26-27

GRADO EN FÍSICA
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

CÓDIGO 61044023

UNED

26-27

FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

CÓDIGO 61044023

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
IGUALDAD DE GÉNERO

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO
CÓDIGO	61044023
CURSO ACADÉMICO	2026/2027
DEPARTAMENTO	FÍSICA FUNDAMENTAL
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN FÍSICA
CURSO	CUARTO CURSO
PERIODO	SEMESTRE 2
Nº ETCS	6
HORAS	150.0
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

El estudio de los sólidos es una parte de la física rica en conceptos y aplicaciones, que sirve para explicar las propiedades de muchos de los materiales cristalinos más comunes, y también de los más exóticos y novedosos. Es una rama de la física con intensa actividad investigadora, con un gran potencial para el desarrollo de aplicaciones, estando en deuda con ella muchas de las nanotecnologías y las tecnologías de la comunicación e información, entre otras tecnologías actuales.

En este curso introductorio se tratan temas básicos de la Física del Estado Sólido, haciendo especial énfasis en los conceptos. Se intenta asentar los **fundamentos** de estudios posteriores que aborden temas avanzados de la Física del Estado Sólido, o bien de la Física de los Materiales, la Física de la Materia Condensada, etc. La asignatura forma parte del bloque formativo obligatorio denominado "Estructura de la Materia". Antes de matricularse, el estudiante ha de tener suficientes **conocimientos de mecánica, ondas, electromagnetismo, termodinámica, física estadística y física cuántica**.

El aspecto fundamental que se ha mencionado quiere indicar que prácticamente todos los fenómenos que suceden en los sólidos son el resultado de las interacciones entre las muchas partículas que *coexisten* en el sólido: entre los iones, entre los electrones, entre los iones y los electrones, entre los electrones y los fonones y los fotones... El tratamiento que se realiza en este curso se limita a los aspectos más básicos, tanto clásicos como cuánticos, y describe las "partículas" de los sólidos (electrones, fonones,...) como independientes, mientras que las interacciones entre ellas se modelizan mediante fuerzas o potenciales.

El objetivo principal de la asignatura es que el estudiante tenga una buena comprensión de las aproximaciones físicas más importantes, de la evidencia experimental que nos permite hacerlas así como de los fenómenos físicos que pueden describirse dentro de esas aproximaciones. La asignatura quiere incentivar la intuición en el estudio, la observación y la interpretación de dichos fenómenos. Otro objetivo es potenciar la capacidad de aprender a combinar distintas aproximaciones, usando conceptos que provienen de campos diversos, y

de aprovechar las analogías en la formulación matemática de los problemas físicos para utilizar soluciones ya conocidas en otros campos.
Dado que los contenidos de esta asignatura usan modelos y herramientas físicas que se han ido aprendiendo a lo largo de tod el Grado, el estudiante debe tener **bien asentadas** las competencias que ha adquirido en las asignaturas de curso previos, especialmente en ***Mecánica***, ***Vibraciones y ondas***, ***Electromagnetismo***, ***Termodinámica***, ***Física Estadística*** y ***Física Cuántica***, así en las asignatura de matemáticas.
Además, y dentro de las competencias que el estudiante debe adquirir durante sus estudios de Grado, la asignatura contribuirá a la adquisición de algunas capacidades básicas:
• ser capaz de realizar un aprendizaje autónomo y de tener la habilidad de gestionar su tiempo, así como de utilizar la información para la actualización de sus conocimientos.
• ser capaz de realizar análisis y síntesis, sentando las bases de un razonamiento crítico.
• aplicar aquellas aproximaciones que sean necesarias para llegar a una representación simplificada de un sistema físico por medio de un modelo.
• analizar resultados y aproximaciones, con el razonamiento y discusión necesarios para adaptarse a nuevas situaciones físicas.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Dado los contenidos de esta asignatura, el estudiante debe tener necesariamente **conocimientos bien asentados de mecánica, ondas, electromagnetismo, termodinámica, física estadística y física cuántica**, así como de las asignatura de matemáticas que han sido estudiadas en el Grado.
Por ese motivo, **se desaconseja la matriculación** en la asignatura si no se ha aprobado previamente (o si aún está cursando) las siguientes asignaturas del Grado: Electromagnetismo I y II, Termodinámica I y II, Física Cuántica I y II.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JOSE ENRIQUE ALVARELLOS BERMEJO (Coordinador/a de asignatura)
Correo Electrónico	jealvar@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7120
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

