

## GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA

### 101132 - CIÈNCIA DELS MATERIALS

#### Informació general

- Tipus d'assignatura : Obligatòria
- Coordinador : Julián Horrillo Tello
- Curs: Primer
- Trimestre: Tercer
- Crèdits: 6
- Professorat:
  - Andreu Comajuncosas Fortuño [<comajunc@tecnocampus.cat>](mailto:comajunc@tecnocampus.cat)

#### Idiomes d'impartició

- Català

This subject has been successfully enrolled by a number of foreign students, most of them from Italy. Classes are taught in Catalan, and students are expected to achieve a basic understanding of spoken Catalan. However, exams and practical reports can be written in Italian or other languages. Public questions in the classroom, and private questions to the lecturer, can also be posed in Italian or other languages.

#### Competències que es treballen

##### Bàsica

- B1\_ Que els estudiants hagin demostrat tenir i comprendre coneixements en una àrea d'estudi, que tingui com a base l'educació secundària general, i s'acostumi a trobar a un nivell que, si bé amb el suport de llibres de text avançats, inclogui també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de la vanguardia del seu camp d'estudi
- B5\_ Que els estudiants hagin desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia

##### Específica

- E9\_ Conèixer els fonaments de la ciència, tecnologia i química de materials. Comprendre la relació entre la microestructura, la síntesis o processat i les propietats dels materials

##### Bàsiques i Generals

- Coneixement en matèries bàsiques i tecnològiques, que capaciten per a l'aprenentatge de nous mètodes i teories, adaptació a noves situacions
- Capacitat de resoldre problemes amb iniciativa, presa de decisions, creativitat, raonament crític i de comunicar i transmetre coneixements, habilitats

i destreses en el camp de l'enginyeria industrial

- Coneixements per a la realització de mesuraments, càlculs, valoracions, peritatges, taxacions, estudis, informes, plans de labors i altres treballs anàlegs

## Descripció

---

Fonaments científics de l'estructura i propietats dels materials utilitzats a l'enginyeria mecànica i electrònica.

És recomanable, però no imprescindible, haver cursat assignatures anteriors de Física i Química.

Els continguts d'aquesta assignatura seran ampliat en assignatures posteriors.

Aquesta assignatura disposa de recursos metodològics i digitals per fer possible la seva continuïtat en modalitat no presencial en el cas de ser necessari per motius relacionats amb la Covid-19. D'aquesta forma s'assegurarà l'assoliment dels mateixos coneixements i competències que s'especifiquen en aquest pla docent. El Tecnocampus posarà a l'abast del professorat i l'alumnat les eines digitals necessàries per poder dur a terme l'assignatura, així com guies i recomanacions que facilitin l'adaptació a la modalitat no presencial.

## Resultats d'aprenentatge

---

A nivell general, aquesta assignatura contribueix als següents resultats d'aprenentatge especificats per la matèria a què pertany:

- RA1: Relacionar l'estructura dels materials amb les seves propietats i aplicacions.
- RA2: Comprendre i aplicar normes d'assaig de materials.
- RA3: Analitzar i dimensionar estructures.
- RA9: Conèixer i posar en pràctica la manera i la dinàmica del treball en equip.
- RA11: Dur a terme els treballs encarregats a partir de les orientacions bàsiques donades pel professor, decidint el temps que cal utilitzar en cada apartat, incloent aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.

A un nivell més concret, en acabar l'assignatura l'estudiant ha de ser capaç de:

- Identificar i distingir les estructures cristal·lines dels materials més utilitzats en enginyeria.
- Reconèixer els tipus de defectes de les xarxes cristal·lines, i explicar la seva influència en les propietats macroscòpiques del material.
- Explicar les propietats mecàniques, tèrmiques i elèctriques dels materials.
- Relacionar la tensió i la deformació en metalls, ceràmiques i polímers.
- Interpretar els diagrames de fases dels aliatges binaris més habituals.
- Calcular les proporcions de cada fase a partir del diagrama de fases.
- Relacionar la microestructura d'un material amb el tractament tèrmic a què ha estat sotmès, i amb les seves propietats.
- Relacionar les concentracions de dopants en un semiconductor amb les seves propietats elèctriques.
- Comparar les propietats dels materials metàl·lics, ceràmics, polímers i compòsits.

