

Facultad de Ciencias

Grado en Física

GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA :

Física del Estado Sólido
(2025 - 2026)

1. Datos descriptivos de la asignatura

Asignatura: Física del Estado Sólido	Código: 279193203
<ul style="list-style-type: none"> - Centro: Facultad de Ciencias - Lugar de impartición: Facultad de Ciencias - Titulación: Grado en Física - Plan de Estudios: 2009 (Publicado en 2009-11-25) - Rama de conocimiento: Ciencias - Itinerario / Intensificación: - Departamento/s: Física - Área/s de conocimiento: Física Aplicada - Curso: 3 - Carácter: Obligatoria - Duración: Segundo cuatrimestre - Créditos ECTS: 6,0 - Modalidad de impartición: Presencial - Horario: Enlace al horario - Dirección web de la asignatura: http://www.campusvirtual.ull.es - Idioma: Castellano 	

2. Requisitos de matrícula y calificación

3. Profesorado que imparte la asignatura

Profesor/a Coordinador/a: FERNANDO DELGADO ACOSTA
- Grupo:
<p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nombre: FERNANDO - Apellido: DELGADO ACOSTA - Departamento: Física - Área de conocimiento: Física Aplicada
<p>Contacto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teléfono 1: 922316502 (Ext 6452) - Teléfono 2: - Correo electrónico: fdelgadoa@ull.es - Correo alternativo: fernando.delgado@ull.edu.es - Web: http://www.campusvirtual.ull.es
Tutorías primer cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
08-09-2025	21-01-2026	Lunes	11:00	13:00	Edificio Calabaza - AN.2D	
08-09-2025	21-01-2026	Miércoles	14:30	16:30	Edificio Calabaza - AN.2D	
08-09-2025	21-01-2026	Viernes	14:30	16:30	Edificio Calabaza - AN.2D	

Observaciones:

Tutorías segundo cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
26-01-2026	07-12-2026	Lunes	23:00	13:00	Edificio Calabaza - AN.2D	
26-01-2026	07-12-2026	Miércoles	14:30	16:30	Edificio Calabaza - AN.2D	
26-01-2026	07-12-2026	Viernes	14:30	16:30	Edificio Calabaza - AN.2D	

Observaciones: Despacho en antigua secretaría de la Facultad de Física y Matemáticas

Profesor/a: ANTONIO MUÑOZ MATEO

- Grupo:

General

- Nombre: **ANTONIO**
- Apellido: **MUÑOZ MATEO**
- Departamento: **Física**
- Área de conocimiento: **Física Aplicada**

Contacto

- Teléfono 1: **922318271**
- Teléfono 2:
- Correo electrónico: **ammateo@ull.es**
- Correo alternativo:
- Web: **https://www.campusvirtual.ull.es/**

Tutorías primer cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	56
Todo el cuatrimestre		Miércoles	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	56
Todo el cuatrimestre		Jueves	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	56

Observaciones: Durante el curso se informará de posibles cambios.

Tutorías segundo cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	56
Todo el cuatrimestre		Miércoles	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	56
Todo el cuatrimestre		Jueves	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	56

Observaciones: Durante el curso se informará de posibles cambios.

4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura: **Física Obligatoria**
Perfil profesional:

