

Curso

2022-2023

# Guía Docente del Máster en Física Biomédica



Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

Versión 2.2 – 10/10/2022

APROBADA EN JUNTA DE FACULTAD EL 29 DE JUNIO DE 2022

## Contenido

.....	0
<b>1. Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Requisitos de Formación Previa y Vías de Acceso</b> .....	<b>3</b>
2.1. Requisitos de Formación .....	3
2.2. Vías de Acceso .....	3
<b>3. Estructura del Plan de Estudios</b> .....	<b>4</b>
3.1. Estructura general .....	4
3.2. Módulos y Materias.....	4
3.3. Asignaturas .....	6
3.4. Competencias .....	7
<b>4. Fichas de las Asignaturas</b> .....	<b>9</b>
4.1. Asignaturas Obligatorias.....	9
Física Biológica.....	9
Instrumentación Biomédica .....	12
Procesado de Señales .....	15
Radiofísica.....	19
4.2. Asignaturas optativas .....	22
Biofísica Celular y Molecular .....	22
Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonidos e Imagen Molecular .....	25
Elementos de Anatomía y Fisiología.....	28
Física del Radiodiagnóstico.....	32
Física de la Radioterapia .....	36
4.3. Trabajo Fin de Máster .....	39
<b>5. Cuadros Horarios</b> .....	<b>41</b>
5.1. Horarios del Primer Semestre .....	41
5.2. Horarios del Segundo Semestre .....	42
<b>6. Calendario Académico</b> .....	<b>43</b>
• <b>Control de cambios</b> .....	<b>45</b>

## 1. Introducción

El objetivo fundamental del Máster en Física Biomédica es proporcionar una comprensión de las aplicaciones de la Física a las Ciencias Biomédicas aportando la formación básica necesaria para desarrollar una carrera profesional, investigadora o académica en este campo.

Por un lado, la Biofísica ha demostrado un enorme potencial para la comprensión de los mecanismos biológicos básicos, desde la estructura del ADN al funcionamiento de las neuronas. Hoy día no se concibe el avance de las Ciencias Biológicas sin el conocimiento detallado tanto de los mecanismos moleculares como de los procesos físicos que los interconectan. La nueva Física Biológica combina este conocimiento fundamental en una descripción cuantitativa de los procesos biológicos, en muchos casos posible gracias al uso de nuevas técnicas experimentales.

Por otro lado, la Física Médica ha permitido avances espectaculares en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades. Baste citar como ejemplos el desarrollo de métodos de análisis fisiológicos utilizando marcadores radiactivos, las nuevas técnicas de imagen como la resonancia magnética (RM), la tomografía de coherencia óptica (OCT), la tomografía computarizada de rayos X (TC) y por emisión de positrones (PET), las técnicas de medida y análisis de señales bioeléctricas (ECG, EEG, MEG) o la utilización de aceleradores lineales y fuentes radiactivas en radioterapia. La Biología y la Medicina actuales no se entienden sin el concurso de las técnicas físicas, tanto experimentales como de modelización teórica y numérica.

En este Máster todos los alumnos adquirirán como mínimo los fundamentos de la Biofísica, los procesos de interacción de las radiaciones ionizantes con la materia y los mecanismos físicos y métodos de análisis de señales en los que se basan los dispositivos que actualmente se emplean en las Ciencias Biomédicas. El máster contiene además asignaturas optativas que le permitirán al alumno profundizar en la Radiofísica y sus aplicaciones a la Medicina, las técnicas avanzadas de Instrumentación Biomédica o la Biofísica.

Las materias de Radiofísica proporcionan la formación necesaria para su posterior capacitación como especialista en Radiofísica Hospitalaria o para su trabajo en aquellas empresas que requieren de expertos en el manejo y gestión de fuentes radiactivas. La Instrumentación Biomédica permitirá desarrollar una actividad profesional en empresas que se dedican al diseño, gestión y comercialización de una numerosa variedad de instrumentos biomédicos basados, tanto en radiaciones ionizantes (rayos X, rayos gamma, aceleradores lineales, PET, SPECT, etc.) como no ionizantes. Finalmente, la Biofísica dotará del perfil profesional adecuado para empresas de biotecnología, empresas médicas y laboratorios farmacéuticos.

Este máster tiene además el objetivo de cubrir un importante vacío en la formación de investigadores en estos campos, en los que existe una notable demanda, tanto desde las instituciones públicas (centros de investigación, hospitales, etc.) como desde las empresas.

El Máster de Física Biomédica va dirigido a:

- Graduados y Licenciados en Física, Química, Biología, Bioquímica o materias afines que tienen interés en desarrollar una carrera investigadora en el campo interdisciplinar de la Biofísica.
- Graduados o Licenciados en Física e Ingenieros interesados en la Instrumentación Biomédica ya sea dirigida a la investigación o a la empresa.

- Graduados o Licenciados en Física o materias afines interesados en desarrollar una carrera profesional hospitalaria relacionada con el título europeo de *Medical Physics Expert* o bien una carrera investigadora encaminada a buscar nuevas aplicaciones de la Física en la Medicina
- Graduados o Licenciados en Ciencias de la Salud u otras titulaciones, con una formación científico-técnica suficiente, que quieran integrar en su perfil conocimientos de las técnicas físicas usadas en la práctica clínica e investigación médica.

