21-22

GRADO EN FÍSICA
CUARTO CURSO

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

# FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

**CÓDIGO 61044023**

UNED

21-22

**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

| | |
|---|---|
| Nombre de la asignatura | FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO |
| Código | 61044023 |
| Curso académico | 2021/2022 |
| Departamento | FÍSICA FUNDAMENTAL |
| Título en que se imparte | GRADO EN FÍSICA |
| CURSO - PERIODO | GRADUADO EN FÍSICA (PLAN 2011)<br>- CUARTOCURSO<br>- SEMESTRE 2 |
| CURSO - PERIODO | GRADUADO EN FÍSICA (PLAN 2019)<br>- CUARTOCURSO<br>- SEMESTRE 2 |
| Tipo | OBLIGATORIAS |
| 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 físicas 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 bien 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". El estudiante debe haber ya adquirido en asignaturas cursadas anteriormente los **conocimientos de mecánica, ondas, electromagnetismo, termodinámica, física estadística y física cuántica que son necesarios**.

El aspecto fundamental que se ha mencionado tiene raíces profundas, ya 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 iones y electrones, entre electrones y los fonones y fotones... El tratamiento que se realiza en este curso se limita a los aspectos más elementales, tanto clásicos como cuánticos, y describe las "partículas" de los sólidos (electrones, fonones,...) como independientes, mientras que las interacciones entre las mismas se modelizan mediante fuerzas o potenciales.

El objetivo principal es que el estudiante tenga una buena comprensión de las aproximaciones físicas más importantes, así como de la evidencia experimental que permite hacerlas y los fenómenos físicos que pueden describirse con esas aproximaciones. La asignatura quiere incentivar la intuición en el estudio, y la observación e interpretación de los fenómenos físicos. También quiere potenciar la capacidad de aprender a combinar diferentes aproximaciones, usando conceptos que provienen de campos distintos, y aprovechar las analogías en la formulación matemática de distintos problemas físicos para

utilizar soluciones ya conocidas.
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 análisis y síntesis, sentando las bases de un razonamiento crítico.
• aplicar aquellas aproximaciones que sean necesarias para llegar a una representación simplificada del sistema físico por medio de un modelo,
• analizar resultados y aproximaciones, con el razonamiento y discusión para adaptarse a nuevas situaciones físicas.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

El estudiante debe tener necesariamente **conocimientos bien asentados de mecánica, ondas, electromagnetismo, termodinámica, física estadística y física cuántica**, así como de la matemática estudiada en el Grado.
Por consiguiente, dado el contenido de esta asignatura, **no se aconseja** que un estudiante se matricule en ella si no ha aprobado previamente (o si aún está cursando) las siguientes asignaturas: Electromagnetismo I y II, Termodinámica I y II, Física Cuántica I y II.

## EQUIPO DOCENTE


| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | JOSE ENRIQUE ALVARELLOS BERMEJO (Coordinador 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 tiene como objetivo de ayudar a generar debate entre los estudiantes acerca de conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje) y herramientas de comunicaciónpara 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. 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. (en caso de que el miércoles sea día festivo, la guardia se realizará el siguiente día lectivo).
Edificio Biblioteca UNED, planta 1 (Mediateca). Paseo Senda del Rey 5. 28040 Madrid, España.
–**Dr. D. David García Aldea dgaldea@fisfun.uned.es**
Tel.: 91 398 71 40.
Martes, excepto en vacaciones académicas, de 16 a 20 h. (en caso de que el martes sea día festivo, la guardia se realizará el siguiente día lectivo).
Edificio Biblioteca UNED, planta 1 (Mediateca). Paseo Senda del Rey 5. 28040 Madrid, España.
Dirección: c/ Paseo Senda del Rey 5. Madrid 28040.
(el edificio de la Bibvlioteca UNED está situado junto al río Manzanares, y al llamado *Puente de los Franceses*).

Nota importante: el equipo docente puede 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

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

•**Tutorías de centro o presenciales**: se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.

•**Tutorías campus/intercampus**: se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 61044023

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

**Competencias específicas**

**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**

**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 y las excitaciones de los sólidos, y estará capacitado para entender los fundamentos de una descripción elemental de los mismos, como primer paso para avanzar hacia otras teorías más elaboradas.