5. Competencias

Competencias Generales

- CG02** - Adquirir una sólida base teórica, matemática y numérica, que permita la aplicación de la Física a la solución de problemas complejos mediante modelos sencillos
- CG03** - Desarrollar una clara percepción de situaciones aparentemente diferentes pero que muestran evidentes analogías físicas, lo que permite la aplicación de soluciones conocidas a nuevos problemas. Para ello es importante que el alumnado, además de dominar las teorías físicas, adquiera un buen conocimiento y dominio de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados.
- CG04** - Desarrollar la habilidad de identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja que le permita construir un modelo simplificado que describa, con la aproximación necesaria, el objeto de estudio y permita realizar predicciones sobre su evolución futura. Así mismo, debe ser capaz de comprobar la validez del modelo introduciendo las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones y las observaciones y/o los resultados experimentales.
- CG06** - Saber organizar y planificar el tiempo de estudio y de trabajo, tanto individual como en grupo; ello les llevará a aprender a trabajar en equipo y a apreciar el valor añadido que esto supone.
- CG07** - Ser capaz de participar en debates científicos y de comunicar tanto de forma oral como escrita a un público especializado o no cuestiones relacionadas con la Ciencia y la Física. También será capaz de utilizar en forma hablada y escrita otro idioma, relevante en la Física y la Ciencia en general, como es el inglés.
- CG08** - Poseer la base necesaria para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía, tanto desde la formación científica, (realizando un master y/o doctorado), como desde la actividad profesional.

Competencias Básicas

- CB2** - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- CB3** - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
- CB4** - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
- CB5** - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

Competencias Específicas

- CE1** - Conocer y comprender los esquemas conceptuales básicos de la Física y de las ciencias experimentales.
- CE3** - Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes, localizando en su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y el fenómeno físico que puede ser descrito a través de ellas.
- CE11** - Adquirir destreza en la modelización matemática de fenómenos físicos.
- CE14** - Analizar, sintetizar, evaluar y describir información y datos científicos
- CE19** - Desarrollar la "intuición" física.
- CE23** - Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, así como de desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, permitiendo el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- CE24** - Afrontar problemas y generar nuevas ideas que puedan solucionarlos
- CE26** - Dominar la expresión oral y escrita en lengua española, y también en lengua inglesa, dirigida tanto a un público especializado como al público en general.
- CE28** - Adquirir hábitos de comportamiento ético en laboratorios científicos y en aulas universitarias.
- CE29** - Organizar y planificar el tiempo de estudio y trabajo, tanto individual como en grupo.

CE30 - Saber discutir conceptos, problemas y experimentos defendiendo con solidez y rigor científico sus argumentos.

CE31 - Saber escuchar y valorar los argumentos de otros compañeros.

CE33 - Ser capaz de identificar lo esencial de un proceso / situación y establecer un modelo de trabajo del mismo.

6. Contenidos de la asignatura

Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

TEMA 0: QUÉ ES Y POR QUÉ ESTUDIAMOS LA FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

TEMA I: COMIENZOS DE LA FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

I.1 Calor específico de sólidos: de la Ley de Dulong-Petit a los modelos de Boltzman, Einstein y Debye

I.1.1. Problemas de los modelos microscópicos

I.2. Electrones en metales

I.2.1 Teoría de Drude/Lorenz

I.2.1.1 Electrones en un campo eléctrico

I.2.1.2. Electrones en campos eléctricos y magnéticos

I.3. Transporte Térmico

I.4. Modelo cuántico de electrones libres: teoría de Sommerfeld

I.4.1. Estadísticas de Fermi–Dirac

I.4.2. Capacidad calorífica electrónica

I.5. Deficiencias del modelo de electrones libres

TEMA II: ESTRUCTURA DE LA MATERIA

II.1. La Tabla periódica

II.1.1 Química, átomos y ecuación de Schrödinger

II.1.2. Estructura de la tabla periódica

II.1.3. Tendencias en la tabla periódica

II.2. Enlaces químicos

II.2.1. Enlaces iónicos

II.2.2. Enlace covalente: imagen de enlace fuerte (*tigh binding*)

II.2.3. Enlaces tipo Van der Waals

II.2.4. Enlace metálico

II.2.5. Enlaces de puentes de hidrógeno

TEMA III: MODELOS UNIDIMENSIONALES DE SÓLIDOS

III.1. Entendiendo la compresibilidad, propagación del sonido y Expansión térmica

III.2. Vibraciones de una cadena monoatómica unidimensional

III.2.1. Red recíproca

III.2.2. Propiedades de la dispersión de la cadena unidimensional

III.2.3. Modos cuánticos: fonones

III.2.4. Momento cristalino

III.3. Vibraciones de una cadena diatómica unidimensional

III.3.1. Celda unidad y base cristalina

III.3.2. Modos de vibración de un sólido diatómico.

