

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Fundamentos cuánticos	Física cuántica	3º	1º y 2º	12	Obligatoria
PROFESORES ⁽¹⁾			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS ⁽¹⁾		
Teoría y problemas (1º semestre): <ul style="list-style-type: none"> Grupo A: José Enrique Amaro Soriano (profesor responsable) Grupo B: Eugenio Megías Fernández Teoría y problemas (2º semestre): <ul style="list-style-type: none"> Grupo A: Fernando Arias de Saavedra Alías (profesor responsable) Grupo B: Enrique Buendía Ávila Laboratorio: <ul style="list-style-type: none"> José Ignacio Porras Sánchez Fernando Arias de Saavedra Alías Juan Carlos Angulo Ibáñez Pablo Torres Sánchez Joaquín Berrocal Rodríguez Eugenio Megías Fernández 			http://www.ugr.es/~famn/web/?Inicio:Tutor%EDas		
			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
			<ul style="list-style-type: none"> José Enrique Amaro Soriano Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 141. Correo electrónico: amaro@ugr.es Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes, martes y viernes de 12:15 a 14:15. Eugenio Megías Fernández Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 137. Correo electrónico: emegias@ugr.es Tutorías (en su despacho): - ambos semestre: lunes y miércoles de 10 a 11, martes y jueves de 13 a 14, martes de 19 a 20 y viernes de 18 a 19. Fernando Arias de Saavedra Alías Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 128. Correo electrónico: arias@ugr.es Tutorías (en su despacho): -primer semestre: lunes y miércoles de 11 a 13 y 		

¹ 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/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))

<ul style="list-style-type: none"> • José Ignacio Porras Sánchez Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 129. Correo electrónico: porras@ugr.es Tutorías (en su despacho): -primer semestre: lunes y miércoles de 11 a 13 y jueves de 17 a 19. -segundo semestre: lunes de 17 a 19, jueves de 17 a 19 y viernes de 11 a 13. • Pablo Torres Sánchez Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear Sección de Físicas. Despacho 126. Correo electrónico: pablоторres@correo.ugr.es Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes, martes y jueves de 9 a 11. • Joaquín Berrocal Rodríguez Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear Sección de Físicas. Despacho 126. Correo electrónico: jberrocal@correo.ugr.es Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes y jueves de 9 a 11 y viernes de 16 a 18. 	<p>jueves de 17 a 19. -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"> • Enrique Buendía Ávila Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 146 Correo electrónico: buendia@ugr.es Tutorías (en su despacho): -ambos semestres: lunes, martes y miércoles de 11 a 13. • Juan Carlos Angulo Ibáñez Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear Sección Físicas. Despacho 142. Correo electrónico: angulo@ugr.es 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.
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE	OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR
<ul style="list-style-type: none"> • Grado en Física • Doble Grado en Física y Matemáticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Grado en Química • Grado en Matemáticas
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)	
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)	
<ul style="list-style-type: none"> • 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: 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 ψ , 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:

Práctica 1. Relación carga/masa del electrón.

Práctica 2. Efecto fotoeléctrico.

Práctica 3. Difracción de electrones.

Práctica 4. Espectros atómicos.

Práctica 5. 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"; 2nd 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"; 2nd 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"; 3^o 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"; 2nd ed., Springer; 1998.



- D.J. Griffiths, "Introduction to Quantum Mechanics"; 2nd 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"; 3rd 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"; 2^o ed., Ariel; 2003.
- S. Gasiorowicz, "Quantum Physics"; 3^o 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. Adicionalmente, en cada parcial deberá obtenerse como mínimo un 3.5 sobre 10.

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.

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO
(Según lo establecido en el POD)

El horario de tutorías del profesorado de esta asignatura se mantendrá el que aparece al principio de esta guía aunque estas se lleven a cabo de forma no presencial sincrónica.

