

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Fundamentos cuánticos	Física cuántica	3º	1º y 2º	12	Obligatoria
PROFESORES <sup>(1)</sup>			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>		
<b>Teoría y problemas (1<sup>er</sup> semestre):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo A: José Enrique Amaro Soriano (profesor responsable)</li> <li>Grupo B: Javier Praena Rodríguez</li> </ul> <b>Teoría y problemas (2º semestre):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo A: Fernando Arias de Saavedra Alías (profesor responsable)</li> <li>Grupo B: Enrique Buendía Ávila</li> </ul> <b>Laboratorio:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Javier Praena Rodríguez</li> <li>Fernando Arias de Saavedra Alías</li> <li>Juan Carlos Angulo Ibáñez</li> <li>Pablo Torres Sánchez</li> <li>Joaquín Berrocal Rodríguez</li> </ul>			<a href="http://www.ugr.es/~famn/web/?Inicio:Tutor%EDas">http://www.ugr.es/~famn/web/?Inicio:Tutor%EDas</a>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>José Enrique Amaro Soriano Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 141. Correo electrónico: <a href="mailto:amaro@ugr.es">amaro@ugr.es</a> Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes, martes y viernes de 12:15 a 14:15.</li> <li>Javier Praena Rodríguez Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho B1. Correo electrónico: <a href="mailto:jpraena@ugr.es">jpraena@ugr.es</a> Tutorías (en su despacho): -primer semestre: lunes de 18 a 20, miércoles de 9 a 11 y viernes de 9:30 a 11:30. -segundo semestre: lunes de 17 a 19, martes de 11 a 13 y miércoles de 9 a 11.</li> <li>Fernando Arias de Saavedra Alías Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 128. Correo electrónico: <a href="mailto:arias@ugr.es">arias@ugr.es</a> Tutorías (en su despacho): -primer semestre: lunes y miércoles de 11 a 13 y jueves de 17 a 19.</li> </ul>		

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/>)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pablo Torres Sánchez Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear Sección de Físicas. Despacho 126. Correo electrónico: <a href="mailto:pablotorres@correo.ugr.es">pablotorres@correo.ugr.es</a> Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes, martes y jueves de 9 a 11.</li> <li>• Joaquín Berrocal Rodríguez Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear Sección de Físicas. Despacho 126. Correo electrónico: <a href="mailto:jberrocal@correo.ugr.es">jberrocal@correo.ugr.es</a> Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes y jueves de 9 a 11 y viernes de 16 a 18.</li> </ul>	<p>-segundo semestre: lunes de 17 a 19, jueves de 17 a 19 y viernes de 11 a 13.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enrique Buendía Ávila Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 146 Correo electrónico: <a href="mailto:buendia@ugr.es">buendia@ugr.es</a> Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes, martes y miércoles de 11 a 13.</li> <li>• Juan Carlos Angulo Ibáñez Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 137. Correo electrónico: <a href="mailto:angulo@ugr.es">angulo@ugr.es</a> Tutorías (en su despacho): -primer semestre: lunes y miércoles de 10:30 a 13:30. -segundo semestre: lunes, martes, miércoles y jueves de 10:30 a 12.</li> </ul>
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE	OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado en Física</li> <li>• Doble Grado en Física y Matemáticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado en Química</li> <li>• Grado en Matemáticas</li> </ul>
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es recomendable y conveniente haber superado los módulos de Fundamentos de Física, Métodos Matemáticos, Álgebra Lineal y Geometría, Análisis Matemático, Mecánica y Ondas, y la asignatura Métodos Numéricos y Simulación.</li> </ul>	
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orígenes de la Física Cuántica. La función de onda y la interpretación de Copenhague.</li> <li>• La ecuación de Schrödinger; caso de la ecuación independiente del tiempo.</li> <li>• Estudio de problemas en una dimensión.</li> <li>• Momento angular. Problemas tridimensionales con potenciales centrales.</li> <li>• Métodos aproximados para estados estacionarios.</li> <li>• Técnicas experimentales de Física Cuántica.</li> </ul>	
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS	
<p><b>Transversales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CT1 Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• CT2 Capacidad de organización y planificación.</li> </ul>	



- CT3 Comunicación oral y/o escrita.
- CT5 Capacidad de gestión de la información
- CT6 Resolución de problemas.
- CT8 Razonamiento crítico.
- CT9 Aprendizaje autónomo.

