

**Física Estadística**

Codi: 100174

Crèdits: 6

Titulació	Típus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	1

### Professor/a de contacte

Nom: Juan Camacho Castro

Correu electrònic: [juan.camacho@uab.cat](mailto:juan.camacho@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.

### Equip docent

Francesc Xavier Alvarez Calafell

### Prerequisits

No hi ha prerequisits oficials. Tot i això, se suposa que l'estudiant ha adquirit els coneixements impartits a l'assignatura de Termodinàmica i Mecànica Estadística, especialment els conceptes i mètodes de la teoria de col·lectivitats, i coneixements bàsics de mecànica quàntica i electromagnetisme.

### Objectius

- L'objectiu general de l'assignatura és presentar diferents mètodes de la Física estadística i mostrar un ampli ventall d'aplicacions. Es dona a l'estudiant una visió interdisciplinària de la Física Estadística, amb aplicacions des de partícules elementals a astrofísica, passant per la física de materials, i a àmbits més enllà de la física, com sistemes biològics i sistemes socials.

- Objectius específics:

- 1) Conèixer la teoria de Col·lectivitats i ser capaç d'aplicar-la a l'estudi de sistemes ideals i interactius, incloent transicions de fase i fenòmens crítics
- 2) Conèixer la teoria de Processos estocàstics i ser capaç d'aplicar-la a casos senzills
- 3) Conèixer la teoria Cinètica elemental de processos de transport i ser capaç d'aplicar-la a gasos diluïts i gasos quàntics
- 4) Conèixer mètodes de simulació per a l'anàlisi de sistemes complexos: Montecarlo (Metropolis), dinàmica Browniana, dinàmica de Langevin...

## 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 els fonaments de les principals àrees de la física i comprendre'ls
- 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 la capacitat d'anàlisi i síntesi que permeti adquirir coneixements i habilitats en camps diferents al de la física i aplicar a aquests camps les competències pròpies del grau de Física, aportant propostes innovadores i competitives
- 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.
- 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 camins aleatoris i utilitzar-los per modelitzar sistemes reals.
2. Analitzar equacions estocàstiques senzilles.
3. Analitzar processos estocàstics i utilitzar-los per modelitzar sistemes físics i en altres àmbits.
4. Analitzar sistemes biològics utilitzant tècniques de la física estadística.
5. Analitzar sistemes de partícules interaccionants mitjançant models senzills i tècniques de simulació.
6. Aplicar correctament la teoria de col·lectivitats a sistemes ideals de partícules distingibles i indistingibles.
7. Aplicar diverses tècniques de simulació per a l'estudi de sistemes amb interacció a casos senzills: Montecarlo, dinàmica molecular, dinàmica browniana i dinàmica de Langevin.
8. Aplicar el concepte de grau de llibertat congelat i despert a la predicció de la capacitat calorífica de gasos.
9. Aplicar l'estadística de Fermi a un gas degenerat de partícules relativistes.
10. Aplicar la física estadística a sistemes de partícules interaccionants.
11. Aplicar la teoria cinètica a gasos quàntics i predir la conductivitat tèrmica de metalls i aïllants.
12. Aplicar les eines de la teoria cinètica per descriure processos de transport.
13. 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.
14. Deducir les estadístiques clàssiques i quàntiques i aplicar-les correctament a diversos sistemes.
15. Definir magnituds característiques per discernir la rellevància de diferents mecanismes.
16. Descriure el concepte de procés estocàstic i aplicar les seves tècniques bàsiques a la descripció de sistemes físics.
17. Descriure el fonament dels motors brownians.
18. Descriure el transport de ions en membranes passives i actives, i quantificar-lo per a alguns models senzills.
19. Descriure i analitzar els models de Weiss, Landau i Ising de sistemes magnètics amb interacció.
20. Descriure i analitzar la condensació de Bose-Einstein.
21. Descriure i quantificar el moviment brownià.
22. Descriure la desnaturalització tèrmica de l'ADN i quantificar-la per a alguns models senzills.
23. Descriure les col·lectivitats estadístiques més importants i els postulats en què es basa la teoria de col·lectivitats.