Nombre y Apellidos	JAVIER RODRIGUEZ LAGUNA
Correo Electrónico	jrlaguna@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7602
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La asignatura se imparte virtualizada, y en el curso virtual se ofrecen *Foros de debate* (que tienen como objetivo ayudar a generar discusión entre los estudiantes sobre conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje) y herramientas de comunicación para que los estudiantes pueden comunicarsecon el Equipo Docente.
El estudiante también podrá utilizar el correo electrónico, teléfono, o la visita personal en el horario previsto a tales fines. En todo caso, es siempre recomendable concertar cita previa.
Para cualquier consulta personal o telefónica, los datos de contacto son:
–**Dr. D. José Enrique Alvarellos Bermejo jealvar@fisfun.uned.es**
Tel.: 91 398 71 20.
Miércoles, excepto en vacaciones académicas, de 12 a 14 y de 16 a 18 h
Facultad de Ciencias. Urbanización Monterrozas. Avda. Esparta s/n. 28232 Las Rozas de Madrid.
–**Dr. D. Javier Rodríguez Laguna jrlaguna@fisfun.uned.es**
Miércoles, excepto en vacaciones académicas, de 16 a 20 h.
Facultad de Ciencias. Urbanización Monterrozas. Avda. Esparta s/n. 28232 Las Rozas de Madrid.

Nota importante: la composición del equipo docente puede vserse cambiar con posterioridad a la redacción de esta información. En todo caso, los profesores que constan en el apartado "Equipo docente" están actualizados.

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

Las sesiones de tutoría se imparten presencialmente y en línea desde el Centro Asociado de referencia o, en su defecto, desde otro Centro Asociado. A continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura.

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Competencias específicas de la materia (se indican con asteriscos las más relacionadas con esta asignatura)
*** CE01** Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes: su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y los fenómenos que describen.
*** CE02** Saber combinar los diferentes modos de aproximación a un mismo fenómeno u objeto de estudio a través de teorías pertenecientes a áreas diferentes.
CE03 Tener una idea de cómo surgieron las ideas y los descubrimientos físicos más importantes, cómo han evolucionado y cómo han influido en el pensamiento y en el entorno natural y social de las personas.
*** CE04** Ser capaz de identificar las analogías en la formulación matemática de problemas físicamente diferentes, permitiendo así el uso de soluciones conocidas en nuevos problemas.
CE05 Ser capaz de entender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos

más comúnmente utilizados, y de realizar cálculos de forma independiente, incluyendo cálculos numéricos que requieran el uso de un ordenador y el desarrollo de programas de software.
*** CE07** Ser capaz de identificar los principios físicos esenciales que intervienen en un fenómeno y hacer un modelo matemático del mismo; ser capaz de hacer estimaciones de órdenes de magnitud y, en consecuencia, hacer aproximaciones razonables que permitan simplificar el modelo sin perder los aspectos esenciales del mismo.
CE08 Ser capaz de adaptar modelos ya conocidos a nuevos datos experimentales.
Ser capaz de trabajar con un alto grado de autonomía y de entrar en nuevos campos de la especialidad a través de estudios independientes.

Competencias genéricas del Grado (se indican con asteriscos las más relacionadas con esta asignatura)
*** CG01** Capacidad de análisis y síntesis
*** CG02** Capacidad de organización y planificación
CG03 Comunicación oral y escrita en la lengua nativa
*** CG04** Conocimiento de inglés científico en el ámbito de estudio
CG05 Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
CG06 Capacidad de gestión de información
*** CG07** Resolución de problemas
*** CG09** Razonamiento crítico
*** CG10** Aprendizaje autónomo
*** CG11** Adaptación a nuevas situaciones

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El estudiante, una vez que haya trabajado los temas que componen la asignatura, habrá adquirido los conocimientos necesarios para comprender algunas de las propiedades básicas y los fenómenos físicos relacionados con la estructura cristalina, y con los constituyentes y las excitaciones de los sólidos, entendiendo los fundamentos de una descripción elemental de los mismos, como primer paso para avanzar hacia otras teorías más elaboradas.
Resultados específicos son:
·Asimilar a nivel microscópico la naturaleza y propiedades de los materiales a través del conocimiento de los fundamentos de la física del estado sólido.
·Entender los conceptos de estructura cristalina y de sus defectos e impurezas, y su relación con las propiedades de los materiales.
·Entender el concepto de espacio recíproco y su potencialidad en el estudio de las propiedades de los sólidos.
·Ser capaz de sacar información acerca de los parámetros y propiedades estructurales de los materiales a partir de datos de las técnicas de difracción de la radiación.
·Conocer las aproximaciones principales, las consecuencias y las limitaciones que establece el tratamiento de las propiedades los cristales.