III.3.2. Generalización a otras dimensiones y bases: *tensor elástico*

III.4. Electrones en una cadena unidimensional: modelos *tight-binding*.

III.4.1. Introducción a la teoría de bandas. Llenado de bandas, bandas múltiples y deficiencias de la teoría de bandas.

TEMA IV: GEOMETRÍA DE SÓLIDOS Y ESTRUCTURA CRISTALINA

IV.1. Redes cristalinas y celdas unidad

IV.2. Redes cristalinas en 3 dimensiones

IV.2.1. Red cúbica centrada en el cuerpo (bcc)

IV.2.2. Red cúbica centrada en las caras (fcc)

IV.2.3. Otras redes cristalinas

TEMA V: Red recíproca, zonas de Brillouin y ondas en cristales

V.1. La red recíproca en 3 dimensiones

V.1.1. Recordatorio del caso unidimensional

V.1.2. Definición de la red recíproca

V.1.3. La red recíproca como transformada de Fourier

V.1.4. Puntos de la red recíproca y planos cristalinos

V.2. Zonas de Brillouin

V.2.1. Recordatorio de las relaciones de dispersión y zonas de Brillouin en una dimensión

V.2.2. Construcción general de las zonas de Brillouin

V.3. Ondas electrónicas y vibracionales en cristales tridimensionales

V.4. Difracción de neutrones y rayos X

V.4.1. Condición de Bragg-Laue

V.4.2. Aproximación usando la Regla de Oro de Fermi

V.4.3. Amplitud de scattering

V.4.4. Interpretación geométrica de las reglas de selección

V.5. Otras técnicas experimentales

TEMA VI: ELECTRONES EN SÓLIDOS

VI.1. Electrones en un potencial periódico

VI.1.1. Modelo de electrones cuasi libres

VI.1.2. Teoría de la perturbación degenerada

VI.2. Teorema de Bloch

VI.2.1. Ecuación central de sistemas periódicos

VI.2.2. Aplicación perturbativa de la ecuación central de sistemas periódicos

VI.2.3. Modelos "tight-binding" como límite de potencial periódico fuerte

VI.3. Aislante, semiconductor o metal

VI.3.1. Bandas de energía en una dimensión

VI.3.2. Bandas de energía en dos y tres dimensiones

VI.3.3. Fallos de la teoría de bandas

VI.3.4. Estructura de banda y propiedades ópticas

VI.4. Física de semiconductores

VI.4.1. Electrones y huecos: transporte

VI.4.2. Dispositivos semiconductores

VI.4.2.1. Ingeniería de bandas: dopado con impurezas

VI.4.2.2. Unión p-n

VI.4.2.3. El transistor

TEMA VII: PROPIEDADES MAGNÉTICAS

- VII.1. Magnetismo de átomos: paramagnetismo y diamagnetismo
 - VII.1.1. Definiciones de tipos de magnetismo
 - VII.1.2. Física atómica: reglas de Hund
 - VII.1.3. Acoplamiento de electrones en átomos a un campo magnético externo
 - VII.1.4. Paramagnetismo de espín (Curie o Langevin)
 - VII.1.5. Diamagnetismo de Larmor
- VII.2. Átomos en sólidos
 - VII.2.1. Paramagnetismo de Pauli en metales
 - VII.2.2. Diamagnetismo en sólidos
- VII.3. Órdenes magnéticos espontáneos: ferro, antiferro y ferrimagnetismo
 - VII.3.1. Tipos de órdenes magnéticos espontáneos
 - VII.3.2. Rotura de simetría
- VII.4. Dominios magnéticos e histéresis
 - VII.4.1. Paredes de dominio: pared de Bloch y Néel
 - VII.4.2. Efectos del desorden
- VII.5. Técnicas experimentales para el estudio del magnetismo
- VII.6. Teorías de campo medio: susceptibilidad magnética
 - VII.6.1. Modelo de Ising ferromagnético en campo medio
 - VII.6.2. Magnetismo en sistemas de electrones correlacionados: modelo de Hubbard, criterio de Stoner y aislantes de Mott
- VIII. Generalización a respuesta lineal a una perturbación y fórmula de Kubo
 - VIII.1. Respuesta estática
 - VIII.2. Respuesta dinámica
 - VIII.3. Causalidad, densidad espectral y relaciones de Kramers-Kronig

Actividades a desarrollar en otro idioma

Manejo de bibliografía básica en inglés.

