

**Física Quàntica II**

Codi: 100155  
Crèdits: 6

| Titulació      | Tipus | Curs | Semestre |
|----------------|-------|------|----------|
| 2500097 Física | OB    | 3    | 2        |

**Professor/a de contacte**

Nom: Ramón Muñoz Tapia  
Correu electrònic: ramon.munoz@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: català (cat)  
Grup íntegre en anglès: No  
Grup íntegre en català: Sí  
Grup íntegre en espanyol: No

**Equip docent**

Ramón Muñoz Tapia  
Arnau Riera Graells

**Prerequisits**

És recomanable que l'alumne hagi completat amb èxit els primers dos cursos del grau per garantir que tingui la maduresa i actitud necessàries per assimilar els conceptes que es presenten. Cal una bona base de càlcul d'una i varies variables, i àlgebra lineal, així com nocions bàsiques de números complexos. Aquests requisits els hauria de complir tot alumne que hagi superat les assignatures de matemàtiques realitzades durant el primer i segon any. Lògicament cal dominar el formulisme i conceptes de la mecànica quàntica introduïts a Física Quàntica I.

**Objectius**

Es completaran els objectius fixats a Física Quàntica I, on es pretén introduir l'alumnat en el món de la Mecànica Quàntica. Exposar-li i ajudar-lo a assolir els conceptes fonamentals i el formalisme bàsic d'aquesta disciplina. Il·lustrar-ne la seva utilitat, importància i sentit, amb aplicacions. Desenvolupar tècniques algebraiques i mètodes aproximats per abordar problemes rellevants. Preparar l'alumne per aprofundir i ampliar coneixements en l'assignatura de Mecànica Quàntica, Informació Quàntica i Òptica Quàntica que pot cursar l'any següent.

**Competències**

- Conèixer els fonaments de les principals àrees de la física i comprendre'ls
- Desenvolupar estratègies d'anàlisi, síntesi i comunicació que permetin transmetre els conceptes de la física en entorns educatius i divulgatius
- 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
- 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
- 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. Calcular l'estructura electrònica de l'àtom d'hidrogen utilitzant el formalisme i els mètodes introduïts de manera general.
2. Descriure els operadors escala a l'oscil·lador harmònic i el moment angular i caracteritzar els estats coherents.
3. Descriure l'estructura i nivells atòmics pertorbats: Estructura fina i efecte Zeeman.
4. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
5. Transmetre, de forma oral i escrita, conceptes físics de certa complexitat fent-los comprensibles en entorns no especialitzats.
6. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
7. Utilitzar els espais de Hilbert i els operadors hermitians i unitaris.
8. Utilitzar la teoria de pertorbacions per a l'estudi de l'estructura fina i dels efectes de camps electromagnètics externs.
9. Utilitzar les equacions diferencials i les famílies ortogonals de funcions.
10. Utilitzar mètodes aproximats en models senzills que descriguin els trets i el comportament generals de sistemes físics de gran complexitat.
11. Utilitzar tècniques alternatives (algebraiques i analítiques) per resoldre problemes com l'oscil·lador harmònic o el moment angular orbital.

## Continguts

### 1 Mecànica matricial

#### 1.1. Oscil·lador harmònic (solució algebraica)

#### Estats coherents

#### 1.2 Moment angular

#### Moment angular orbital i intrínsec (spin)

#### 1.3 Funcions d'ona de vàries components o spinorials

### 2 Sistemes compostos

#### 2.1 Partícules distingibles

#### 2.2 Partícules idèntiques

#### 2.3 Àtom d'heli

#### 2.4 Paradoxa EPR i desigualtats de Bell

### 3 Mètodes aproximats: Mètode variacional

#### 3.1 Formulació general

#### 3.2 Exemples

### 4 Mètodes aproximats: Teoria de pertorbacions independent del temps

#### 4.1 Formulació general: casos degenerat i no degenerat

#### 4.2 Estat fonamental de l'àtom d'He i molècula d' $\text{H}_2^+$ .

#### 4.3 Àtom d'H: estructura fina. Efectes Zeeman i Paschen-Back

## Metodologia

**Classes teòriques:** En les classes magistrals introduïm els conceptes i mètodes claus que defineixen els continguts de l'assignatura, i que l'alumna haurà de completar i assimilar amb l'ajuda de la bibliografia recomanada i el material que es proporioni en el campus virtual.