## Metodologia de treball

---

L'assignatura combina classes presencials a l'aula i classes pràctiques al laboratori.

A l'aula s'aniran alternant l'exposició dels conceptes teòrics, la resolució d'exercicis i exemples d'aplicació per part del professor, i ocasionalment, la resolució col·laborativa i exposició a la pissarra d'algun exercici per part dels estudiants.

Al laboratori els estudiants realitzaran experiments relacionats amb els continguts de l'assignatura.

Els estudiants hauran de dedicar un temps addicional, no presencial, a la resolució d'exercicis, elaboració d'informes de les pràctiques de laboratori i preparació de les proves escrites.

En cas que així ho determinin les normes sanitàries, algunes de les classes de teoria i exercicis (o totes) podran ser impartides a distància o de manera híbrida. En aquest cas, les pràctiques es podran realitzar combinant els experiments al laboratori en grups més reduïts amb la retransmissió en streaming o altres metodologies. Les pràctiques 1, 2, i 3 es podran fer a distància amb una presentació en Flash, i es proporcionaran dades experimentals per a fer els càlculs i l'informe posterior. Per a les pràctiques 4 i 6, es podrà fer una explicació a distància, i es proporcionaran dades experimentals per a fer els càlculs i l'informe posterior.

## Continguts

---

**1. Estructures cristal·lines. Defectes.**

Descripció	<p>Enllaç atòmic: iònic, covalent, metàl·lic i secundari. Distància d'enllaç. Energia d'enllaç. Nombre de coordinació.</p> <p>Sistemes cristal·lins. Cel·la unitat. Xarxes de Bravais.</p> <p>Estructures de metalls: cúbica centrada al cos, cúbica centrada a les cares, hexagonal compacta.</p> <p>Estructures de ceràmiques: clorur de cesi, clorur de sodi, fluorita, cristobalita, corindó, grafit, futbolà.</p> <p>Estructures de polímers: polietilè.</p> <p>Estructures de semiconductors: silici, arseniür de gal·li.</p> <p>Posicions i direccions a la xarxa cristal·lina. Índexs de Miller. Índexs de Miller-Bravais.</p> <p>Difracció de raigs X.</p> <p>Aliatges. Regles de Hume-Rothery.</p> <p>Defectes puntuals: vacant, àtom intersticial, defecte Schottky, defecte Frenkel.</p> <p>Defectes lineals: dislocació d'aresta, helicoïdal i mixta. Vector de Burgers.</p> <p>Defectes de superfície. Materials policristal·lins.</p> <p>Defectes de volum. Vidres metàl·lics.</p> <p>Difusió. Energia d'activació. Equació d'Arrhenius.</p> <p>Producció tèrmica de defectes puntuals. Dilatació per l'aparició de vacants.</p> <p>Lleis de Fick. Variació del coeficient de difusió amb la temperatura.</p> <p>Difusió estacionària. Difusió superficial i intergranular.</p>
Activitats vinculades	<p>Resolució d'exercicis.</p> <p>Primera prova parcial.</p> <p>Pràctiques de laboratori.</p>

<b>2. Propietats mecàniques de materials.</b>	
Descripció	<p>Tensió i deformació en metalls. Assaig de tracció. Deformació elàstica i plàstica. Recuperació elàstica.</p> <p>Límit elàstic. Mòdul de Young. Resistència màxima a la tracció. Ductilitat. Tenacitat. Llei de Hooke.</p> <p>Coefficient de Poisson. Cisallament.</p> <p>Tensió i deformació en ceràmiques i vidres. Mòdul de ruptura. Model d'esquerdes de Griffith.</p> <p>Tensió i deformació en polímers. Efecte de la temperatura i de la humitat.</p> <p>Deformació a escala microscòpica. Sistemes de lliscament.</p> <p>Duresa. Escales Brinell i Rockwell.</p> <p>Fluència. Dependència amb la tensió i amb la temperatura. Relaxació de tensions.</p> <p>Viscositat. Líquids superrefredats. Vidres. Vidre trempat. Vulcanització. Elastòmers.</p> <p>Energia d'impacte. Assaig de Charpy. Fractura dúctil i fràgil. Temperatura de transició dúctil-fràgil. Tenacitat de fractura.</p> <p>Fatiga. Resistència a la fatiga. Creixement de les esquerdes.</p> <p>Assajos no destructius. Radiografia. Ultrasons.</p>
Activitats vinculades	<p>Resolució d'exercicis.</p> <p>Primera prova parcial.</p> <p>Pràctiques de laboratori.</p>

