



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energía

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**65004061 - Estructura De La Materia**

### PLAN DE ESTUDIOS

06IE - Grado En Ingenieria De La Energia

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	65004061 - Estructura de la Materia
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06IE - Grado en Ingeniería de la Energía
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Manuel Cotelo Ferreiro	DIE/IFN-GV	manuel.cotelo@upm.es	Sin horario.
Pedro Velarde Mayol (Coordinador/a)	DIE/IFN	pedro.velarde@upm.es	J - 10:30 - 11:30 V - 10:30 - 11:30
Ovidio Yordanis Peña Rodríguez	IFN	ovidio.pena@upm.es	Sin horario.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Eduardo Oliva Gonzalo	eduardo.oliva@upm.es	IFN-GV

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Grado en Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Operadores autoadjuntos
- Ondas
- Hamiltoniano de un sistema
- Transformada de Fourier
- Ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden
- Leguaje de programación C o Fortran90 o Python u Octave (o alt MatLab)
- Lenguaje de edición LaTeX

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE11 - Comprender las leyes generales de la mecánica y aplicarlas a la resolución de problemas propios de la ingeniería.

CE21 - Aplicar la ciencia y tecnología de materiales.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería de la Energía.

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinarios.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA317 - Interpretar los principios básicos de la Mecánica Cuántica (MC)

RA319 - Resolución de problemas complejos mediante técnicas aproximadas

RA320 - Analizar sistemas formados por muchas partículas (átomo, núcleo) mediante la MC

RA321 - Incorporar esta metodología para abordar la estructura del estado sólido

RA322 - Determinar la importancia de la MC en la física moderna

RA318 - Utilizar herramientas de cálculo básicas para resolver problemas simples de la MC

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Estructura de la Materia es una introducción a la Física Moderna, principalmente Mecánica Cuántica. A través de problemas y algunos casos prácticos se aplicarán los conceptos de la mecánica cuántica a distintos sistemas físicos, desde átomos, nanopartículas, redes cristalinas, resonancia magnética (teoría y laboratorio), superconductividad (laboratorio), espectroscopía (teoría, laboratorio y visita a instalaciones), etc. La primera parte de la asignatura tiene una fuerte carga teórica al introducir las herramientas básicas y los postulados de la mecánica cuántica. La segunda mitad de la asignatura es básicamente distintas aplicaciones de los conceptos desarrollados en la primera parte.

La asignatura tiene una PEC programada al final de la primera parte y dos o más tests a realizar en clase. Las prácticas de laboratorio son obligatorias y hay programadas una o dos visitas a instalaciones de laboratorios avanzados.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción: Origen de la Mecánica Cuántica
  - 1.1. Antecedentes históricos. Explicación del colapso de la Teoría clásica a principios del siglo XX
  - 1.2. Cuerpo negro. Ley de Planck. Fotón
  - 1.3. Efecto Compton y fotoeléctrico
  - 1.4. Experimento de Davidson-Germer
  - 1.5. Dualidad onda-partícula. Experimentos de una sola partícula.
2. Mecánica Cuántica
  - 2.1. Ondas y relaciones de dispersión
  - 2.2. Relaciones de de Broglie
  - 2.3. Ecuación de Schrödinger para una partícula libre
  - 2.4. Interpretación de Born
  - 2.5. Reglas de cuantificación canónica
  - 2.6. Ecuación de Schrödinger para una partícula en un potencial general
  - 2.7. Ecuación de Schrödinger para un sistema de partículas

### 3. Postulados de la Mecánica Cuántica

- 3.1. Estado de un sistema
- 3.2. Observables
- 3.3. Representación R y P
- 3.4. Probabilidad de obtener un valor de un observable en la medida
- 3.5. Perturbación del sistema en la medida
- 3.6. Conmutación de Observables
- 3.7. Principio de incertidumbre de Heisenberg
- 3.8. Evolución del sistema entre medidas

### 4. Ecuación de Schrödinger unidimensional

- 4.1. Tipos de espectros según la forma del potencial
- 4.2. Potenciales cuadrados
- 4.3. Coeficientes de reflexión y transmisión. Efecto túnel
- 4.4. Microscopio de efecto túnel y Desintegración alfa.
- 4.5. Pozo de potencial y estados ligados. El Deuterón.
- 4.6. Resonancias. Sucesión de barreras y pozos.
- 4.7. Potencial cuadrado periódico y bandas de energía. Teorema de Bloch.

### 5. Ecuación de Schrödinger tridimensional

- 5.1. Potencial aditivo en coordenadas cartesianas rectangulares
- 5.2. Potencial central en coordenadas polares esféricas
- 5.3. Ecuaciones angulares y radial
- 5.4. Momento cinético orbital
- 5.5. Aparición de los números cuánticos
- 5.6. Notación de Dirac

### 6. Métodos aproximados

- 6.1. Método variacional
- 6.2. Perturbaciones estacionarias
- 6.3. Desdoblamiento de niveles
- 6.4. Perturbaciones temporales. Regla de oro de Fermi.