·Poder modelizar dichas propiedades utilizando tanto modelos microscópicos como semiclásicos.
·Comprender la relación directa entre algunas propiedades del conjunto de iones del cristal y su posible descripción mediante los formalismos semiclásico y mecanocuántico, así como la capacidad de predicción de dichos formalismos de las propiedades térmicas de los materiales.
·Conocer las principales ideas sobre el sistema de electrones de los cristales, así como los métodos y aproximaciones más usuales en el tratamiento del mismo.
·Comprender la noción de estructura de bandas electrónicas y distinguir las diversas clases de sólidos y su comportamiento en función de dicha estructura de bandas.
·Saber aplicar los métodos de la teoría de bandas electrónicas a algunas situaciones sencillas.
·Entender los fenómenos básicos de transporte electrónico y las propiedades físicas que los definen.
·Comprender las características y propiedades más importantes de los materiales semiconductores, magnéticos y superconductores.
·Comprender la relación entre la función dieléctrica y algunos de los procesos ópticos que suceden en los cristales.
·Aprender cómo, en sólidos cristalinos, hay propiedades físicas que dependen notablemente de la presencia de defectos en el material.

CONTENIDOS

Estructura cristalina. Redes de Bravais. Red recíproca. Difracción. Factor de estructura.

El potencial periódico de la red. Teorema de Bloch y consecuencias.

Electrones libres en metales.

Bandas de electrones: potencial periódico débil y método de ligaduras fuertes

Dinámica de los electrones.

Dinámica de la red cristalina

Calor específico de la red y otras propiedades térmicas de los sólidos

Defectos cristalinos

Características fundamentales de los materiales semiconductores y magnéticos.

METODOLOGÍA

La docencia de la asignatura se desarrolla de acuerdo a la metodología de la enseñanza a distancia característica de la UNED, en la que el trabajo autónomo personal y continuado del estudiante es la pieza fundamental.
Este estudio autónomo se verá apoyado por el equipo docente a través del Curso virtual de la asignatura, en el que se ofrecen:
–- material complementario (que incluye una colección de problemas resueltos) que enmarca el contenido expuesto en los textos básicos dentro de la progresión de la asignatura, y ofrece complementos útiles. Debe considerarse que forma parte integral de la asignatura, por lo que debe estudiarse en detalle.
–- los ***Foros de debate*** de cada uno de los temas, con intención de ayudar a plantear dudas (de teoría, de ejercicios o problemas, etc.) y a generar debate entre los estudiantes acerca de ellas y de los conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje. Las dudas y las respuestas de los foros resultarán ser útiles para el resto de los estudiantes. Se pretende que en esos foros se inicien debates planteando dudas o preguntas libremente, pero aportando una respuesta meditada al respecto, aunque sea equivocada, indicando por qué no se tiene seguridad sobre la misma.
–- realización de **pruebas de evaluación continua** (PECs), que se propondrán a través del Curso virtual con el objetivo de fomentar el aprendizaje de la asignatura. Sobre la evaluación de esas pruebas, consúltese el apartado "*Sistema de evaluación*".
–- una distribución temporal (estimativa) de las diversas actividades del curso y una estimación del tiempo que se debe dedicar a cada tema.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	4
Duración del examen	120 (minutos)

Material permitido en el examen

Calculadora no programable.
Libro de fórmulas y tablas matemáticas (sin anotaciones ni añadidos).

Criterios de evaluación

La puntuación de cada pregunta (dos problemas y dos preguntas más teóricas) se indicará en el enunciado del examen.

Es necesario aprobar por separado tanto las preguntas más teóricas como los problemas, si bien la evaluación del examen es global.