<b>3. Diagrames de fases.</b>
-------------------------------

Descripció	<p>Regla de les fases de Gibbs.</p> <p>Diagrama d'un component.</p> <p>Diagrama binari. Solubilitat total. Microestructures característiques.</p> <p>Diagrama eutèctic. Insolubilitat total. Solubilitat parcial.</p> <p>Diagrama eutectoide. Ferrita-cementita i ferrita-grafit.</p> <p>Diagrama peritèctic. Fusió congruent i incongruent.</p> <p>Regla de la palanca.</p> <p>Microestructures en refredament lent. Ferro colat. Acer.</p>
Activitats vinculades	<p>Resolució d'exercicis.</p> <p>Segona prova parcial.</p>

<b>4. Propietats tèrmiques.</b>	
Descripció	<p>Capacitat calorífica. Calor específica a pressió constant i a volum constant.</p> <p>Dilatació tèrmica. Coeficient de dilatació lineal.</p> <p>Conductivitat tèrmica. Llei de Fourier.</p> <p>Xoc tèrmic.</p> <p>Fases de solidificació: nucleació i creixement.</p> <p>Refredament de l'acer. Transformacions martensítiques. Reveniment: martempering i austempering.</p> <p>Tremp i duresa. Assaig Jominy. Enduriment per precipitació i per acritud. Recuita. Temperatura de recristal·lització.</p> <p>Cristal·lització de vitroceràmica. Sinterització.</p>
Activitats vinculades	<p>Resolució d'exercicis.</p> <p>Segona prova parcial.</p> <p>Pràctica de laboratori.</p>

<b>5. Propietats elèctriques. Semiconductors.</b>	
Descripció	<p>Conductivitat elèctrica. Llei d'Ohm. Resistència i resistivitat. Variació amb la temperatura i amb la composició d'un aliatge.</p> <p>Bandes d'energia: valència i conducció. Nivell de Fermi.</p> <p>Termoparells.</p> <p>Superconductors.</p> <p>Aïllants. Permissivitat dielèctrica.</p> <p>Semiconductors intrínsecs i extrínsecs. Electrons i forats. Dopants p i n.</p> <p>Dispositius semiconductors.</p>
Activitats vinculades	<p>Resolució d'exercicis.</p> <p>Segona prova parcial.</p>

**1. Primera prova parcial (continguts 1 i 2). [CE9, RA1, CB1, CB5]**

Descripció general	Prova escrita d'avaluació dels continguts desenvolupats a la primera meitat del curs.
Material de suport	Enunciat de la prova.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Resolució de la prova. La qualificació representarà un 40% de la nota del curs.
Objectius específics	Explicar conceptes teòrics corresponents als temes 1 i 2. Resoldre exercicis corresponents als temes 1 i 2.

**2. Segona prova parcial (continguts 3, 4 i 5). [CE9, RA1, CB1, CB5]**

Descripció general	Prova escrita d'avaluació dels continguts desenvolupats a la segona meitat del curs.
Material de suport	Enunciat de la prova.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Resolució de la prova. La qualificació representarà un 40% de la nota del curs.
Objectius específics	Explicar conceptes teòrics corresponents als temes 3, 4 i 5. Resoldre exercicis corresponents als temes 3, 4 i 5.