7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

Descripción

La asignatura se imparte mediante clases magistrales de teoría y clases de problemas. El profesor proporcionará con antelación el material de trabajo, donde se alternarán presentaciones en diapositivas con explicaciones detalladas en la pizarra. Los alumnos participarán junto al profesor en la resolución de problemas, promoviendo la interactividad y discusión de resultados. Las tutorías servirán para resolver dudas de forma individualizada, así como afianzar conceptos que pudieran no haber quedado claros. La IA puede ser usada como una primera aproximación a la resolución de problemas dentro del trabajo autónomo del alumno, pero siempre será necesario analizar las respuestas de manera crítica, contrastando la información con fuentes bibliográficas oportunas o con el profesor en caso de duda. En ningún caso se podrá la IA como sustituto al uso de la bibliografía oportuna.

En caso de situaciones de riesgo declaradas oficialmente derivadas de fenómenos meteorológicos adversos y que pudieran afectar a la programación de las asignaturas, las actividades docentes se desarrollarán, en la medida de lo posible, conforme establezca el plan específico del centro.

Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases teóricas	26,00	0,00	26,0	[CG02], [CG03], [CG04], [CG06], [CE11], [CE14], [CE28], [CE29], [CE30], [CG08], [CE1], [CE3], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE33]
Clases prácticas (aula / sala de demostraciones / prácticas laboratorio)	15,00	0,00	15,0	[CG02], [CG03], [CG04], [CG06], [CG07], [CE11], [CE14], [CE28], [CE29], [CE30], [CG08], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5], [CE23], [CE24], [CE26], [CE31], [CE33]
Realización de seminarios u otras actividades complementarias	15,00	0,00	15,0	[CG02], [CE14], [CE30], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5], [CE1], [CE3], [CE26], [CE31], [CE33]
Realización de exámenes	4,00	0,00	4,0	[CG02], [CG03], [CG04], [CE11], [CE14], [CE30], [CB2], [CB3], [CB4], [CE1], [CE3], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26]
Estudio y trabajo autónomo en todas las actividades	0,00	90,00	90,0	[CG02], [CG03], [CG04], [CG06], [CG07], [CE11], [CE14], [CE28], [CE29], [CE30], [CG08], [CE1], [CE3], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE31], [CE33]
Total horas	60,00	90,00	150,00	

Total ECTS	6,00	
------------	------	--

8. Bibliografía / Recursos

Bibliografía Básica

STEVEN H. SIMON,
The Oxford Solid State Basics
, Oxford University Press (2013)

STEVEN M. GIRVIN, KUN YANG, Modern Condensed Matter Physics -Cambridge University Press (2019)

Bibliografía Complementaria

J. PIQUERAS y J.M. ROJO, Problemas de introducción a la Física del Estado Sólido. Ed. Alhambra, 1980
J. MAZA, J. MOSQUEIRA y J.A. VEIRA, Física del Estado Sólido. Ejercicios resueltos. Ed. Universidad de Santiago de Compostela, 2003

CHARLES KITTEL, Introduction to Solid State Physics, (8^o Edition, John Wiley & Sons, 2004)

HAN FUXIANG,
Problems in solid state physics with solutions
(2012, World Scientific)

N.W. ASHCROFT y N.D. MERMIN, Solid State Physics. W.B. Saunders Company.