Las preguntas más teóricas se deben contestar de manera razonada, ajustándose a lo que se pregunta y explicando lo que se haga.

Los problemas se deben resolver realmente en detalle, no solo indicar cómo se podrían resolver, ni poner directamente la solución si se conoce la misma.

En todo caso, se deben explicar con claridad los pasos y discutir los resultados, definiendo las variables que se usen y explicando las aproximaciones, la notación y las fórmulas que se utilicen.

% del examen sobre la nota final	0
Nota del examen para aprobar sin PEC	5
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	10
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	5

Comentarios y observaciones

El peso del examen sobre la nota final depende de si el estudiante realiza o no las PECs. Las PECs son independientes, y cada una puede contribuir separadamente a la nota final. Cada PEC sólo contribuirá a la nota final cuando esté aprobada.

Para aprobar la asignatura, necesariamente la nota de la prueba presencial, "PP", ha de ser superior a 5 (sobre 10 puntos) y la calificación final de la asignatura se realiza de la siguiente manera:

- si PP >= 5, CALIFICACIÓN FINAL ASIGNATURA= NOTA PP + 0.05 * NOTA PEC1 + 0.1 * NOTA PEC2

- si la PP <5, CALIFICACIÓN FINAL ASIGNATURA= NOTA PP.

Téngase en cuenta que si NOTA PEC1 <5 o NOTA PEC2 <5 no tendrán contribución a la nota final.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?	Si

Descripción

- La primera de las pruebas de evaluación continua, PEC1, es una prueba "on-line" de evaluación objetiva, con cuestiones relativas a los temas 1 a 4 del temario. La prueba es de respuestas de elección múltiple y será calificada de 0 a 10, aportando cada respuesta correcta 1 punto.

- La segunda prueba de evaluación continua, PEC2, será una prueba de estructura similar al examen de las pruebas presenciales. Cubre los temas 1 a 8 del temario. El estudiante realizará la actividad en un plazo de 72 horas.

La descarga de los enunciados y la presentación de la solución se realizará usando la plataforma del curso virtual.

Las PECs son independientes, y cada una puede contribuir separadamente a la nota final.

Criterios de evaluación

- La PEC1 se califica de manera automática de 0 a 10 puntos, aportando cada respuesta correcta 1 punto. Se penalizarán los errores.

- La PEC2 será calificada siguiendo las mismas ideas que la corrección del examen presencial: el estudiante debe explicar con claridad los pasos y discutir los resultados, definiendo todas las variables que use y explicando las aproximaciones, notación y fórmulas que utilice. No se deben hacer números hasta haber obtenido una expresión algebraica (se recomienda entonces hacer una estimación en órdenes de magnitud).

Ponderación de la PEC en la nota final	Suma hasta un máximo de 1,5 puntos. Las dos PECs son independientes, y cada una puede contribuir separadamente a la nota final.
Fecha aproximada de entrega	La PEC1 será aproximadamente a mediados de abril. La PEC2, a principios de mayo.

Comentarios y observaciones

La PEC1 se realizará aproximadamente a mediados de abril.

La PEC2 se realizará aproximadamente a principios de mayo.

Las dos PECs son independientes, y cada una puede contribuir separadamente a la nota final, tanto en la convocatoria de junio como en la de septiembre.

Téngase en cuenta que si NOTA PEC1 <5 o NOTA PEC2 <5 no tendrán contribución a la nota final.

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?	No
Descripción	
Criterios de evaluación	
Ponderación en la nota final	0
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Los estudiantes realizarán la prueba presencial según el sistema general de Pruebas Presenciales de la UNED. Para aprobar la asignatura, necesariamente la nota de la prueba presencial, "PP", ha de ser superior a 5 (sobre 10 puntos). Es posible obtener la máxima calificación presentándose únicamente a la prueba presencial.

Las dos PECs son independientes, y cada una puede contribuir separadamente a la nota final. Esto se aplica tanto en la convocatoria de junio como en la de septiembre.

La calificación final de la asignatura se realiza de la siguiente manera:

- si PP >= 5, CALIFICACIÓN FINAL ASIGNATURA= NOTA PP + 0.05 * NOTA PEC1 + 0.1 * NOTA PEC2

- si la PP <5, CALIFICACIÓN FINAL ASIGNATURA= NOTA PP

(obviamente, no hay calificación final mayor que 10 puntos).