24. Descriure qualitativament i quantitativament el comportament dels sistemes a prop dels punts crítics i el concepte d'universalitat.
25. Descriure sistemes biològics utilitzant tècniques de la física estadística.
26. Determinar la fracció de molècules adsorbides en una macromolècula en models senzills.
27. Determinar la resposta magnètica d'una nanopartícula superparamagnètica i el comportament d'una dispersió d'aquestes partícules.
28. Discernir entre models de camp mitjà dels que no ho són.
29. Identificar les implicacions socials, econòmiques i mediambientals de les activitats academicoprofessionals de l'àmbit de coneixement propi.
30. Identificar situacions que necessiten un canvi o millora.
31. Predir qualitativament i quantitativament el comportament macroscòpic de sistemes magnètics ideals de moments clàssics i quàntics.
32. Quantificar la contribució de cada grau intern de llibertat a la capacitat calorífica d'un gas de molècules diatòmiques.
33. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
34. Raonar la dependència amb la temperatura de la capacitat calorífica dels electrons i de la xarxa cristal·lina.
35. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
36. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
37. Utilitzar aproximacions de camp mitjà per descriure sistemes físics.

## Continguts

1. Processos estocàstics
  - 1.1 Introducció. Moviment Brownià.
  - 1.2 Camí aleatori.
  - 1.3 Equació de Langevin.
  - 1.4 Equació de Fokker-Planck
  - 1.5 Motors brownians.
2. Resum de Mecànica Estadística
  - 2.1 Col·lectivitats. Postulats
  - 2.2 Col·lectivitat microcanònica
  - 2.3 Col·lectivitat canònica.
  - 2.4 Espectres d'energia discrets i continus
  - 2.5 Límits clàssic i quàntic. Longitud d'ona tèrmica
  - 2.6 Estadística de Maxwell-Boltzmann
  - 2.7 Teorema d'equipartició de l'energia
3. Gas ideal de molècules diatòmiques
  - 3.1 El problema de les calors específiques dels gasos
  - 3.2 Graus de llibertat interns
  - 3.3 Contribució de cada grau de llibertat a la capacitat calorífica
  - 3.4 Molècules poliatòmiques
4. Sistemes magnètics
  - 4.1 Sistemes d'espín 1/2
  - 4.2 Paramagnetisme quàntic
  - 4.3 Paramagnetisme clàssic
  - 4.4 Superparamagnetisme
5. Sistemes biològics
  - 5.1 Desnaturalització de l'ADN

- 5.2 Membranes biològiques
- 5.3 Corba de saturació de la mioglobina. Isoterma de Langmuir
  
- 6. Sistemes amb interacció
  - 6.1 Sòlids, líquids, gasos
  - 6.2 Sistemes magnètics. Transició ferro-paramagnètica
  - 6.3 Model de Weiss
  - 6.4 Model de Landau
  - 6.5 Model d'Ising
  - 6.6 Punts crítics. Universalitat
  - 6.7 Mètode de Montecarlo. Algorisme de Metropolis
  
- 7. Gas ideal quàntic
  - 7.1 Partícules distingibles i indistingibles
  - 7.2 Microestats en mecànica Estadística Quàntica
  - 7.3 Càlcul de la funció de partició macrocanònica en un gas ideal
  - 7.4 Estadístiques quàntiques: estadístiques de Bose-Einstein i de Fermi-Dirac
  - 7.5 Gasos ideals de bosons i de fermions
  
- 8. Gasos ideals de bosons i fermions
  - 8.1 Gas de bosons.
    - Fotons. Radiació del cos negre
    - Fonons. Capacitat calorífica de la xarxa cristal·lina
    - Condensació de Bose-Einstein
  - 8.2 Gas de fermions.
    - Capacitat calorífica dels electrons
    - Pressió de degeneració dels fermions
  
- 9. Teoria cinètica elemental de gasos
  - 9.1. Gas diluït en equilibri (repàs)
  - 9.2. Coeficients de transport
  - Conductivitat tèrmica de la xarxa cristal·lina i dels electrons

## **Metodologia**

### **Classes de Teoria**

El professor explicarà el contingut del temari amb el suport de material audiovisual que estarà a disposició dels estudiants al Campus Virtual de l'assignatura amb antelació al inici de cadascun dels temes del curs. És recomanable que els estudiants disposin a l'aula del material publicat al Campus Virtual per tal de poder seguir les classes amb més comoditat. Es combinarà l'ús de transparències amb desenvolupaments a la pissarra. Es tractarà d'impulsar la participació dels estudiants durant les classes. El professor resoldrà alguns casos pràctics per tal d'exemplificar la teoria.