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL
(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Los medios telemáticos a utilizar son:

- Correo electrónico.
- Videoconferencias mediante Google Meet, Zoom o medios similares.
- Foros de discusión en Prado.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Se mantendrá una realización presencial de las prácticas de laboratorio al ser esto posible por el limitado número de prácticas y el aforo suficiente del laboratorio.
- Se tratará de mantener la realización presencial de las clases de grupo pequeño (asociadas a créditos prácticos y realización de problemas) por su carácter más interactivo con el alumnado. Se procurará también alguna tutoría presencial colectiva.
- Las clases de teoría serán virtuales con videoconferencia manteniendo el horario presencial utilizando preferentemente google meet. Estas clases serán complementadas con la inclusión de más material en la plataforma Prado.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria



<ul style="list-style-type: none"> Los porcentajes se mantendrán los del escenario presencial y en la medida de lo posible los exámenes serán presenciales. Si esto último no fuese posible, se harán exámenes virtuales utilizando las herramientas proporcionadas por la Universidad para tal fin. 	
Convocatoria Extraordinaria	
<ul style="list-style-type: none"> Se realizará una prueba objetiva que incluirá cuestiones teóricas y problemas relativos al contenido de la asignatura. Esta prueba tendrá un valor del 90% de la nota final. Adicionalmente aquellos alumnos que no hayan superado las prácticas deberán realizar una prueba objetiva relativa a las mismas por valor del 10% de la nota total. Estas pruebas serán preferentemente presenciales y si esto no fuese posible se utilizarían los medios y herramientas telemáticos proporcionados por la Universidad. 	
Evaluación Única Final	
<ul style="list-style-type: none"> Se realizará una prueba objetiva que incluirá preguntas de teoría, así como problemas relativos al contenido de la asignatura y cuestiones relativas a las prácticas de laboratorio. Esta prueba será preferentemente presencial y si esto no fuese posible se utilizarían los medios y herramientas telemáticos proporcionados por la Universidad. 	
ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)	
ATENCIÓN TUTORIAL	
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
El horario de tutorías del profesorado de esta asignatura se mantendrá el que aparece al principio de esta guía aunque estas se lleven a cabo de forma no presencial síncrona.	Los medios telemáticos a utilizar son: <ul style="list-style-type: none"> Correo electrónico. Videokonferencias mediante Google Meet, Zoom o medios similares. Foros de discusión en Prado.
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE	
<ul style="list-style-type: none"> Se virtualizarán las prácticas de laboratorio en el caso de que no se hayan realizado (lo que ocurre en el primer cuatrimestre) mostrando videos de las mismas y proporcionados datos para que el alumnado realice su análisis. Las clases de teoría y problemas serán virtuales con videoconferencia manteniendo el horario presencial y utilizando preferentemente google meet. Estas clases serán complementadas con la inclusión de más material en la plataforma Prado para facilitar el aprendizaje y con la propuesta de problemas y trabajos que ayuden a la evaluación continua. 	
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)	
Convocatoria Ordinaria	
<ul style="list-style-type: none"> El 45% de la nota final que corresponde a cada uno de los exámenes en el escenario presencial se diversificará en dos partes. Una primera con valor máximo del 20% corresponderá a la realización de trabajos o ejercicios individualizados por el alumnado. El 25% restante corresponderá a una prueba 	



objetiva que incluirá cuestiones teóricas y problemas relativos al contenido de la parte correspondiente de la asignatura. Se utilizarán para esta prueba los medios y herramientas telemáticos proporcionados por la Universidad.

Convocatoria Extraordinaria

- Se realizará una prueba objetiva que incluirá cuestiones teóricas y problemas relativos al contenido de la asignatura. Esta prueba tendrá un valor del 90% de la nota final. Adicionalmente aquellos alumnos que no hayan superado las prácticas deberán realizar una prueba objetiva relativa a las mismas por valor del 10% de la nota total. El alumnado que haya superado las citadas prácticas conservará la nota correspondiente. Se utilizarán para esta pruebas los medios y herramientas telemáticos proporcionados por la Universidad.

Evaluación Única Final

- Se realizará una prueba objetiva que incluirá preguntas de teoría, así como problemas relativos al contenido de la asignatura y cuestiones relativas a las prácticas de laboratorio. Se utilizarán para esta prueba los medios y herramientas telemáticos proporcionados por la Universidad.

INFORMACIÓN ADICIONAL (Si procede)