Resultados específicos son:.

-- Conocer la estructura periódica de los átomos en el sólido.

-- Comprender el comportamiento de los electrones en el sólido, la estructura de bandas electrónicas y la dinámica del movimiento electrónico.

-- Conocer los fenómenos asociados a las vibraciones de los átomos en la red cristalina, el cómo se modelan esos movimientos (incluyendo las limitaciones y el rango de aplicabilidad de cada modelo) y su relación con las propiedades térmicas, y otras, de los sólidos.

-- Comprender como varían las diferentes propiedades de los sólidos (resitividad, calor específico,...) en función de su composición y estructura, así como de la temperatura, campo eléctrico aplicado, etc.

-- Conocer los defectos más comunes que se observan en los cristales y su relación con algunas de las propiedades físicas de los mismos.

-- Comprender algunas de las propiedades más importantes que caracterizan a los materiales aislantes y conductores, así como a los materiales semiconductores y

magnéticos.

## 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 de 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*** por cada uno de los temas, con intención de ayudar a plantear

dudas y a generar debate entre los estudiantes acerca de ellas y de los conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje. Al plantear preguntas en los foros (dudas de teoría, ejercicios, problemas, etc.), tanto las dudas como las respuestas pueden ser también útiles para el resto de los estudiantes. Se pretende que en esos foros se inicien debates planteando dudas o preguntas libremente, pero siempre proponiendo una respuesta meditada al respecto, aunque sea equivocada, indicando por qué no se tiene seguridad sobre la misma.

**–-** herramientas para la 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*".

**–-** también se ofrecerá en el Curso virtual 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

Cada pregunta (dos más teóricas y dos problemas) se puntúa hasta 2,5 puntos.

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

**Las preguntas más teóricas se deben contestar razonadamente, ajustándose a las preguntas y explicando lo que se haga.**

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

**El estudiante debe explicar con claridad los pasos y discutir los resultados, definiendo las variables que use y explicando las aproximaciones, la notación y las fórmulas que utilice.**

| | |
|---|---|
| % 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. 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.**

**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. Se penalizarán los errores.

**- 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.**

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.

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

La PEC1 se realizará aproximadamente a mediados de abril.

**La PEC2 se realizará aproximadamente a principios de mayo.**

**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).
**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).**
**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 PHYSICS (1976)
Autor/es:N. David Mermin ; Neil W. Ashcroft ;
Editorial:BROOKS/COLE

ISBN(13):9788429143171
Título:INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO (1994)
Autor/es:Kittel, Charles ;
Editorial:Editorial Reverté, S.A.

Nota importante: en el Curso virtual estará disponible un **Material complementario** (que incluye una colección de problemas resueltos), que cubre buena parte de los contenidos de la asignatura.
Por otra parte, **cualquiera de los dos textos que mencionamos puede usarse para preparar la asignatura, con el complemento del Material que aportará el equipo docente en el Curso virtual**.
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.
El texto de Ashcroft y Mermin tiene un nivel ligeramente 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).
Ambos textos tienen contenidos más amplios que el temario de la asignatura, pero pueden servir bien para prepararla. Dado que discuten en general más temas que los contemplados en esta asignatura, resulta inevitable que los contenidos del temario estén un poco

desperdigados en esos textos. Por esa razón, en el Curso virtual se aporta material complementario para los temas, enmarcándolos dentro de la progresión de la asignatura y ofreciendo complementos para los estudiantes.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780471928058
Título:SOLID STATE PHYSICS (2nd 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 interesante, que en algunos casos es alternativo al que ofrecen los textos básicos.
El libro de problemas, reciente, 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.
Otro libro de problemas en español bastante reciente es el 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 a:
1.- El material didáctico complementario, que completa los textos básicos, y que incluye una colección de ejercicios y problemas.
2.- Se recomienda que el estudiante haga uso del Curso Virtual, pues en él se podrá encontrar información actualizada sobre aspectos relacionados con la organización académica y actividades del curso, 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.- Por otra parte, los *Foros de debate* del Curso han de servir para que las dudas, comentarios y sugerencias sobre los temas de la asignatura se puedna compartir 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.