicular majoritària: anglès (eng)

Prerequisits

Es recomana haver atès amb aprofitament l'assignatura d'Introducció a la Física del Cosmos.

Objectius

L'objectiu principal d'aquest curs és aprendre els conceptes bàsics i les tècniques necessàries per a poder entendre la teoria quàntica de camps. Es posarà especial èmfasi en la física de les partícules elementals, i, en particular, en l'electrodinàmica quàntica.

Competències

- Aplicar els principis fonamentals a àrees particulars com la física de partícules, l'astrofísica d'estrelles, planetes i galàxies, la cosmologia o la física més enllà del Model Estàndard.
- Formular i abordar problemes físics, tant si són oberts com si estan més ben definits, identificant els principis més rellevants i utilitzant aproximacions, si escau, per arribar a una solució que s'ha de presentar explicitant les suposicions i les aproximacions.
- Posseir i comprendre coneixements que aporten una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en contextos de recerca.
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
- Utilitzar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionar les equacions apropiades, construir models adequats, interpretar resultats matemàtics i comparar críticament amb experimentació i observació.

Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar el concepte de renormalització i aplicar-lo a processos electromagnètics.
2. Aplicar el llenguatge dels diagrames de Feynman a la teoria quàntica de camps.
3. Aplicar la teoria quàntica de camps a processos electromagnètics.
4. Calcular seccions eficaces de processos electromagnètics.
5. Comprendre les bases de la teoria quàntica de camps.

Continguts

1. Introducció
(A) Espai de Fock. Estats asimptòtics
(B) Unitats naturals
(C) Secció eficaç i matriu S
(D) Imatge d'interacció i matriu S
(I) Desintegració

2. Grup de Poincare. recordatori
(A) Grup de Poincare i grup de Lorentz.
(B) Àlgebra de Lie associada.
(C) Representació irreductible d'una partícula. Mètode de Wigner. Grup petit.
quiralitat, helicidad. Cas massiu i sense massa
(D) Simetries discretes: C, P, T (*)

3. Interacció (cas escalar)
(A) Camp real de Klein-Gordon. Propagador i causalitat
(B) Motivació per camps causals (lliures)
(C) Teorema de Wick
(D) Simetries contínues. Teorema de Noether: càrregues i corrents associades.
Tensor energia-moment
(I) Camp complex Klein-Gordon. Simetria de càrrega. Antipartícula.

4. Electrodinàmica quàntica (QED)

(A) SL (2, C) i representacions irreductibles no unitàries de el grup Lorentz
(B) Camp de Dirac: construcció. Propagador, simetries, espí: helicidad i
quiralitat. Teorema de espí-estadística.
(C) Camp per a una partícula massiva d'espí 1: camp de Proca
(D) Camp per a una partícula d'espí 1 sense massa: camp electromagnètic
(E) Quantització de QED
(F) Matriu S a O (e^2).
• Processos elementals de QED a nivell d'arbre: dispersió de Compton,
e + e- → i + e-, e + e- → μ + μ-, ...
• Diagrames de Feynman i tècniquescomputacionals: traces, espí, ...
(G) Sobre la invariància de gauge. Exemples d'identitat de Ward
(H) Regles generalitzades de Feynman
(I) Bremsstrahlung suau (*)
5. Més enllà del nivell arbre. Introducció
(A) Infinits i regularització dimensional.
(B) Polarització al buit.
(C) Renormalització de la càrrega elèctrica.
(D) Teorema òptic.
(I) Relacions de dispersió
(F) Estats lligats a la teoria de camp quàntic: àtoms hidrogenoids (*)
(G) Renormalització de QED (*)

6. Més enllà de la teoria de la pertorbació.
(A) Formalisme LSZ i simetria de creuament (exemples)

Metodologia

Hi haurà classes magistrals on s'explicarà la teoria amb detall.

Hi haurà classes magistrals on es discutirà una selecció de la llista d'exercicis.

L'estudiant ha d'estudiar pel seu compte la teoria explicada a classe per aprofundir i assentar els continguts. A més l'estudiant ha de fer a casa la llista d'exercicis amb anterioritat a les classes de problemes.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Teoria i problemes	45	1,8	1, 2, 3, 4, 5
Tipus: Autònomes			
Estudi, exercicis	84	3,36	1, 2, 3, 4, 5

Avaluació

Examen: 50%

Lliurament d'exercicis: 40%

Participació a classe i presentació oral d'alguns exercicis: 10%

Examen de recuperació: 50%. Condició necessària: tenir una nota igual o superior a 3.5 a la nota final anterior.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Entrega d'exercicis	40%	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5
Examen	50%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5
Participació en classe i presentacions orals	10%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5

Bibliografia

• A. Cornellà and J.I. Latorre, Teoria clàssica de camps
• D. Lurie, Particles and Fields
• S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields
• L.H. Ryder, Quantum Field Theory
• F.J. Yndurain, Elements of grup theory. https://arxiv.org/pdf/0710.0468
• C. Itzykson and J. Zuber, Quantum Field Theory
• B. Hatfield, Quantum Field Theory of Point Particles and Strings
• S. Pokorsky, Gauge Field Theories
• M. Peskin and D. Schroeder, An introduction to Quantum Field Theory
• J.F. Donoghue, E. Golowich, B.R. Holstein, Dynamics of the Standard Model

Programari

Programes de càlcul general com Mathematica