**Específicas:**

- CE1: Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- CE2: Estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos.
- CE4: Medir, interpretar y diseñar experiencias en el laboratorio o en el entorno
- CE5: Modelar fenómenos complejos, trasladando un problema físico al lenguaje matemático.
- CE7: Transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.
- CE9: Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.

OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

-Que el alumno llegue a saber y entender:

- Las bases teóricas cuánticas de la física moderna.
- La estructura de la teoría cuántica, su soporte experimental y la fenomenología que comprende.
- Las escalas y órdenes de magnitud de los fenómenos físicos.

-Que el alumno sea capaz de:

- Resolver los problemas planteados, aplicando los métodos matemáticos y numéricos requeridos.
- Aprender lo esencial de un proceso o fenómeno físico y establecer un modelo de aplicación al mismo, desarrollando las aproximaciones pertinentes a fin de reducir el problema hasta un nivel tratable.
- Iniciarse en nuevos campos a través del estudio independiente.
- Adquirir un dominio de la disciplina que le permita modelar y entender las características esenciales de la dinámica de sistemas microscópicos.
- Desarrollar un pensamiento crítico que le permita construir y contrastar modelos físicos, al incorporar nuevos datos experimentales a los modelos adecuados disponibles, revisando su validez y sugiriendo cambios con el objeto de mejorar la concordancia de los modelos con los datos.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA



## TEMARIO TEÓRICO:

### I. FENOMENOLOGÍA BÁSICA: Antigua Física Cuántica.

1. Radiación y Materia: situación en Física a finales del siglo XIX. Radiación del cuerpo negro: teoría clásica y Postulado de Planck.
2. Carácter corpuscular de la radiación: Efecto fotoeléctrico. Rayos catódicos. Rayos X. Difusión Compton.
3. Modelos atómicos primitivos: Modelo de Rutherford. Modelo de Bohr. Experimento de Franck-Hertz. Modelo de Bohr-Sommerfeld: reglas de cuantización. Efecto Zeeman.
4. Carácter ondulatorio de la materia: Ondas de materia: Postulado de De Broglie. Confirmación experimental: Experimento de Davisson-Germer.
5. Dualidad onda-corpúsculo.

### II. LA FUNCIÓN DE ONDA Y LA ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER:

1. La función de onda  $\psi$ , su ecuación y su interpretación probabilística. Paquetes de onda. Principio de indeterminación.
2. La ecuación de Schrödinger y la conservación de la probabilidad. Representaciones de posiciones y momentos. Valores esperados. Teorema de Ehrenfest.
3. La ecuación de autovalores de la energía o ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo. Cuantización de la energía. Evolución temporal de los estados.

### III. CASOS MONODIMENSIONALES:

1. Procesos de difusión: Potencial escalón. Barrera de potencial. Coeficientes de reflexión y transmisión. Efecto túnel.
2. Estados ligados: Pozos cuadrados. Pozo de oscilador armónico.
3. Potenciales con deltas. Potenciales periódicos.

### IV. MOMENTO ANGULAR.

1. Momento angular orbital y rotaciones espaciales.
2. Teoría general de momento angular. Representación matricial de operadores de momento angular. Autovalores y autovectores. Armónicos esféricos.
3. El espín del electrón. Experimento de Stern-Gerlach.
4. Composición de momentos angulares. Coeficientes de Clebsch-Gordan. Momento angular total.

