

**Termodinàmica i Mecànica Estadística**

Codi: 100157  
Crèdits: 9

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

**Professor/a de contacte**

Nom: Vicenç Mendez Lopez

Correu electrònic: Vicenc.Mendez@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**

Juan Camacho Castro

Daniel Campos Moreno

**Prerequisits**

Es recomanable que hagi superat els dos primers cursos.

**Objectius**

1. Saber distingir un sistema termodinàmic del que no ho és
2. Identificar el sistema y el medi
3. Diferenciar entre variables d'estat o de procés
4. Saber interpretar els diferents tipus de processos termodinàmics
5. Entendre el concepte de límit termodinàmic
6. Deduir la funció de partició d'un sistema i a partir d'ella les equacions d'estat
7. Aplicar el teorema d'equipartició de l'energia
8. Diferenciar entre processos reversibles i irreversibles
9. Canviar de representació en la equació fonamental d'un sistema
10. Entendre el concepte microscòpic de pressió d'un gas
11. Interpretar els criteris d'estabilitat termodinàmica i relaciona-los amb l'aparició de transicions de fase
12. Analitzar les transicions de fase de primer ordre. Entendre la teoria de Landau per les transicions de fase de primer i segon ordre

13. Construir el model d'Ising per la interacció entre dipols magnètics. Aplicar l'aproximació de camp mig, interacció entre primers veïns i el mètode de la matriu de transferència
14. Distingir entre gas real i ideal. Relacionar el potencial d'interacció intermolecular amb el desenvolupament del virial
15. Comprendre els processos de líquefacció de gasos
16. Interpretar la radiació electromagnètica en equilibri com un gas de bosons en el marc de les estadístiques quàntiques i derivar-ne les equacions d'estat

## 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
- 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
- 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
- Respectar la diversitat i pluralitat d'idees, persones i situacions
- 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 a baixa i alta temperatura de qualsevol sistema.
2. Analitzar la informació continguda en els diferents diagrames de fases en equilibri.
3. Calcular el nombre de microestats per a sistemes clàssics i discrets.
4. Calcular el segon coeficient del virial a partir del potencial d'interacció.
5. Calcular la funció de partició d'un sistema en qualsevol col·lectiu.
6. Deduir l'equació fonamental en diferents representacions.
7. Deduir les equacions d'estat d'un sistema a partir de la funció de partició.
8. Descriure la informació continguda en les diferents equacions d'estat d'un sistema.
9. Descriure la informació física continguda en els coeficients del virial.
10. Descriure les propietats que diferencien el comportament real de l'ideal en un gas.
11. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
12. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.
13. Diferenciar els dominis d'actuació de la termodinàmica i de la mecànica estadística.
14. Establir les variables termodinàmiques que descriuen els estats d'equilibri per a diferents sistemes i plantejar l'equació corresponent de Gibbs.
15. Interpretar físicament les derivades parcials de les diferents magnituds termodinàmiques.
16. Precisar la necessitat d'una descripció estadística clàssica o quàntica per a un gas ideal.
17. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
18. Relacionar els criteris d'estabilitat amb els principis de la termodinàmica i verificar l'estabilitat d'un sistema termodinàmic.
19. Respectar la diversitat i la pluralitat d'idees, persones i situacions.
20. Transmetre, de forma oral i escrita, conceptes físics de certa complexitat fent-los comprensibles en entorns no especialitzats.

## Continguts

## **1. Repàs de Termodinàmica**

- 1.1. L'equació fonamental
- 1.2. Forma d'Euler de l'energia interna. Equació de Gibbs-Duhem
- 1.3. Transformades de Legendre. Potencials termodinàmics
- 1.4. Relacions de Maxwell per un fluid
- 1.5. Condicions d'estabilitat

## **2. Descripció microscòpica dels sistemes macroscòpics**

- 2.1. Microstats i Macrostats. Espai de fases
- 2.2. Col·lectivitats
- 2.3. Col·lectivitat microcanònica
- 2.4. Aplicació al gas ideal monoatòmic
- 2.5. Distribució de Maxwell-Boltzmann
- 2.6. Pressió
- 2.7. Efusió
- 2.8. Entropia de Gibbs-Shannon i entropia de Boltzmann
- 2.9. Equilibri tèrmic. Connexió Termodinàmica-Mecànica Estadística

## **3. Col·lectivitat Canònica**

- 3.1. Funció de partició
- 3.2. Teorema d'equipartició de l'energia. Aplicacions i limitacions
- 3.3. Sistemes amb distribucions discretes d'energia. Límit continu
- 3.4. Degeneració de l'energia. Aplicacions

## **4. Sistemes magnètics**

- 4.1. Termodinàmica de sistemes magnètics
- 4.2. Paramagnetisme clàssic
- 4.3. Paramagnetisme d'spin 1/2. Tractaments microcanònic i canònic
- 4.4. Desimanació adiabàtica

## **5. Transicions de fase**

- 5.1. Classificació. Diagrames  $P$ - $V$ ,  $P$ - $\mu$ ,  $P$ - $T$ . Equació de Clapeyron
- 5.2. Equilibri vapor-fase condensada
- 5.3. El punt crític
- 5.4. Model d'Ising. Matriu de transferència. Aproximació de camp mig.

