

Mecànica Quàntica Avançada

Codi: 100178

Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	2

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)

Grup íntegre en anglès: Sí

Grup íntegre en català: No

Grup íntegre en espanyol: No

Prerequisits

Es recomana haver atès amb aprofitament les assignatures de Mecànica Quàntica i Mecànica Teòrica.

Objectius

Introduir els conceptes més bàsics (conceptuals i matemàtics) de la teoria quàntica de camps. Així mateix, l'estudiant haurà d'adquirir la capacitat d'aplicar amb agilitat les eines de càlcul a diferents tipus de problemes.

Competències

- Aplicar els principis fonamentals a l'estudi qualitatiu i quantitatiu de les diferents àrees particulars de la física
- Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals
- Conèixer les bases d'alguns temes avançats incloent desenvolupaments actuals en la frontera de la física sobre els quals poder-se formar posteriorment amb més profunditat
- Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom
- Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua
- Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals
- Formular i abordar problemes físics identificant els principis més rellevants i utilitzant aproximacions, si fos necessari, per arribar a una solució que ha de ser presentada explicitant hipòtesis i aproximacions
- Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
- Planejar i realitzar, utilitzant els mètodes apropiats, un estudi o recerca teòrica i interpretar i presentar-ne els resultats
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, fer servir correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics
- Respectar la diversitat i pluralitat d'idees, persones i situacions
- Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte
- Treballar en grup, assumint responsabilitats compartides e interaccionant professional i constructivament amb altres amb absolut respecte als seus drets.

- Utilitzar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionant les eines apropiades, construint models adequats, interpretant resultats i comparant críticament amb l'experimentació i l'observació

Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar els límits d'alta i baixa energia de processos electromagnètics senzills.
2. Analitzar les conseqüències de l'equació de Dirac en el límit no relativista.
3. Aplicar la invariància gauge per a la determinació del lagrangia de l'electrodinàmica quàntica.
4. Calcular seccions eficaces de processos electromagnètics senzills.
5. Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals.
6. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
7. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.
8. Establir les bases per a la formulació completa de la teoria quàntica de camps i les seves aplicacions.
9. Establir les conseqüències fenomenològiques de les equacions d'ona relativistes.
10. Estructurar i desenvolupar, a partir d'un estat inicial i final concrets, l'estratègia i el càlcul de la secció eficaç d'un procés electromagnètic.
11. Estudiar col·lisions amb partícules idèntiques.
12. Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals.
13. Formular les bases per a l'extensió a les teories gauge no abelianes.
14. Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
15. Manipular correctament l'àlgebra de les matrius de Dirac i les regles del càlcul de traces.
16. Obtenir amplituds de transició de processos electromagnètics utilitzant les regles de Feynman.
17. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
18. Respectar la diversitat i la pluralitat d'idees, persones i situacions.
19. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
20. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
21. Utilitzar correctament la integració d'espai-fase.

Continguts

1. Motivació general.

2. Introducció (camps clàssics).

(A) Motivació per camps: problemes de molts cossos. un exemple

(B) Elements de la teoria de camp clàssica:

- Càlcul funcional (recordatori)
- El formalisme lagrangia i hamiltonia. Equacions d'Euler-Lagrange.

• Teorema de Noether (més endavant (5.b))

(C) Unitats naturals.

3. Teoria quàntica no relativista del camp. camps lliures

(A) Bosones. Espai Fock. Operador nombre (interpretació de partícules) i estadística. Connexió amb la mecànica quàntica.

(B) Fermions. Espai Fock. Operador nombre (interpretació de partícules) i estadística. Connexió amb la mecànica quàntica.

4. Grup Poincare

(A) Grup de Poincaré i grup de Lorentz. recordatori

(B) Àlgebra de Lie associada. recordatori

(C) Representació irreduïble d'una partícula. Mètode de Wigner. Little group, Spin, helicity. Cas massiu i sense massa

(D) Simetries discretes: C, P, T (*)

5. Camps lliures relativistes.

(A) Camp real de Klein-Gordon. Propagador i causalitat.

(B) Simetries contínues. Teorema de Noether: càrregues i corrents associades. Tensor d'energia-moment

(C) Camp complex de Klein-Gordon. Simetria de càrrega

(D) Camp de Dirac: construcció. Propagador, simetries, spin: helicity i quiralitat. Teorema spin-estadística

(E) Camp per a una partícula de spin-one massiva (*)

(F) Camp electromagnètic

6. Interacció i electrodinàmica quàntica (QED).

(A) Secció eficaç i matriu S

(B) Imatge d'interacció i matriu S

(C) El teorema de Wick

(D) Quantització de QED

(E) Matriu S a O (e^2). Diagrames de Feynman

(F) Dispersió de Compton a nivell arbre. Diagrames de Feynman i tècniques computacionals: traces, espín, ...

(G) Regles generalitzades de Feynman.

(H) Hidrogen i àtoms hidrogenoides a la teoria quàntica de camps (*)

(I) Les desintegracions. Transicions radiatives de l'hidrogen.

(J) Altres processos elementals de QED a nivell arbre: $e^+ e^- \rightarrow e^+ e^-$, $e^+ e^- \rightarrow \mu + \mu^-$, ...

(K) Sobre la invariància de gauge. Exemple d'identitat de Ward (*)

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.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Clases de problemes	16	0,64	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21
Theoretical classes	33	1,32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Tipus: Autònomes			
Discussió, treball en grup	22	0,88	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Estudi dels fonaments teòrics	42	1,68	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Problemes resolts en grup o de forma autònoma	30	1,2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Avaluació

Examen 1r parcial: 45% de la nota.

Examen 2n parcial: 50 % de la nota.

Entrega selectiva de problemes: 5% de la nota.

Per poder participar a l'examen de recuperació cal haver estat avaluat prèviament dels dos parcials.

Examen de recuperació dels dos parcials: 95% de la nota. No cal nota mínima per poder optar a la recuperació.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Entregas	5%	1	0,04	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Examen 1	45%	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21
Examen 2	50%	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21
Examen de recuperació	95%	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21

Bibliografia

- D. Lurie, Particles and Fields
- S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields
- L.H. Ryder, Quantum Field Theory
- M. Peskin and D. Schroeder, An introduction to Quantum Field Theory
- B. Hatfield, Quantum Field Theory of Point Particles and Strings
- J.F. Donoghue, E. Golowich, B.R. Holstein, Dynamics of the Standard Model • S. Pokorsky,

Gauge Field Theories

- C. Itzykson and J. Zuber, Quantum Field Theory
- F.J. Yndurain, Elements of grup theory. <https://arxiv.org/pdf/0710.0468>