

## GUIA DOCENTE DE LA ASIGNATURA

# FÍSICA CUÁNTICA (CURSO 2016-17)

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Fundamentos Cuánticos	Física Cuántica	3º	1º y 2º	12	Obligatoria
<b>PROFESOR(ES)</b>		<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS</b>			
<b>Teoría (1º cuatrimestre):</b> M. Cruz Boscá Díaz-Pintado		<p>Sección de Físicas, tercera planta. Departamento de física atómica, molecular y nuclear.</p> <p>María Cruz Boscá Díaz-Pintado Despacho 127. <a href="mailto:bosca@ugr.es">bosca@ugr.es</a></p> <p>Enrique Buendía Ávila Despacho 142. <a href="mailto:buendia@ugr.es">buendia@ugr.es</a></p> <p>Francisco J. Gálvez Cifuentes Despacho 133. <a href="mailto:galvez@ugr.es">galvez@ugr.es</a></p> <p>Daniel Rodríguez Rubiales. Despacho 136. <a href="mailto:danielrodriguez@ugr.es">danielrodriguez@ugr.es</a></p> <p>Enrique Ruiz Arriola despacho 138 <a href="mailto:earriola@ugr.es">earriola@ugr.es</a></p> <p>Lorenzo Luis Salcedo Moreno Despacho 135. <a href="mailto:salcedo@ugr.es">salcedo@ugr.es</a></p> <p>Antonio Javier Praena <a href="mailto:jpraena@ugr.es">jpraena@ugr.es</a> Ignacio Ruiz Simo. <a href="mailto:ruizsig@ugr.es">ruizsig@ugr.es</a> Irene Valero <a href="mailto:ivalero@ugr.es">ivalero@ugr.es</a></p>			
<b>Teoría (2º cuatrimestre):</b> Enrique Buendía Ávila					
<b>Problemas y Prácticas:</b> María Cruz Boscá Francisco Javier Gálvez Antonio Javier Praena Enrique Ruiz Arriola Daniel Rodríguez Lorenzo Luis Salcedo Enrique Buendía Ignacio Ruiz Simó Irene Valero					



	<p><b>HORARIO DE TUTORÍAS</b></p> <p>María Cruz Boscá Díaz-Pintado: martes y jueves de 16h. a 19h.</p> <p>Enrique Buendía Ávila: lunes, martes y miércoles de 10h. a 11h. y de 12h. a 13h.</p> <p>Francisco J. Gálvez Cifuentes: Primer cuatrimestre: lunes y martes de 9h. a 12h.</p> <p>Daniel Rodríguez Rubiales: lunes y miércoles de 11h. a 13h., martes de 16h. a 18h.</p> <p>Enrique Ruiz Arriola: ma,mi,ju, 11--13:00</p> <p>Lorenzo Luis Salcedo: lunes, martes y miércoles, de 16h. a 18h.</p> <p>Antonio Praena: ma,mi,ju, 11--13:00</p> <p>I. Ruiz Simó: ma,mi,ju, 11--13:00</p> <p>I. Valero: ma,mi,ju, 11--13:00</p>
	<p><b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado en Física</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado en Química</li> <li>• Grado en Matemáticas</li> </ul>
<p><b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES</b> (si procede)</p>	



- 
- 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.

---

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS** (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

- Orígenes de la Física Cuántica. La función de onda y la interpretación de Copenhague.
- La ecuación de Schrödinger; caso de la ecuación independiente del tiempo.
- Estudio de problemas en una dimensión.
- Momento angular. Problemas tridimensionales con potenciales centrales.
- Métodos aproximados para estados estacionarios.
- Técnicas experimentales de Física Cuántica.



## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

### Transversales:

- CT1 Capacidad de análisis y síntesis.
- CT2 Capacidad de organización y planificación.
- 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: Trasmitir 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. Antigua Física Cuántica: PRECUÁNTICA

- **Radiación y Materia:** [situación en Física a finales del siglo XIX](#). [Radiación del cuerpo negro: Teoría clásica y Postulado de Planck](#).
- **Carácter corpuscular de la radiación:** [Efecto fotoeléctrico](#). [Calor específico de los sólidos](#). [Rayos catódicos](#). [Rayos X](#). [Difusión Compton](#).
- **Modelos atómicos primitivos:** [Modelo de Rutherford](#). [Modelo de Bohr](#). [Experimento de Franck-Hertz](#). [Modelo de Bohr-Sommerfeld: Reglas de cuantización](#). [Efecto Zeeman](#).
- **Carácter ondulatorio de la materia:** [Ondas de materia: Postulado de De Broglie](#). [Confirmación experimental: Davisson-Germer](#).
- **Dualidad onda-corpúsculo**.
- **Epílogo:** Experimentos de [Stern-Gerlach](#) y de la [doble rendija: hacia una nueva Física](#).

