

Mecànica Quàntica Avançada

Codi: 100178

Crèdits: 6

Titulació	Típus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	2

Professor/a de contacte

Nom: Antonio Miguel Pineda Ruiz

Correu electrònic: antoniomiguel.pineda@uab.cat

Idiomes dels grups

Podeu accedir-hi des d'aquest [enllaç](#). Per consultar l'idioma us caldrà introduir el CODI de l'assignatura. Tingueu en compte que la informació és provisional fins a 30 de novembre de 2023.

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. Es posa especial èmfasi en la connexió amb la mecànica quàntica no relativista, així com amb la teoria clàssica de camps. A més, l'estudiant haurà d'adquirir la capacitat d'aplicar amb agilitat les eines de càlcul a diferents tipus de problemes.

Competències

- Actuar en l'àmbit de coneixement propi valorant l'impacte social, econòmic i mediambiental.
- 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
- 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
- Introduir canvis en els mètodes i els processos de l'àmbit de coneixement per donar respostes innovadores a les necessitats i demandes de la societat.

- 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
- 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 lagrangià 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. Establir les bases per a la formulació completa de la teoria quàntica de camps i les seves aplicacions.
7. Establir les conseqüències fenomenològiques de les equacions d'ona relativistes.
8. 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.
9. Estudiar col·lisions amb partícules idèntiques.
10. Fer servir el teorema de Noether en teories quàntiques de camps.
11. Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals.
12. Identificar les implicacions socials, econòmiques i mediambientals de les activitats academicoprofessionals de l'àmbit de coneixement propi.
13. Identificar situacions que necessiten un canvi o millora.
14. Obtenir amplituds de transició de processos electromagnètics utilitzant les regles de Feynman.
15. Obtenir les representacions irreductibles del grup de Poincaré i aplicar-les als estats de partícula.
16. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
17. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
18. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
19. 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 camps clàssica:
 - Càlcul funcional (recordatori)
 - El formalisme lagrangià i hamiltonià. Equacions d'Euler-Lagrange.
 - Teorema de Noether (més endavant (5.d))

(c) Unitats naturals.

3. Teoria quàntica no relativista del camp. camps lliures

(a) Bosons. 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.

(b) Àlgebra de Lie associada.

(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. Interacció (cas escalar).

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

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

(c) Secció eficaç i matriu S

(d) Imatge d'interacció i matriu S

(e) Motivació per camps casuais (lliures)

(f) Camp complex de Klein-Gordon. Simetria de carrega. Antipartícula

(g) Teorema de Wick

(h) Scattering a nivell arbre per les teories $\lambda\phi^4$ i $\lambda\phi^3$

(i) Regles de Feynman generalitzades

6. Electrodinàmica quàntica (QED) escalar/no-relativista.

(a) Camp d'una partícula d'espí 1 sense massa: camp electromagnètic

(b) Quantització de QED escalar

(c) Quantització de QED no relativista

(d) Processos elementals de QED escalar a $O(e^2)$ (diagrames de Feynman a nivell d'arbre). Per exemple: $\pi^+ K^- \rightarrow \pi^+ K^-$, $\pi^+ \pi^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+$, $\pi^+ \pi^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$, $K^+ K^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$, i la dispersió de Compton escalar $\pi - \gamma \rightarrow \pi - \gamma$

(e) Invariancia de gauge (discussió). Identitats de Ward

(f) Mecànica quàntica no relativista a partir de la teoria quàntica de camps

(g) Interacció amb un camp clàssic

(h) Desintegracions. Transicions radiatives de l'hidrogen.

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			
Clases de problemes	16	0,64	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 14, 16, 17, 19
Theoretical classes	33	1,32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 16, 17, 18, 19
Tipus: Autònomes			
Discussió, treball en grup	22	0,88	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18, 19
Estudi dels fonaments teòrics	42	1,68	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18, 19
Problemes resolts en grup o de forma autònoma	30	1,2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18, 19

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.

Avaluació única

L'alumnat que s'hagi acollit a la modalitat d'avaluació única haurà de realitzar una prova final que consistirà en un examen de teoria. Seguidament haurà de fer una prova de problemes. Quan hagi finalitzat, lliurarà les entregues demanades.

La qualificació de l'estudiant serà la mitjana ponderada de les tres activitats anteriors, on l'examen de teoria suposarà el 45% de la nota, l'examen de problemes el 50% i les entregues un 5%.

Si la nota final no arriba a 5, l'estudiant té una altra oportunitat de superar l'assignatura mitjançant l'examen de recuperació que se celebrarà en la data que fixi la coordinació de la titulació. En aquesta prova es podrà recuperar el 95% de la nota corresponent a la teoria i els problemes. La part d'entregues no és recuperable.

Activitats d'avaluació continuada

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

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
- S. Pokorsky, Gauge Field Theories
- B. Hatfield, Quantum Field Theory of Point Particles and Strings
- 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