- 6.5. Introducción a la resolución numérica de la ecuación de Schrödinger.
- 7. Sistemas de varias partículas
  - 7.1. Partículas idénticas.
  - 7.2. Postulado de simetrización
  - 7.3. Bosones y Fermiones. Teorema de conexión espín-estadística.
  - 7.4. Principio de exclusión de Pauli
  - 7.5. Estados enlazados
  - 7.6. Estado fundamental de un sistema de partículas idénticas
- 8. Campo magnético y espín
  - 8.1. Teoría general del momento cinético
  - 8.2. Adición de momentos cinéticos
  - 8.3. Partículas de espín 1/2
  - 8.4. Momento magnético y resonancia magnética
- 9. Estructura atómica
  - 9.1. Átomo de Hidrogenoide.
  - 9.2. Aproximación de potencial efectivo.
  - 9.3. Estructura electrónica de los átomos
  - 9.4. La tabla periódica
- 10. Estado sólido
  - 10.1. Estructura cristalina
  - 10.2. Electrones en sólidos. Metales, aislantes y semiconductores.
  - 10.3. Superconductividad
  - 10.4. Materiales especiales: Grafeno. Nanotubos.
- 11. Simulación numérica
  - 11.1. Simulación computacional de sistemas de varias partículas
  - 11.2. Teoría del Funcional de Densidad (DFT): Síntesis de moléculas por computador
  - 11.3. De la microfísica a la macrofísica.



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
2	<b>Tema 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Repaso de conceptos matemáticos y físicos imprescindibles en Mecánica Cuántica</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas		<b>Tema 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Repaso de conceptos matemáticos y físicos imprescindibles en Mecánica Cuántica</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Test de comprobación de aprendizaje</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:20
3	<b>Tema3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Tema3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
4	<b>Tema 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Tema 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Test de comprobación de aprendizaje</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:20
5	<b>Tema 5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Tema 5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
6	<b>Tema 6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Tema 6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Problemas</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Test de comprobación de aprendizaje</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:20

7	<p><b>Tema 7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Tema 7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Examen</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>
8	<p><b>Repaso de la asignatura.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Prácticas de laboratorio</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Repaso de la asignatura.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
9	<p><b>Tema 8</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Tema 8</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Test de avance en el aprendizaje</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p>
10	<p><b>Tema 9</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Tema 9</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Visita laboratorio</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>
11	<p><b>Tema 10</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Tema 10</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
12	<p><b>Tema 11</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Tema 11</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Test de comprobación de aprendizaje</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:20</p>
13	<p><b>Repaso de la asignatura</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Repaso de la asignatura</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
14				<p><b>Trabajo</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 04:00</p> <p><b>Examen</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>

15				
16				
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
4	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
6	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
7	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CE11 CE21 CG3 CG6
9	Test de avance en el aprendizaje	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	5%	0 / 10	CE11 CG3
10	Visita laboratorio	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	02:00	%	0 / 10	CE21
12	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
14	Trabajo	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	04:00	5%	5 / 10	CG5
14	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	/ 10	CE11 CE21 CG1 CG3

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
4	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
6	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
7	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CE11 CE21 CG3 CG6
10	Visita laboratorio	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	02:00	%	0 / 10	CE21
12	Test de comprobación de aprendizaje	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:20	1%	5 / 10	CE11 CG3
14	Trabajo	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	04:00	5%	5 / 10	CG5
14	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	/ 10	CE11 CE21 CG1 CG3

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

40% examen de media parte, 40% de la segunda parte, 10% entre trabajos y visitas a laboratorios y centros externos. Las pruebas test del 5% se añaden a la nota sobre 10, lo cual puede dar calificaciones superiores al 10/10.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Presentaciones, Problemas, Estudios de casos prácticos y textos de libre acceso	Recursos web	Curso en <a href="https://moodle.upm.es">https://moodle.upm.es</a> , La bibliografía e información adicional se publica en esta web.
Editor LaTeX online	Recursos web	Ediador online de texto LaTeX

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Las visitas a las instalaciones se pueden realizar tanto durante el curso como durante el período de exámenes, dependiendo del laboratorio visitado. Típicamente serán dos visitas.

Los exámenes serán tipo test (respuesta prefijada) principalmente, pero en alguna ocasión pueden añadirse problemas escritos (respuesta desarrollada).

Se fomenta y se valorará mucho la solución de problemas de evaluación continua con programas escritos en Matlab, C/C++, Fortran o Python.

Se fomenta y valorará que los resultados de los problemas de evaluación continua se escriban en el lenguaje TeX.

Se valorará el realizar las presentaciones en cualquier otro entorno que no sea PowerPoint, por ejemplo, presentaciones en HTML5, TeX, etc.

Se valorarán las preguntas interesantes realizadas en clase, así como la respuesta a las preguntas realizadas por el profesor.

Las prácticas de laboratorio son obligatorias, no evaluándose al alumno al final si dichas prácticas no se han realizado o superado.

La asignatura se relaciona con el ODS7, ODS9 y ODS13