Otros Recursos

Aula de docencia virtual de la Universidad de La Laguna: <http://campusvirtual.ull.es>

Material de presentaciones de los temas y hojas de problemas planteadas por el profesor

9. Sistema de evaluación y calificación

Descripción

Las estrategias de evaluación seguidas en la asignatura siguen el Reglamento de Evaluación y Calificación de la Universidad de La Laguna (Capítulo III, en particular, en los artículos 4 y 5), donde se establece que la modalidad será preferentemente la evaluación continua y formativa.

Las opciones de evaluación de la asignatura serán las siguientes:

- evaluación continua (EvC)

- evaluación única (EvU).

La evaluación continua constará de **dos pruebas escritas**, cada una con un peso del **50% de la nota**. Las pruebas contarán con dos tipologías de preguntas de acuerdo al catálogo de pruebas evaluativas de la ULL-UTC (según el modelo 822/2021 recogidas en el Modifica vigente del Grado de Física): *pruebas de desarrollo, respuesta larga (SE3)*, con una ponderación de un **10%** sobre el total, y *Resolución de casos, ejercicios y problemas (SE4)*, con una ponderación del **90%**. La primera prueba de EvC se llevará a cabo a mediados del cuatrimestre, idealmente en la semana 7, pero la fecha exacta se establecerá en coordinación con el resto de asignaturas del curso para evitar el solapamiento o cercanía excesiva entre pruebas.

La segunda prueba de EvC se llevará a cabo en las aulas, fecha y hora establecida para la primera convocatoria oficial, con la misma tipología de pruebas y ponderación. Los alumnos que no hubiesen superado la primera prueba podrán concurrir a la evaluación única, o permanecer en EvC y realizar únicamente esta segunda prueba. Se considerará agotada la convocatoria desde que el alumnado se presente a una de las dos pruebas de la EvC.

Los alumnos de EvC que hayan superado el 7 en la primera prueba podrán hacer una exposición oral crítica de un trabajo de investigación relevante en física de la materia condensada de los últimos 5 años. La rúbrica de evaluación de dicha prueba estará a disposición de los alumnos desde el principio del curso. El profesor proporcionará con suficiente antelación una selección de artículos, y el alumno ha de escoger uno para su posterior presentación. Esta prueba dará una puntuación máxima de 1 punto sobre la media de las dos pruebas de EvC. Dicha prueba será de carácter obligatorio para todos los alumnos que quieran optar a la Matrícula de Honor.

La nota de la evaluación continua será la media aritmética de las calificaciones de las dos pruebas, con la posible adición de la puntuación de la exposición oral descrita anteriormente (optativa). El alumnado que no haya superado la asignatura (5 sobre 10 puntos en la EvC) tendrá que presentarse en evaluación única a cualquiera de los dos llamamientos de la segunda convocatoria.

Los alumnos en evaluación única podrán presentarse a cualquiera de las dos convocatorias oficiales (mayo o junio/julio). Al igual que las pruebas de EvC, la prueba de EvU contará con dos tipologías de preguntas: *pruebas de desarrollo, respuesta larga (SE3)*, con una ponderación de un **10%** sobre el total, y *Resolución de casos, ejercicios y problemas (SE4)*, con una ponderación del **90%**. De acuerdo con el REC (2023), los alumnos que no hayan superado la asignatura en la convocatoria de mayo solo podrán presentarse al llamamiento de julio si no se han presentado en junio, o si se han presentado y no han superado la asignatura.

Los alumnos de EvU en la convocatoria de mayo dispondrán de una pregunta adicional optativa (tipo SE3) que solo se contabilizará en el caso de que la nota del resto del examen iguale o supere el 7, pudiendo contribuir en un máximo de un punto adicional. Esta pregunta será de respuesta obligatoria para optar a la Matrícula de Honor en EvU.

Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
----------------	--------------	-----------	-------------

<p>Pruebas de desarrollo, respuesta larga (son aquellas que requieren respuestas amplias por parte del estudiantado)</p>	<p>[CG02], [CG03], [CG04], [CG06], [CG07], [CE11], [CE14], [CE28], [CE29], [CE30], [CG08], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5], [CE1], [CE3], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE31], [CE33]</p>	<p>Prueba de desarrollo, respuesta larga. Requieren justificar y argumentar la respuesta a un problema no cuantitativo basado en la teoría</p>	<p>10,00 %</p>
<p>Resolución de casos, ejercicios y problemas (prueba consistente en que el alumnado obtenga, de forma razonada, una solución contrastada y acorde a los criterios establecidos)</p>	<p>[CG02], [CG03], [CG04], [CG06], [CG07], [CE11], [CE14], [CE28], [CE29], [CE30], [CG08], [CB2], [CB3], [CB4], [CB5], [CE1], [CE3], [CE19], [CE23], [CE24], [CE26], [CE31], [CE33]</p>	<p>Resolución de problemas de forma correcta y debidamente justificada, tanto en los controles de la evaluación continua como en los exámenes de convocatoria. Uso correcto de las unidades en magnitudes físicas. Uso correcto de operaciones algebraicas correctamente definidas.</p> <p>El uso de unidades no correspondiente a la magnitud física a determinar (distinta dimensionalidad) o la falta de unidades en magnitudes físicas dimensionales acarrearán la sustracción de TODA la puntuación en el ejercicio en el que se haya cometido ese error. De la misma forma, la "invención" de operaciones matemáticas no definidas, como el "inverso de un vector", también conllevarán la invalidación total del apartado en cuestión.</p>	<p>90,00 %</p>

10. Resultados de Aprendizaje

- Conseguir una base teórica de la física del estado sólido que permita su aplicación a la resolución de problemas.
- Comprender las teorías físicas más importantes y el fenómeno físico que puede ser descrito a través de ellas.
- Entender conceptos, problemas y experimentos para defender con solidez y rigor científico sus argumentos.

11. Cronograma / calendario de la asignatura

Descripción

La distribución de los temas por semana es orientativa y puede sufrir cambios según las necesidades de organización docente.

Segundo cuatrimestre

Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:	<p>Tema 0: QUÉ ES Y POR QUÉ ESTUDIAMOS LA FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO</p> <p>Tema I: COMIENZOS DE LA FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO</p>	<p>0) ¿Qué es y por qué estudiar la física de la materia condensada y el estado sólido?</p> <p>I.1) Modelos premicroscópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • I.1) Calor específico en sólidos: modelos de Einstein y Debye • I.2) Electrones en metales: modelo de Drude, Lorenz y Sommerfeld • I.3) Deficiencias de los modelos de electrones libres 	4.00	6.00	10.00

<p>Semana 2:</p>	<p> Tema II: ESTRUCTURA DE LA MATERIA Tema III: MODELOS UNIDIMENSIONALES DE SÓLIDOS </p>	<p>II) Estructura de la materia</p> <ul style="list-style-type: none"> II.1. La Tabla periódica. II.1.1 Química, átomos y ecuación de Schrödinger. II.1.2. Estructura de la tabla periódica. II.1.3. Tendencias en la tabla periódica. II.2. Enlaces químicos. II.2.1. Enlaces iónicos. II.2.2. Enlace covalente: imagen de enlace fuerte (<i>tight binding</i>) II.2.3. Enlaces tipo van der Waals II.2.4. Enlace metálico. II.2.5. Enlaces de puentes de hidrógeno <p>III.1. Entendiendo la compresibilidad, propagación del sonido y Expansión térmica III.2. Vibraciones de una cadena monoatómica unidimensional. III.2.1. Red recíproca. III.2.2. Propiedades de la dispersión de la cadena unidimensional. III.2.3. Modos cuánticos de vibración: fonones.</p> <p>Problemas de fonones I: cuantización del momento cristalino, condiciones de contorno, y densidad de modos</p>	<p>3.00</p>	<p>6.00</p>	<p>9.00</p>
<p>Semana 3:</p>	<p> Tema III: MODELOS UNIDIMENSIONALES DE SÓLIDOS </p>	<p>III.2.4. Momento cristalino III.3. Vibraciones de una cadena diatómica unidimensional. III.3.1. Celda unidad y base cristalina. III.3.2. Modos de vibración de un sólido diatómico.</p> <p>Problemas de fonones II: capacidad calorífica en el modelo de Debye, modos de vibración en 2D, modos evanescentes.</p>	<p>4.00</p>	<p>6.00</p>	<p>10.00</p>