**Classes de problemes:** Els problemes il·lustren l'aplicació dels conceptes apresos a problemes concrets de rellevància pedagògica o pràctica i també han de servir a l'estudiant per refermar les seves habilitats matemàtiques.

Una part dels problemes són fets a classe pel professor de problemes, de manera que els estudiants -que hauràn fet prèviament els problemes a casa- puguin saber el grau d'encert de les seves solucions i incorporar-hi les correccions pertinents; uns altres problemes han de ser resolts i lliurats per l'estudiant directament al professor. Aquests últims es faran en forma de lliuraments per fer a casa. Al menys hi haurà 4 sessions de semnaris per fer a classe en grups reduïts que cobreixen en profunditat aspectes claus del curs.

**Tutories:** A les tutories individuals (eventualment es podrà organitzar alguna en grup) es resoldran dubtes

**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          |       |      |                             |
| Classes Problemes         | 22    | 0,88 | 4, 5, 7, 9, 10, 11          |
| Classes Teòriques         | 28    | 1,12 | 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 |
| Tipus: Autònomes          |       |      |                             |
| Estudi continguts teòrics | 54    | 2,16 | 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11     |
| Resolució problemes       | 38    | 1,52 | 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11       |

## Avaluació

Totes les avaluacions seran escrites. La meitat de cada avaluació serà de Teoria i l'altra meitat de Problemes. No es podran utilitzar textos de suport, llevat d'un formulari que o bé s'adjuntarà al examen o bé es permetrà que el prepari l'alumne.

La primera avaluació (amb Teoria i Problemes) es farà després d'unes 7 setmanes i inclourà la meitat del temari aproximadament. La segona es farà unes 7 setmanes més tard i inclourà l'altra meitat.

Tant el primer com el sgon parcial seran recuperables (i amb notes millorables) al final del semestre amb una avaluació Final o de repesca.

Altrament dit, s'avaluarà amb dos "parcials" i, per a qui ho vulgui o ho necessiti, un "final" amb la o les recuperacions pertinents.

Només podrà fer la mitjana entre els dos parcials (o la seva respectiva recuperació) si la qualificació de les dues es superior a 3 i en qualsevol cas cal haver-se presentat als dos parcials per poder presentar-se al de repesca.

Els lliurements i sessions de problemes contribuiran fins a un punt (o segons la carrega de treball, un punt i mig) a la nota dels exàmens parcials (no al de repesca).

L'alumne es considerarà presentat a avaluació si es presenta i entrega qualsevol dels parcials o l'examen final.

## Activitats d'avaluació

| Títol                               | Pes      | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge          |
|-------------------------------------|----------|-------|------|-----------------------------------|
| 1er Parcial                         | 42.5-45% | 2,5   | 0,1  | 2, 4, 5, 7, 11                    |
| 2on Parcial                         | 42.5-45% | 2,5   | 0,1  | 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11          |
| LLiurements i Sessions de problemes | 10- 15%  | 0     | 0    | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 |
| Recuperació                         | 100%     | 3     | 0,12 | 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11       |

## Bibliografia

### Bàsica

F. Mandl, "Quantum Mechanics", John Wiley 1992. Llibre de referència que tradicionalment s'ha fet servir a Física Quàntica la UAB i del que disposeu moltes còpies a la Biblioteca de Ciències. S'hi troben molts continguts del curs, tot i així trobareu una exposició més moderna (i pel meu gust més clara) al Griffiths i Ballentine.

D. J. Griffiths, "Introduction to Quantum Mechanics", Pearson Prentice Hall; 2nd Ed. 2004.

### Avançada

L. Ballentine, "Quantum Mechanics: A Modern Development", World Scientific Publishing Company, 1998.

J. J. Sakurai, "Modern Quantum Mechanics", Addison Wesley, 1993.

C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, "Quantum Mechanics", vol.1-2, Wiley-Interscience, 2006.

A. Galindo y P. Pascual, "Mecánica Cuántica", vol I,II y III, Eudema, 1989.

## Programari

Segons el règim de presencialitat es farà servir SLACK per facilitar l'interacció entre alumnes i professors i Zoom per classes virtuals.