## **6. Gasos reals**

- 6.1. Factor de compressibilitat. Desenvolupaments del virial
- 6.2. Potencial d'interacció. Funció de partició configuracional
- 6.3. Segon coeficient del virial. Equació de van der Waals
- 6.4. Llei d'estats corresponents
- 6.5. Expansions de Joule i Joule-Kelvin

## **7. Fotons**

- 7.1. Estadística de bosons i fermions

- 7.2 Densitat d'energia. Degeneració d'estats
- 7.3. Distribució de Planck
- 7.4. Equacions d'estat de la radiació o d'un gas de fotons en equilibri

## 8. Col·lectivitat macrocanònica

- 8.1. Funció de partició
- 8.2. Connexió amb la termodinàmica

## Metodologia

### Activitats presencials

#### Classes magistrals

Les classes magistrals seràn impartides pel professor de teoria on es presentarán els conceptes, desenvolupaments i principis bàsics de l'assignatura

#### Classes de problemes

El professor de problemes resoldrà a classe alguns dels problemes de la col·lecció que prèviament l'alumne haurà hagut d'intentar resoldre

### Activitats autònomes

#### Ressolució de problemes

El professor de problemes entregarà (també serà penjat al campus virtual) un llistat de problemes i de pràctiques d'ordinador que cada alumne haurà de resoldre individualment i lliurar-lo en la data establerta

#### Estudi

Hem comptabilitzat que l'estudiant ha de dedicar 2 hores d'estudi per cada hora de classe magistral.

### Activitats formatives

| Títol                   | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge |
|-------------------------|-------|------|--------------------------|
| <b>Tipus: Dirigides</b> |       |      |                          |
| Classes de problemes    | 30    | 1,2  |                          |
| Classes magistrals      | 45    | 1,8  |                          |
| <b>Tipus: Autònomes</b> |       |      |                          |
| Estudi de l'assignatura | 92    | 3,68 |                          |
| Ressolució de problemes | 49    | 1,96 |                          |

## Avaluació

### Examens parcials i/o final (repesca)

Es faràn dos examens parcials. El primer parcial avaluarà els continguts de la primera meitat del curs, mentre que el segon avaluarà la resta. En cas que la mitjana de parcials sigui inferior a 4 l'alumne haurà de presentar-se a l'examen final per recuperar aquesta part avaluable. No es podrà presentar a l'examen final si prèviament no s'ha examinat dels examens parcials.

### Recuperació dels examens

Només es podran presentar a l'examen final/repesca aquells alumnes que s'hagin examinat dels dos parcials i tinguin una nota mitjana de parcials sigui inferior a 4 o bé els alumnes que hagin superat els examens parcials i vulguin pujar nota. En aquest darrer cas quedarà la major de les qualificacions obtingudes (mitjana de parcials o repesca)

### Lliurament del problemes

Els problemes que s'han d'entregar seràn avaluats i les seves respostes es publicaran al campus virtual. Aquesta part avaluable no es recupera

### Qualificació final

La nota final de l'assignatura es calcula a partir dels percentatges especificats sempre i quan l'alumne hagi superat els examen parcials o el final. La nota final serà el 70 % de l'examen final/mitjana de parcials més el 30 % dels problemes entregats si la nota de l'examen final és superior o igual a 4. En cas contrari l'alumne està suspès.

No Presentat

Es considerarà NO PRESENTAT quan l'alumne no es presenta a cap examen o bé es presenta només a un dels dos examens parcial i no es presenta a l'examen final. Els altres casos es consideraran com a PRESENTAT és a dir: si ha presentat als dos parcials, si ha presentat només al final/repesca o si s'hapresentat a algun dels parcials i al final.

### Activitats d'avaluació

| Títol                   | Pes | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                              |
|-------------------------|-----|-------|------|-----------------------------------------------------------------------|
| Examen de repesca       | 70% | 3     | 0,12 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 |
| Examen primer parcial   | 35% | 3     | 0,12 | 3, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18                             |
| Examen segon parcial    | 35% | 3     | 0,12 | 1, 2, 4, 9, 10                                                        |
| Lliurament de problemes | 30% | 0     | 0    | 11, 17, 19                                                            |

### Bibliografia

#### Bibliografía moderna

- Robert H Swendsen, An Introduction to Statistical Mechanics and Thermodynamics (Oxford Univ. Press, 2012)
- S. K. Roy, Thermal Physics And Statistical Mechanics (New Age International Publishers, 2001)
- K. Huang, *Introduction to Statistical Physics*, CRC, 2001
- D. V. Schroeder, *An Introduction to Thermal Physics*, Addison Wesley, 2000
- S. J. Blundell and K. M. Blundell, *Concepts in Thermal Physics*, Oxford UP, 2006
- M. Criado-Sancho y J. Casas-Vázquez, *Termodinámica química y de los procesos irreversibles*, Pearson/Addison Wesley, Madrid, segona edició, 2004.
- Yi-Chen Cheng, *Macroscopic and Statistical Thermodynamics* (World Scientific, 2006)

## Bibliografía clàssica

- J. J. Brey, J. de la Rubia, J. de la Rubia, *Mecánica Estadística*, UNED, 2001
- R. Kubo, *Thermodynamics*, North Holland, Amsterdam, 1968.
- F. Reif, *Fundamentals of Statistical Physics and Thermal Physics*, McGraw-Hill, 1985
- D. A. McQuarrie, *Statistical Mechanics*, Harper Collins, 1976
- M.W. Zemansky y R.H. Dittman, *Calor y Termodinámica*, McGraw-Hill, Madrid, 1990.
- C.J. Adkins, *Termodinámica del equilibrio*, Reverté, Barcelona, 1977.
- P.W. Atkins, *La Segunda ley*, Prensa científica, Barcelona 1992.