### V. PROBLEMAS TRIDIMENSIONALES.

1. Potenciales separables en coordenadas cartesianas: partícula libre, pozos cuadrados tridimensionales. Oscilador armónico isótropo.
2. Sistemas de dos partículas con interacción central. Separación de coordenadas. Ecuación radial y degeneración. La partícula libre. Pozos cuadrados. Oscilador armónico isótropo.
3. El átomo hidrogenoide. Espectro de energías. Notación espectroscópica. Interacción espín-órbita.
4. Teoría de perturbaciones. Aplicaciones. Método variacional. Átomo de Helio.

## TEMARIO PRÁCTICO:



### Clases de problemas y seminarios o talleres:

- Comprenderán la resolución detallada de una selección de problemas asociados a cada uno de los temas, bien en grupos reducidos, bien en grupos más extensos.
- Los seminarios procurarán desarrollar temas de ampliación que, aun fuera del programa y su evaluación, lo complementen y estimulen el interés del alumnado por la materia.

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

#### Radiación y Materia:

Práctica 1. Relación carga/masa del electrón.

Práctica 2. Radiación del cuerpo negro.

#### Ondas y corpúsculos:

Práctica 3. Efecto fotoeléctrico.

Práctica 4. Difracción de electrones.

#### Cuantización de la energía:

Práctica 5. Espectros atómicos.

Práctica 6. Experiencia de Franck-Hertz.

### BIBLIOGRAFÍA

#### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

##### -Teoría:

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F. Lalöe, "Quantum Mechanics"; 2 vols, Wiley-VCH, 2005.
- B.H. Bransden and C.J. Joachain, "Quantum Mechanics"; 2<sup>nd</sup> ed., Pearson; Dorchester, 2000.
- A. Galindo y P. Pascual, "Mecánica Cuántica"; Eudema; Madrid, 1989 (texto avanzado).
- R. Eisberg y R. Resnick, "Física Cuántica"; Limusa, 1979.
- L. D. Landau y E. M. Lifshitz, "Curso de Física Teórica. Vol. 3. Mecánica Cuántica (Teoría no-relativista)"; Reverté; Barcelona, 1978.
- A. Messiah, "Mecánica Cuántica"; Tecnos; Madrid, 1973 (texto avanzado).
- R. W. Robinett, "Quantum Mechanics: Classical Results, Modern Systems, and Visualized Examples"; 2<sup>nd</sup> ed., Oxford Univ. Press; 2006.
- C. Sánchez del Río (coordinador), "Física Cuántica"; Eudema; Madrid, 1991.

##### -Problemas:

- A.Z. Capri, "Problems & Solutions in Nonrelativistic Quantum Mechanics"; World Scientific; 2002.
- F. Constantinescu & E. Magyari, "Problems in Quantum Mechanics"; Pergamon Press; 1971.
- A. Galindo y P. Pascual, "Problemas de Mecánica Cuántica"; Eudema; Madrid, 1989.
- Y.K. Lim, "Problems and Solutions in Quantum Mechanics"; World Scientific.
- Y. Peleg, R. Pnini and E. Zaarur, "Schaum's Outline of Theory and Problems of Quantum Mechanics"; McGraw-Hill; 1998.



## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- D. Bohm, "Quantum Theory"; Dover; New York, 1989.
- S- Brandt y H. D. Dahmen, H.D., "The picture book of quantum mechanics"; Wiley; 1985.
- A.Z. Capri, "Nonrelativistic Quantum Mechanics"; 3ª ed., World Scientific; 2002.
- P. A. M. Dirac, "The Principles of Quantum Mechanics"; Oxford Univ. Press; Oxford, 1958.
- R. Fernández Álvarez-Estrada y J. L Sánchez-Gómez, "100 problemas de Física Cuántica"; Alianza Editorial; Madrid, 1996.
- R.P. Feynman, R.B. Leighton and M. Sands, "The Feynman Lectures on Physics. Vol. III. Mecánica Cuántica" (edic. bilingüe inglés-español); Fondo Educativo Interamericano; 1971.
- S. Flügge, "Practical Quantum Mechanics"; 2ª ed., Springer; 1998.
- D.J. Griffiths, "Introduction to Quantum Mechanics"; 2ª ed., Pearson Prentice Hall; 2004.
- C. S. Johnson y L. G. Pedersen, "Problems and solutions in Quantum Chemistry and Physics"; Dover; New York, 1986.
- F. Mandl, "Quantum Mechanics"; Wiley; 2013.
- P. Pereyra Padilla, "Fundamentos de Física Cuántica"; Reverté; 2011.
- J. Sánchez Guillén y M. A. Braun, "Física cuántica"; Alianza Univ.; 1993.
- L. I. Schiff, "Quantum Mechanics"; 3ª ed., McGraw; 1968.
- G. L. Squires, "Problems in Quantum Mechanics with solutions"; Bangalore Univ. Press; 1997.
- Ta-You Wu, "Quantum Mechanics"; World Scientific; 1986.
- B. Thaller, "Visual Quantum Mechanics"; Springer; 2000
- F. J. Yndurain Muñoz, "Mecánica Cuántica"; 2ª ed., Ariel; 2003.
- S. Gasiorowicz, "Quantum Physics"; 3ª ed., Wiley; 2003.
- A. I. M. Rae, "Quantum Mechanics"; 5th. ed., Taylor & Francis; 2007.

## ENLACES RECOMENDADOS

- Cursos en el MIT: <http://ocw.mit.edu/courses/physics/>
- Real Sociedad Española de Física: <http://www.rsef.org/>
- Web Física Cuántica: <http://www.fisicacuantica.es>
- Web general Física Cuántica en la Red: <http://www.ugr.es/~bosca/WebFCenRed/>
- Datos en NIST: <http://www.nist.gov/pml/data/index.cfm>
- Física en la UGR, Comisión Docente de Física: <http://grados.ugr.es/fisica/>

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Clases de teoría:

- Sesiones en las que el profesor explicará los contenidos teóricos fundamentales de cada tema y su importancia en el contexto de la materia.

### Clases de problemas:

- Sesiones en las que el profesor resolverá ejercicios y problemas sobre los contenidos teóricos trabajados en cada tema.

### Laboratorio:



- Sesiones prácticas de laboratorio, en las que los alumnos realizarán experimentos en grupos reducidos y supervisados por el profesor correspondiente, cuyo fin es capacitarlos para que:
  - comprendan las bases experimentales de la Física Cuántica.
  - conozcan los principios, técnicas e instrumentos de medida relacionados con algunos fenómenos de interés en Física Cuántica.

**EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)**

Respecto a la evaluación en la convocatoria ordinaria:

- Se realizarán como mínimo dos exámenes; cada examen parcial semestral aportará un máximo del 45% de la nota final.
- La superación de la asignatura no se logrará sin un conocimiento uniforme y equilibrado de toda la materia. En particular, requerirá realizar y aprobar las prácticas de la misma, cuya calificación aportará el 10% de la nota final.

En la evaluación en la convocatoria extraordinaria, habrá una prueba escrita conteniendo cuestiones de teoría y problemas referentes a todo el programa oficial de la asignatura con una valoración del 90% de la nota final y un examen de prácticas de laboratorio con una valoración del 10% de la nota final. No obstante, aquellos alumnos que hayan superado las prácticas en la convocatoria ordinaria, no tendrán la obligación de realizar el examen de prácticas manteniendo, en ese caso, la nota obtenida anteriormente.

**DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA “NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA”**

- La evaluación única final se realizará en un solo acto académico e incluirá:
  - una prueba escrita conteniendo cuestiones de teoría y problemas referentes a todo el programa oficial de la asignatura.
  - una prueba escrita que versará sobre las prácticas de laboratorio.
  - la realización de una práctica en el laboratorio, indicada por el profesor de entre las que figuran en el programa, y en la que el alumno deberá acreditar que ha adquirido la totalidad de las competencias descritas en la Guía Docente de la asignatura.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

