

**FITXA IDENTIFICATIVA****Dades de l'Assignatura**

Codi	34272
Nom	Teoria quàntica de camps
Cicle	Grau
Crèdits ECTS	6.0
Curs acadèmic	2023 - 2024

Titulació/titulacions

Titulació	Centre	Curs	Període
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	4	Segon quadrimestre

Matèries

Titulació	Matèria	Caràcter
1105 - Grau en Física	16 - Complementos de Física	Optativa

Coordinació

Nom	Departament
GONZALEZ ALONSO, MARTIN	185 - Física Teòrica
PICH ZARDOYA, ANTONIO	185 - Física Teòrica

RESUM

La Teoria Quàntica de Camps unifica en un mateix marc conceptual els principis de la mecànica quàntica i la relativitat especial. És el formalisme adequat per a descriure la física microscòpica (distàncies petites, altes energies) i, per tant, per a abordar l'estudi de la matèria al seu nivell més bàsic. Aquesta assignatura proporciona una introducció a la Teoria Quàntica de Camps i la seva aplicació en la Física de les Partícules Elementals, donant una visió global de la Teoria Estàndard de les Interaccions Fonamentals (excloent la gravitació) i dels seus èxits fenomenològics. Es discuteixen els problemes conceptuals que apareixen al combinar física quàntica i relativitat, i la necessitat d'un formalisme de moltes partícules. Es desenvolupa el formalisme bàsic de la Teoria de Camps, emfatitzant el paper de les simetries, i es presenten algunes aplicacions simples en Electrodinàmica, Cromodinàmica i Teoria Electrofeble. Es pretén que l'estudiant es familiaritze amb les interaccions fonamentals entre els constituents de la matèria i que arribe a calcular processos elementals a l'ordre més baix en teoria de pertorbacions.



CONEIXEMENTS PREVIS

Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

Altres tipus de requisits

Els coneixements previs necessaris per al desenvolupament de l'assignatura els desglossarem en dos grups:

* Coneixements matemàtics:

1. Espais vectorials. Mètrica i producte escalar.
2. Operadors lineals.
3. Transformades de Fourier.
4. Delta de Dirac.
5. Anàlisi matemàtica de variable complexa.

* Coneixements físics:

1. Mecànica Hamiltoniana i Lagrangiana.
2. Mecànica Quàntica.
3. Relativitat Especial. Transformacions de Lorentz.
4. Camps elèctrics i magnètics: radiació electromagnètica.

COMPETÈNCIES

1105 - Grau en Física

- Posseir i comprendre els fonaments de la física en els aspectes teòrics i experimentals, així com el bagatge matemàtic necessari per a la seua formulació.
- Saber aplicar els coneixements adquirits a l'activitat professional, saber resoldre problemes i elaborar i defensar arguments, recolzant-se en els dits coneixements.
- Ser capaç de reunir i interpretar dades rellevants per emetre judicis.
- Resolució de problemes: ser capaç d'avaluar clarament els ordres de magnitud, de desenvolupar una percepció de les situacions que són físicament diferents però que mostren analogies, per permetre, doncs, l'ús de solucions conegudes a problemes nous.
- Modelització i resolució de problemes: ser capaç d'identificar els elements essencials d'un procés/situació i d'establir-ne un model de treball. Ser capaç de realitzar les aproximacions requerides amb l'objecte de reduir un problema fins a un nivell manejable. Pensament crític per construir models físics.
- Cultura general en física: haver-se familiaritzat amb les àrees més importants de la física i amb enfocaments que compreguen i relacionen diferents àrees de la física, així com relacions de la física amb altres ciències.