### **Classes de Problemes**

El professor resoldrà problemes seleccionats del llistat que trobaran al Campus Virtual i els estudiants resoldran a classe alguns problemes en grup. En dates prèviament establertes, els estudiants en grups de 3 alumnes lliuraran problemes resolts (un sol lliurament per grup).

Algunes sessions es dedicaran a l'ús d'eines de simulació. Els alumnes faran alguns codis senzills i analitzaran els resultats de la simulació.

Si un grup considera que un participant no hi treballa de forma raonablement equitativa, el pot expulsar del grup.

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 de problemes	16	0,64	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37
Classes de teoria	33	1,32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 37
Tipus: Supervisades			
Preparació de les activitats per entregar	10	0,4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
Tipus: Autònomes			
Estudi i treball autònom	57	2,28	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
Treball en grup	25	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 37

## Avaluació

1. Avaluació en grup. El treball en grup consistirà en la resolució de problemes seleccionats (en grups de 3 alumnes) i algunes simulacions numèriques (en grups de 2 alumnes). La qualificació obtinguda en aquesta avaluació en grup representa el 25% de la nota final (individual) de l'assignatura.

2. Avaluació individual: en aquesta part s'avalua individualment els coneixements científico-tècnics de la matèria assolits per l'alumne, així com la seva capacitat d'anàlisi, síntesi i de raonament crític. Consistirà en:

Exàmens parcials: 75%.

Examen de recuperació: 75%. Inclou tot el temari del curs (no cada parcial per separat).

**Important:** Per fer mitja amb l'altra 25% de la nota, s'ha de treure als exàmens una mitja superior o igual a 4 sobre 10.

Recuperació: per optar a l'examen de recuperació l'estudiant s'ha d'haver presentat als dos exàmens parcials. El 25% de la part de lliuraments no és recuperable.

Els alumnes que vulguin pujar nota poden anar a l'examen de recuperació. Si la nota que traieu a l'examen de recuperació és fins a 1.5 punts inferior a la nota mitja dels parcials, guardem la nota mitja dels parcials (tret que traieu menys de 4). Si creieu que no pujareu la nota, podeu no entregar.

No avaluable: S'obtindrà la qualificació de No Avaluable si l'alumne no es presenta a cap examen.

### 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 escrit que constarà de la resolució de problemes i alguna qüestió teòrica. Aquesta prova es farà al mateix dia que el segon examen de l'avaluació continuada. Quan hagi finalitzat, lliurarà totes les entregues i els informes de les simulacions.

La qualificació final s'obté de la mateixa manera que a l'avaluació continuada: l'examen pesa el 75% de la nota final i els lliuraments el 25%.

Important: Per fer mitja amb l'altra 25% de la nota, s'ha de treure a l'examen una nota superior o igual a 4 sobre 10.

Si la nota de l'examen no arriba a 4 o 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. S'aplicarà el mateix sistema de recuperació que per l'avaluació continuada: es podrà recuperar la part de la nota corresponent a teoria i problemes (75%). El 25% de la part de lliuraments no és recuperable.

## Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Examen de recuperació	75%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37
Lliurament de problemes i treballs	25%	0	0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
Proves parcials	75%	6	0,24	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37

## Bibliografia

### Bàsica

- R.K. Pathria, Statistical Mechanics, (3rd Ed), Academic Press, 2011.
- K. Huang, Introduction to statistical physics, Boca Raton, CRC Press, 2001
- F. Reif, Física estadística. Barcelona, Reverté, 1969
- J. Ortín, J.M. Sancho, Curso de Física Estadística, Barcelona, Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, cop. 2006

### Complementària

- D. A. McQuarrie, Statistical Mechanics. University Science Books, cop. 2000.
- D.J. Amit and Y. Verbin, Statistical Physics: An introductory course. Singapore, World Scientific, 1995.
- D. Chandler, Introduction to Modern Statistical mechanics. Oxford, New York, 1987
- C. Fernandez, J.M. Rodríguez Parrondo, 100 problemas de Física Estadística, Madrid, Alianza, 1996
- R. Kubo. Statistical Mechanics: an advanced course with problems and solutions. Amsterdam, North-Holland, 1990.
- K.A. Dill and S. Bromberg. Molecular driving forces: Statistical Thermodynamics in Biology, Chemistry, Physics, and Nanoscience. Garland Science; 2nd edition, 2010.

### Enllaços web i articles especialitzats

Els trobareu al Campus Virtual de l'assignatura

## Programari

No hi ha programari específic per l'assignatura