**3. Resolució d'exercicis (continguts 1 a 5). [CE9, RA1, CB1, CB5]**

Descripció general	Caldrà resoldre alguns dels exercicis proposats.
Material de suport	Col·lecció d'exercicis. Apunts, llibres i altre material de suport.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Generalment aquests exercicis s'hauran de resoldre fora de l'aula. Algun d'ells serà resolt pels estudiants dins de l'aula, de forma col·laborativa en grups de dos o tres estudiants, i exposat a la pissarra. Aquesta activitat no contribuirà directament a la nota del curs. Tanmateix, la seva realització serà molt útil per a la preparació de les proves escrites.
Objectius específics	Resoldre exercicis relacionats amb els continguts de l'assignatura.

**4. Pràctica 1. Metal·lografia. [CE9, RA1, RA2, RA9, RA11]**

Descripció general	Pràctica demostrativa on s'ensenya el funcionament d'un microscopi metal·logràfic i s'adquireixen imatges de l'estructura granular de diversos metalls i aliatges.
Material de suport	Guió de la pràctica. Presentació introductòria sobre metal·lografia. Imatges obtingudes amb el microscopi.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	El estudiants, en grups de tres, apliquen les normes ASTM per al càlcul del nombre de mida de gra i diàmetre de gra. També calculen el percentatge de grafit en una fosa nodular. Lliuren un informe escrit amb els càlculs. La qualificació global de totes les pràctiques representa un 20% de la nota del curs. Alguns dels continguts de les pràctiques poden sortir també als exàmens escrits individuals.

Objectius específics	Realitzar càlculs numèrics amb les unitats adequades segons una norma d'assaig de materials.
----------------------	--

#### 5. Pràctica 2. Assajos de tracció. [CE9, RA1, RA2, RA9, RA11]

Descripció general	Els estudiants utilitzen una màquina de tracció de 1500 kg per a trencar diverses provetes metàl·liques i obtenir els arxius numèrics amb les dades de força i allargament.
Material de suport	Guió de la pràctica. Arxius amb les dades de força i allargament de cada material.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Els estudiants, en grups de tres, representen les gràfiques tensió-deformació amb un full de càlcul (Excel), utilitzant les dades de força i allargament i les mesures de les dimensions de les provetes. A partir de les gràfiques tensió-deformació determinen per a cada material el mòdul de Young, el límit elàstic, la resistència màxima a la tracció i la ductilitat. Lliuren un informe amb les gràfiques i càlculs.  La qualificació global de totes les pràctiques representa un 20% de la nota del curs. Alguns dels continguts de les pràctiques poden sortir també als exàmens escrits individuals.
Objectius específics	Entendre la relació entre tensió i deformació en els metalls.  Utilitzar un full de càlcul per a obtenir gràfiques i realitzar càlculs.

#### 6. Pràctica 3. Assajos de duresa. [CE9, RA1, RA2, RA9, RA11]

Descripció general	Pràctica demostrativa de mesura de la duresa Brinell, Rockwell i Shore.
Material de suport	Guió de la pràctica.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Càlcul de la fórmula de la duresa Brinell a partir dels diàmetres del senyal a diverses mostres metàl·liques.  La qualificació global de totes les pràctiques representa un 20% de la nota del curs. Alguns dels continguts de les pràctiques poden sortir també als exàmens escrits individuals.
Objectius específics	Conèixer diferents escales de duresa.

#### 7. Pràctica 4. Assajos d'impacte. [CE9, RA1, RA2, RA9, RA11]

Descripció general	Pràctica demostrativa d'assajos d'impacte Charpy i Izod sobre polímers, segons les normes ISO 179 i 180.
Material de suport	Guió de la pràctica.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Els estudiants, en grups de tres, calculen l'energia absorbida per les mostres en la ruptura per impacte tenint en compte les pèrdues per fricció de la màquina i valorant l'efecte de la temperatura de la mostra. Lliuren un informe escrit amb els càlculs.  La qualificació global de totes les pràctiques representa un 20% de la nota del curs. Alguns dels continguts de les pràctiques poden sortir també als exàmens escrits individuals.
Objectius específics	Realitzar càlculs numèrics amb les unitats adequades segons una norma d'assaig de materials.