- Investigació bàsica i aplicada: adquirir una comprensió de la naturalesa de la investigació física, de les formes en què es du a terme, i de com la investigació en física és aplicable a molts camps diferents, per exemple l'enginyeria; habilitat per dissenyar procediments experimentals i/o teòrics per: (i) resoldre els problemes corrents en la investigació acadèmica o industrial; (ii) millorar els resultats existents.
- Destreses generals i específiques en llengües estrangeres: haver millorat el domini de l'anglès (o d'una altra llengua estrangera d'interès) mitjançant: accés a bibliografia fonamental, comunicació oral i escrita (anglès científicotècnic), cursos, estudis a l'estranger, reconeixement de crèdits en universitats estrangeres etc.
- Cerca de bibliografia: ser capaç de buscar i utilitzar bibliografia en física i altra bibliografia tècnica, així com qualsevol font d'informació rellevant per a treballs d'investigació i desenvolupament tècnic de projectes.
- Capacitat d'aprenentatge: ser capaç d'iniciar-se en nous camps de la física i de la ciència i la tecnologia en general, a través de l'estudi independent.
- Comunicació oral i escrita: ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions mitjançant l'argumentació i el raonament propis de l'activitat científica, utilitzant els conceptes i les eines bàsiques de la física.
- Que els estudiants hagen demostrat posseir i comprendre coneixements en una àrea d'estudi que parteix de la base de l'educació secundària general, i se sol trobar a un nivell que, si bé descansa en llibres de text avançats, inclou també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de l'avantguarda del seu camp d'estudi.
- Que els estudiants sàpien aplicar els seus coneixements al seu treball o vocació d'una forma professional i posseïsquen les competències que solen demostrar-se per mitjà de l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins de la seua àrea d'estudi.
- Que els estudiants tinguen la capacitat d'arreglar i interpretar dades rellevants (normalment dins de la seua àrea d'estudi) per emetre judicis que incloguen una reflexió sobre temes rellevants d'índole social, científica o ètica.
- Que els estudiants puguin transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.
- Que els estudiants hagen desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per a emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia.

RESULTATS DE L'APRENTATGE

DESTRESES

- Conèixer i comprendre els problemes conceptuals que sorgeixen al combinar la mecànica quàntica i la relativitat especial.
- Conèixer i comprendre les raons de l'existència de antimatèria i les seues implicacions.
- Conèixer i comprendre l'origen relativista de l'espín.
- Entendre els conceptes fonamentals que regeixen la descripció del món microscòpic.
- Entendre el paper de les simetries en una Teoria de Camps i conèixer el formalisme canònic de



quantització.

- Conèixer com calcular amplituds de probabilitat de processos senzills a partir d'un Lagrangia.
- Capacitat d'entendre les interaccions fonamentals a partir de simetries, i predir les seues conseqüències físiques.
- Conèixer els aspectes més rellevants de la Electrodinàmica Quàntica.

HABILITATS SOCIALS O TRANSVERSALS

- Entendre i ser capaç d'explicar de la forma més simple possible les lleis que regeixen l'estructura de la matèria i de l'Univers en el qual vam viure.

Les pròpies de la Titulació de Física:

- Desenvolupar la capacitat de raonament crític i l'aplicació del mètode científic.
- Ser capaç d'identificar problemes, incloent les semblances amb uns altres la solució dels quals és coneguda, i idear estratègies per a la seua solució.
- Desenvolupar la capacitat de planificar i organitzar el propi aprenentatge, basant-se en el treball individual, a partir de la bibliografia i altres fonts d'informació.
- Avaluar les diferents causes d'un fenomen i la seua importància relativa.
- Identificar els elements essencials d'una situació complexa, realitzar les aproximacions necessàries per a construir models simplificats que ho descriuen i poder així entendre el seu comportament en altres situacions.
- Ser capaç d'efectuar una posada al dia de la informació existent sobre un problema concret, ordenar-la i analitzar-la críticament.
- Fomentar la capacitat per a treballar en equip a l'hora d'abordar problemes complexos que requereixen col·laboració amb altres persones.
- Potenciar l'adquisició de recursos d'expressió oral i escrita per a portar a terme una argumentació científica clara i coherent.

DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

1. Partícules e interaccions

- 1.1 Constituents elementals de la matèria
- 1.2 Interaccions i bosons mediadors
- 1.3 Relativitat especial
- 1.4 Transformacions de Lorentz
- 1.5 Cinemàtica relativista
- 1.6 Camp electromagnètic

2. Mecànica quàntica relativista

- 2.1 Mecànica quàntica
- 2.2 Principi de correspondència
- 2.3 Equació de Klein-Gordon
- 2.4 Equació de Dirac
- 2.5 Solucions de l'equació de Dirac
- 2.6 Antipartícules



2.7 Necessitat duna teoria quàntica de camps

3. Quantització duna teoria de camps

- 3.1 Oscil·lador harmònic
- 3.2 Teoria clàssica de camps
- 3.3 Quantització
- 3.4 Simetries y lleis de conservació