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

1. [Hacia una nueva Física](#).
2. [La función de onda  \$\psi\$ , su ecuación y su interpretación probabilística](#).
3. [Paquetes de onda](#).
4. [Principio de indeterminación](#).
5. [La ecuación de Schrödinger y la conservación de la probabilidad](#).



6. [Representaciones de posiciones y momentos.](#)
7. [Operadores autoadjuntos y valores esperados. Teorema de Ehrenfest.](#)
8. [La ecuación de autovalores de energía.](#)
9. [Ecuaciones en el espacio de momentos.](#)
10. [Cuantización de la energía.](#)
11. [Base ortonormal de autoestados de energía.](#)
12. [Solución general de la ecuación de Schrödinger para una partícula en un potencial  \$V\(\vec{r}\)\$ . Evolución temporal.](#)
13. [Axiomática fundamental de la Mecánica Cuántica.](#)

### III. [CASOS MONODIMENSIONALES](#)

1. [Autofunciones monodimensionales.](#)
2. Procesos de difusión:
  1. [Potencial escalón.](#)
  2. [Barrera de potencial.](#)
3. Estados ligados:
  1. Pozos cuadrados.
    1. [Pozo cuadrado infinito.](#)
    2. [Pozo cuadrado finito.](#)
  2. [Pozo de oscilador armónico.](#)
4. [Potenciales con deltas.](#)
5. [Potenciales periódicos.](#)



#### **IV.- MOMENTO ANGULAR.**

- 1. Momento angular orbital y rotaciones espaciales. Armónicos esféricos.
- 2. Teoría general de momento angular. Representación matricial de operadores de momento angular. Autovalores y autovectores.
- 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 FUNDAMENTAL:**

### **Teoría:**

- 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).
- S. Gasiorowicz, "Quantum Physics"; 3<sup>o</sup> ed., Wiley; 2003.
- 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.
- A. I. M. Rae, "Quantum Mechanics"; 5th. ed., Taylor & Francis; 2007.
- 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"; 3<sup>o</sup> 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"; 2<sup>nd</sup> ed., Springer; 1998.
- D.J. Griffiths, "Introduction to Quantum Mechanics"; 2<sup>nd</sup> 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"; 3º 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"; 2º ed., Ariel; 2003.

## ENLACES RECOMENDADOS

- Cursos en el MIT: <http://ocw.mit.edu/courses/physics/>
- Real Sociedad Española de Física: <http://www.rsef.org/>
- Web Vieja Teoría de los Cuantos: [http://wdb.ugr.es/~bosca/Old\\_Fisica-Cuantica/](http://wdb.ugr.es/~bosca/Old_Fisica-Cuantica/)
- Web Física Cuántica: <http://wdb.ugr.es/~bosca/Fisica-Cuantica/>
- 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://physica.ugr.es/>

## 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.

### Seminarios y/o exposición de trabajos, que pueden incluir:

- Sesiones en las que los alumnos, bajo la supervisión del profesor, expongan la resolución de trabajos y ejercicios, de forma oral o escrita, previamente propuestos.
- Seminarios donde se discutirán aspectos específicos del temario de especial relevancia o interés.
- Seminarios de asistencia voluntaria donde se discutirán aspectos complementarios de la materia.



**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.

**PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

Segundo cuatrimest.	Temas	Actividades presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)					Actividades no presenciales					
		Sesion. teóricas (horas)	Sesion. problem. (horas)	Sesion. práct. (horas)	Exposic. y semin. (horas)	Exám. (horas)						
Semanas 1-7	I-II											
Semana 8-14	II-III											
Semana 15	III											
Semanas 16-20	IV											
Semanas 21-29	IV-V											
Semana 30	V											
Total horas												

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

- La evaluación se realizará a partir, principalmente, de los exámenes; también se considerará, en su caso:
  - la realización de problemas y trabajos propuestos para resolver individualmente, por medio de los cuales los alumnos habrán de demostrar los conocimientos adquiridos y su comprensión de los mismos.
  - la participación activa en debates y seminarios; la iniciativa y calidad del trabajo desarrollado y de las exposiciones de los trabajos de teoría y problemas.
  - el trabajo realizado en el laboratorio, incluyendo tanto la participación y desarrollo de las prácticas en el laboratorio como la memoria escrita y el examen específico relativo a dichas prácticas.
- Los exámenes contribuirán un mínimo del 80% de la nota final; los trabajos y /o seminarios, en su caso, hasta un máximo del 20%.



- La superación de cualquiera de las pruebas no se logrará sin un conocimiento uniforme y equilibrado de toda la materia.
- **Evaluación única final:** Aquellos estudiantes que siguiendo la Normativa de la UGR en los términos y plazos que en ella se exigen, se acojan a esta modalidad de evaluación, realizarán la evaluación única final conforme a lo regulado.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