Semana 4:	Tema III: MODELOS UNIDIMENSIONALES DE SÓLIDOS	<p>III.3.3. Generalización a otras dimensiones/bases. III.4. Electrones en una cadena unidimensional: modelos <i>tight-binding</i>. III.4.1. Introducción a la teoría de bandas. Llenado de bandas, bandas múltiples.</p> <p>Bandas de energía en 2D y 3D. Propiedades ópticas y bandas de energía. Deficiencias de la teoría de bandas.</p> <p>Problemas electrones I: modelo de Sommerfeld, densidad de estados, electrones en potencial periódicos (<i>tight-binding</i>).</p> <p>Problemas electrones II: <i>tight-binding</i></p>	2.00	6.00	8.00
Semana 5:	Tema IV: GEOMETRÍA DE SÓLIDOS Y ESTRUCTURA CRISTALINA	<p>- IV.1. Redes cristalinas y celdas unidad - IV.2. Redes cristalinas en 3 dimensiones. IV.2.1. Red cúbica centrada en el cuerpo (bcc). IV.2.2. Red cúbica centrada en las caras (fcc). IV.2.3. Otras redes cristalinas</p> <p>Problemas estructura cristalina I: estructura cristalina, redes de Bravais y base.</p>	4.00	6.00	10.00
Semana 6:	TEMA V: RED RECÍPROCA, ZONAS DE BRILLOUIN Y BANDAS EN CRISTALES	<p>- V.1. La red recíproca en 3 dimensiones. - V.1.1. Recordatorio del caso unidimensional. - V.1.2. Definición de la red recíproca. - V.1.3. La red recíproca como transformada de Fourier. V1.4. Puntos de la red recíproca y planos cristalinos.</p> <p>Problemas red recíproca I: problemas de la red recíproca: espacio recíproco en redes cúbicas, vectores de la red primitiva, índices de Miller y espaciado entre familias de planos.</p>	4.00	6.00	10.00

Semana 7:	TEMA V: RED RECÍPROCA, ZONAS DE BRILLOUIN Y BANDAS EN CRISTALES	<ul style="list-style-type: none"> - V.2. Zonas de Brillouin. - V.2.1. Recordatorio de las relaciones de dispersión y zonas de Brillouin en una dimensión. - V.2.2. Construcción general de las zonas de Brillouin. - V.3. Ondas electrónicas y vibracionales en cristales tridimensionales <p>Primer parcial evaluación continua (2h) (Localización del examen con carácter orientativo. La fecha exacta se establecerá en coordinación con el resto de asignaturas del curso)</p>	4.00	6.00	10.00
Semana 8:	TEMA V: RED RECÍPROCA, ZONAS DE BRILLOUIN Y BANDAS EN CRISTALES	<ul style="list-style-type: none"> - V.4. Difracción de neutrones y rayos X. - V.4.1. Condición de Bragg-Laue. - V.4.2. Aproximación usando la Regla de Oro de Fermi. - V.4.3. Amplitud de scattering. - V.4.4. Interpretación geométrica de las reglas de selección. - V5. Otras técnicas experimentales <p>Problemas red recíproca II: problemas de la red recíproca: espacio recíproco en redes cúbicas, vectores de la red primitiva, índices de Miller y espaciado entre familias de planos.</p>	4.00	6.00	10.00
Semana 9:	TEMA VI: ELECTRONES EN SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> - VI.1. Electrones en un potencial periódico. - VI.1.1. Modelo de electrones cuasi libres. - VI.1.2. Teoría de perturbaciones degenerada. - VI.2. Teorema de Bloch - VI.2.1. Ecuación central de sistemas periódicos - VI.2.2. Aplicación perturbativa de la ecuación central de sistemas periódicos VI.2.2. Tight-binding como límite de potenciales periódicos fuertes del teorema de Bloch <p>Problemas electrones III: problemas de electrones en redes bi y tridimensionales</p>	4.00	6.00	10.00