4. Partícules sense espí

- 4.1 Camp de Klein-Gordon real
- 4.2 Representació nombre per a bosons
- 4.3 Camp de Klein-Gordon complex
- 4.4 Propagador de Feynman

5. Partícules despí 1/2

- 5.1 Representació nombre per a fermions
- 5.2 Quantització
- 5.3 Propagador fermiònic
- 5.4 Connexió espí-estadística

6. Camps en interacció

- 6.1 Matriu S
- 6.2 Teoria de pertorbacions
- 6.3 Càlcul d'amplituds
- 6.4 Regles de Feynman

7. Observables

- 7.1 Seccions eficaces i amplades de desintegració
- 7.2 Espai fàsic
- 7.3 Anàlisi dimensional

8. Electrodinàmica quàntica

- 8.1 Invariància gauge
- 8.2 Lagrangia de QED
- 8.3 Quantització del camp electromagnètic
- 8.4 Propagador del fotó
- 8.5 Regles de Feynman
- 8.6 Processos elementals a ordre arbre

**9. Cromodinàmica quàntica (complements)**

- 9.1 El color dels quarks
- 9.2 Teories gauge no abelianes
- 9.3 Lagrangiana de QCD
- 9.4 Gluons
- 9.5 Llibertat asimptòtica
- 9.6 Confinament

10. Teoria estàndard electrofeble (complements)

- 10.1 Lagrangiana electrofeble
- 10.2 Bosons $W^\pm$ i Z
- 10.3 Camp vectorial massiu
- 10.4 El bosó de Higgs
- 10.5 Fenomenologia

VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	60,00	100
	0,00	100
Preparació de classes de teoria	45,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	45,00	0
TOTAL	150,00	

METODOLOGIA DOCENT

Durant el període lectiu s'impartiran quatre classes setmanals, que es distribuïran de mitjana en tres classes teòriques i una pràctica:

- Classes teòriques

Les classes teòriques seran, en general, de caràcter magistral i en elles s'exposaran els continguts de l'assignatura exposats més amunt. Es farà èmfasi en l'aplicació dels coneixements teòrics a la solució de qüestions i problemes. Es resoldran sistemes físics senzills com a exemple dels mètodes teòrics generals estudiats i es compararan els resultats amb les dades experimentals.

- Classes pràctiques

En la classe pràctica setmanal es resoldran problemes de cada tema de l'assignatura. El professor lliurarà als alumnes prèviament una col·lecció de problemes de cada capítol.



AVALUACIÓ

Els sistemes d'avaluació són els següents:

1) Exàmens escrits: una part avaluarà la comprensió dels aspectes teòric-conceptuals i el formalisme de l'assignatura, tant mitjançant preguntes teòriques com a través de qüestions conceptuals o casos particulars senzills. Una altra part valorarà la capacitat d'aplicació del formalisme, mitjançant la resolució de problemes, així com la capacitat crítica respecte als resultats obtinguts. En ambdues parts es valoraran una correcta argumentació, una adequada justificació i una presentació clara i llegible.

2) Avaluació contínua: valoració de treballs i problemes presentats pels estudiants, qüestions proposades i discutides en l'aula, presentació oral de problemes resolts o qualsevol altre mètode que supose una interacció entre docents i estudiants.

L'avaluació contínua comptarà en la nota final fins a un 30% sempre que la nota dels exàmens siga major o igual a 4 sobre 10.

REFERÈNCIES

Bàsiques

- F. Mandl and G. Shaw, Quantum Field Theory (John Wiley & Sons, Chichester, 1993).
- M.E. Peskin and D.V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory (Addison-Wesley, Boulder, 1995).

Complementàries

- M. D. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model (Cambridge University Press, 2014).
- M. Srednicki, Quantum Field Theory (Cambridge University Press, 2007).
- D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles (John Wiley & Sons, New York, 1987).
- J.D. Bjorken and S.D. Drell, Relativistic Quantum Mechanics (McGraw-Hill, New York, 1964).
- A. Pich, The Standard Model of Electroweak Interactions, arXiv:1201.0537 [hep-ph]; <http://arxiv.org/pdf/1201.0537>