Téngase en cuenta que si NOTA PEC1 <5 o NOTA PEC2 <5 no tendrán contribución a la nota final.

Nota: la revisión de las calificaciones de las pruebas presenciales, dispuesto en el artículo 44.7 de los Estatutos de la UNED, seguirá las directrices establecidas por el Consejo de Gobierno.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9780030839931
Título:SOLID STATE PHYSICS1976
Autor/es:N. David Mermin ; Neil W. Ashcroft ;
Editorial:BROOKS/COLE

ISBN(13):9788429143171
Título:INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO1994
Autor/es:Kittel, Charles ;
Editorial:Editorial Reverté, S.A.

Nota previa: en el Curso virtual está disponible un **Material complementario** que cubre los contenidos de la asignatura. El material también incluye una colección de problemas resueltos.

Con la ayuda del Material que aporta el equipo docente en el Curso virtual, cualquiera de los dos textos que se mencionan puede usarse para preparar la asignatura,

El texto de **N. W. Ashcroft y N. D. Mermin** (SOLID STATE PHYSICS, Brooks/Cole, 1976, ISBN(13): 978-0030839931) se recomienda especialmente. Es un libro excelente, que está considerado como un clásico.

Ese texto de Ashcroft y Mermin tiene un nivel algo superior al del libro de **C. Kittel** (*Introducción a la Física del estado sólido*, 3ª edición española en Editorial Reverté,

traducción de la 6ª en inglés, ISBN(13): 978-8429143171).

Importante: aunque ambos textos permiten preparar la asignatura, tienen contenidos claramente más amplios que el temario. Discuten más temas que los que contempla la asignatura, por lo que resulta inevitable que los contenidos del temario estén un tanto desperdigados en esos textos. Por esa razón, en el Curso virtual se aporta material complementario para todos los temas, con el objetivo de enmarcar los contenidos dentro de la progresión de la asignatura y ofreciendo enfoques alternativos a los textos recomendados.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780471928058
Título:SOLID STATE PHYSICS2nd ed.
Autor/es:Hall, Henry Edgar ;
Editorial:JOHN WILEY AND SONS

El libro de **J. R. Hook** y **H. E. Hall** (*Solid State Physics*, de la Manchester Physics Series, Wiley, 2ª edición) tiene un enfoque más compacto, que en algunos casos puede ser alternativo a los que ofrecen los textos básicos.

Libros de problemas

El libro de problemas de **Juan José Meléndez Martínez** (*Problemas resueltos de Física de los sólidos*, Editorial Paraninfo, 2017. ISBN: 9788428339353), presenta una discusión cuidada y detallada de un buen conjunto de problemas.

También en español es el libro de **J. Maza, J. Mosqueira** y **J. A. Veira** (*Física del estado sólido: ejercicios resueltos,* ISBN-13 (15) 978-84-9887-140-1, Universidad de Santiago de Compostela, 2009).

Pueder ser también interesante el libro de **J. Piqueras** y **J. M. Rojo** (*Problemas de introducción a la física del estado sólido*. Ed. Alhambra. 1979). El libro está agotado, pero se encuentra en la Biblioteca Central de la UNED y en las bibliotecas de muchos Centros Asociados.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Todos los recursos de apoyo al estudio están contenidos en el Curso virtual.

El estudiante ha de prestar particular atención:

1.- Al material didáctico complementario, que quiere enmarcar y orientar los contenidos expuestos en los textos básicos. Ese Material cubre toda la asignatura e incluye una colección amplia de ejercicios y problemas.

2.- A la información aportada en el Curso virtual. Se recomienda que el estudiante haga uso del mismo, pues en él se podrá encontrar información acerca de la organización académica y las actividades del curso y los anuncios acerca de las **pruebas de evaluación continua** (PECs), que tienen el objetivo de fomentar el aprendizaje de la asignatura. Sobre la

evaluación de esas pruebas, recuerde consultar el apartado "*Sistema de evaluación*".
3.- A los *Foros de debate* del Curso, que tienen como objetivo servir para que las dudas, comentarios y sugerencias sobre los temas de la asignatura se compartan entre los miembros del curso.
Por otra parte, debe recordarse que en las bibliotecas de los Centros Asociados se puede consultar la bibliografía básica recomendada y la bibliografía complementaria.

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.