Semana 10:	TEMA VI: ELECTRONES EN SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> - VI.3. Aislante, semiconductor o metal. - VI.3.1. Bandas de energía en una dimensión. - VI.3.2. Bandas de energía en dos y tres dimensiones. - VI.3.3. Fallos de la teoría de bandas. - VI.3.4. Estructura de banda y propiedades ópticas 	3.00	6.00	9.00
Semana 11:	TEMA VI: ELECTRONES EN SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> - VI.4. Física de semiconductores. - VI.4.1. Electrones y huecos: transporte. - VI.4.2. Dispositivos semiconductores. -VI.4.2.1. Ingeniería de bandas: dopado con impurezas. - VI.4.2.2. Unión p-n. - VI.4.2.3. El transistor. <p>Problemas semiconductores I: problemas de semiconductores y nanoestructuras semiconductoras</p>	4.00	6.00	10.00
Semana 12:	TEMA VII: PROPIEDADES MAGNÉTICAS	<ul style="list-style-type: none"> - VII.1. Magnetismo de átomos: paramagnetismo y diamagnetismo. - VII.1.1. Definiciones de tipos de magnetismo. - VII.1.2. Física atómica: reglas de Hund. - VII.1.3. Acoplamiento de electrones en átomos a un campo magnético externo. <p>- Problemas magnetismo I: problemas de magnetismo: reglas de Hund y magnetismo atómico</p>	4.00	6.00	10.00

Semana 13:	TEMA VII: PROPIEDADES MAGNÉTICAS	<p>VII.1.4. Paramagnetismo de espín (Curie o Langevin). VII.1.5. Diamagnetismo de Larmor.</p> <p>- VII.2. Magnetismo de átomos en sólidos.</p> <p>VII.2.1. Paramagnetismo de Pauli en metales.</p> <p>VII.2.2. Diamagnetismo en sólidos.</p> <p>- VII.3. Órdenes magnéticos espontáneos: ferro, antiferro y ferrimagnetismo. VII.3.1. Tipos de órdenes magnéticos espontáneos. VII.3.2. Rotura de simetría</p> <p>- VII.4. Dominios magnéticos e histéresis. VII.4.1. Paredes de dominio: pared de Bloch y Néel. VII.4.2. Efectos del desorden.</p> <p>Visita al SEGAI.</p> <p>- Problemas magnetismo II: anisotropía y órdenes magnéticos</p>	4.00	6.00	10.00
Semana 14:	TEMA VII: PROPIEDADES MAGNÉTICAS	<p>- VII.5. Técnicas experimentales para el estudio del magnetismo</p> <p>-VII.6. Teorías de campo medio: susceptibilidad magnética.</p> <p>VII.6.1. Modelo de Ising ferromagnético en campo medio.</p> <p>VII.6.2. Magnetismo en sistemas de electrones. correlacionados: modelo de Hubbard, criterio de Stoner y aislantes de Mott.</p> <p>Problemas magnetismo III: magnetismo y campo medio</p>	4.00	6.00	10.00
Semana 15:	TEMA VII: PROPIEDADES MAGNÉTICAS	<p>VIII. Generalización a respuesta lineal a una perturbación y fórmula de Kubo</p> <p>VIII.1. Respuesta estática</p> <p>VIII.2. Respuesta dinámica</p> <p>VIII.3. Causalidad, densidad espectral y relaciones de Kramers-Kronig</p>	4.00	6.00	10.00
Semana 16 a 18:	Evaluación: preparación de exámenes, examen final y revisión de exámenes		4.00	0.00	4.00

	Total	60.00	90.00	150.00
--	-------	-------	-------	--------