#### 8. Pràctica 5. Propietats del Plexiglas i altres polímers. [CE9, RA1, RA2, RA3, RA9]

Descripció general	Pràctica demostrativa on s'utilitza una màquina de tracció de 5000 kg per a trencar diverses mostres de Plexiglas i altres polímers, segons la norma ISO 527. També es mesura la densitat, amb una adaptació de la norma ISO 1183.
--------------------	--

Material de suport	Guió de la pràctica. Full de característiques del fabricant del Plexiglas.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Els estudiants valoren si la mostra subministrada és del Plexiglas descrit al full de característiques o succedani. Lliuren un informe escrit amb les conclusions.  La qualificació global de totes les pràctiques representa un 20% de la nota del curs. Alguns dels continguts de les pràctiques poden sortir també als exàmens escrits individuals.
Objectius específics	Realitzar càlculs numèrics amb les unitats adequades segons una norma d'assaig de materials.

<b>9. Pràctica 6. Propietats tèrmiques. [CE9, RA1, RA9, RA11]</b>	
Descripció general	Els estudiants mesuren la capacitat calorífica i la conductivitat tèrmica de diversos metalls.
Material de suport	Guió de la pràctica.
Lliurable i vincles amb l'avaluació	Els estudiants, en grups de tres, lliuren un informe escrit amb els càlculs, gràfiques, i conclusions demanades.  La qualificació global de totes les pràctiques representa un 20% de la nota del curs. Alguns dels continguts de les pràctiques poden sortir també als exàmens escrits individuals.
Objectius específics	Utilitzar un full de càlcul per a obtenir gràfiques i realitzar càlculs.

## Sistema d'avaluació

La qualificació final serà la mitjana ponderada de les qualificacions de les activitats avaluable:

Primera prova parcial: 40%

Segona prova parcial: 40%

Pràctiques de laboratori: 20%

Examen de recuperació: 80%

Hi haurà una primera prova parcial a meitat de curs, corresponent als temes 1 i 2, i una segona prova parcial a final de curs, corresponent als temes 3, 4 i 5.

Per als estudiants que no superin l'avaluació durant el curs, es mantindrà el 20% de la qualificació de pràctiques, i es farà un examen de recuperació global que valdrà el 80% de la nota.

L'examen de recuperació podrà servir per a aprovar l'assignatura amb un 5 de nota final, però no per a obtenir una nota superior a 5.

En cas que les normes sanitàries impedeixin fer un primer examen presencial, la ponderació de les activitats avaluable serà:

Prova final presencial: 70%

Pràctiques de laboratori: 30%

## Recursos

### Bàsics

#### Bibliografies

- Callister, W.D. Introducció a la Ciència e Ingenieria de los Materiales. 1a. edició. Barcelona: Reverté, 2007. ISBN 9788429172539 - 9788429172546.
- Shackelford, J.F. Introducció a la ciencia de materiales para ingenieros. 6a. edició. Madrid: Pearson - Prentice Hall, 2008. ISBN 9788420544519.
- Smith, W.F., Hashemi, J. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. 4a. edició. Madrid: McGraw-Hill, 2006. ISBN 9701056388.

### Complementaris

#### Bibliografies

-

Ashby, M., Jones, D.R.H. Materiales para ingeniería. 1a. edición. Barcelona: Reverté, 2010. ISBN 9788429172553 -9788429172560.

- Askeland, D. Ciencia e ingeniería de los materiales. Madrid: Thomson - Paraninfo, 2001. ISBN 8497320166.
- Cembrero, J. Ciencia y tecnología de materiales. Problemas y cuestiones. Madrid: Pearson - Prentice Hall, 2005. ISBN 9788420542492.
- Gil, F.J. Materiales en ingeniería. Problemas resueltos. Barcelona: UPC, 2000. ISBN 9788483014110.
- Mangonon, P.L. Ciencia de materiales. Selección y diseño. Madrid: Pearson - Prentice Hall, 2002. ISBN 9789702600275.