## 2. Requisitos de Formación Previa y Vías de Acceso

### 2.1. Requisitos de Formación

Para acceder al Máster en Física Biomédica será necesario estar en posesión de un título universitario oficial de Grado o Licenciatura expedido por una institución perteneciente al Espacio Europeo de Educación Superior que faculte en el país expedidor para el acceso a enseñanzas de Postgrado. Dicho título universitario deberá serlo en Física o disciplinas científicas relacionadas con los objetivos del Master, como Ciencias Biológicas y Químicas, Medicina, Farmacia, Informática e Ingenierías.

Estudiantes procedentes de sistemas educativos ajenos al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) deben solicitar el permiso que otorga la Universidad Complutense para poder acceder a estudios de máster oficial (ver [www.ucm.es/master](http://www.ucm.es/master)).

### 2.2. Vías de Acceso

Las vías prioritarias de acceso son Licenciado o Graduado en Física, Biología, Química, Bioquímica, Medicina, así como Ingeniero Electrónico o de Software.

En el caso de otras disciplinas, la Comisión Coordinadora del Máster evaluará la necesidad de cursar Complementos Formativos para aquellos alumnos con algunas carencias en conocimientos básicos de acuerdo a las competencias adquiridas en su titulación de acceso. Los complementos de formación requeridos no podrán superar 18 ECTS y consistirán en algunas de las asignaturas del Grado en Física de entre las que se enumeran a continuación y que son impartidas por las Facultades de Ciencias Físicas y Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid:

- Termodinámica
- Electromagnetismo
- Óptica
- Estructura de la materia
- Biología
- Bioquímica general

Los alumnos cursarán los complementos formativos en las mismas condiciones que los alumnos de Grado las correspondientes asignaturas, por lo que los contenidos, actividades formativas, sistemas de evaluación, etc. de estos complementos formativos serán los mismos que los de las correspondientes asignaturas de Grado.

Las fichas de las asignaturas están disponibles en las guías docentes [fisicas.ucm.es/quias-examen](http://fisicas.ucm.es/quias-examen) y [quimicas.ucm.es/grado\\_en\\_bioquimica](http://quimicas.ucm.es/grado_en_bioquimica)

Para **más información sobre el Máster en Física Biomédica consultar en:**

[www.ucm.es/masterfisicabiomedica/](http://www.ucm.es/masterfisicabiomedica/)  
[www.ucm.es/estudios/master-fisicabiomedica](http://www.ucm.es/estudios/master-fisicabiomedica)

Toda la información sobre reconocimiento de créditos se encuentra en el enlace:  
[fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes](http://fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes)

### 3. Estructura del Plan de Estudios

#### 3.1. Estructura general

El Plan de Estudios está estructurado en módulos (unidades organizativas que incluyen una o varias materias), materias (unidades disciplinares que incluyen una o varias asignaturas) y asignaturas.

El Máster en Física Biomédica se organiza a lo largo de un curso académico, desglosado en 2 semestres. Cada semestre tiene 30 créditos ECTS para el estudiante (1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante).

Para completar los estudios de este máster, el alumno tendrá que cursar 60 créditos ECTS que se distribuyen del siguiente modo: 24 ECTS correspondientes a 4 asignaturas obligatorias del Módulo de Formación Básica, 12 ECTS del Trabajo Fin de Máster que es de carácter obligatorio y 4 asignaturas optativas (24 ECTS) dentro de una amplia oferta distribuida en tres módulos de Formación Especializada. La siguiente tabla muestra la estructura general del plan de estudios, indicando la distribución de créditos necesaria para completar el máster:

#### Carácter de los créditos a cursar y distribución a lo largo del curso:

Módulo	Materia	oferta (ECTS)		a cursar (ECTS)	
		cuatr. 1	cuatr. 2	cuatr. 1	cuatr. 2
Formación Básica	Fundamentos de Biofísica	6		6	
	Instrumentación Biomédica	12		12	
	Fundamentos de Radiofísica	6		6	
Formación Especializada	Biofísica	6	18	24	
	Instrumentación Biomédica	-	18		
	Radiofísica	6	12		
Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	12		12	
<b>TOTAL (ECTS)</b>		<b>96</b>		<b>60</b>	

obligatorios

optativos

a cursar

#### 3.2. Módulos y Materias

A continuación se describe brevemente el contenido de los diferentes módulos del Máster y su organización en Materias:

**Módulo de Formación Básica:** Las tres materias de este módulo son obligatorias y proporcionan la formación necesaria para poder cursar cualquiera de las materias del módulo de formación especializada. Por ser de carácter fundamental, todas estas materias se cursarán en el primer cuatrimestre.

Con la materia Fundamentos de Biofísica el alumno adquirirá un conocimiento preciso de la estructura de los sistemas biológicos entendiendo claramente el carácter interdisciplinar que requiere el estudio de los seres vivos así como la no linealidad y el funcionamiento cooperativo de los fenómenos biológicos.

La materia Fundamentos de Instrumentación Biomédica proporcionará al alumno destreza en el uso de las herramientas matemáticas utilizadas en instrumentación biomédica, le permitirá comprender las técnicas de procesado de señales y aplicar los fundamentos de las medidas eléctricas y de los equipos más empleados en la instrumentación biomédica.

Finalmente, con la materia Fundamentos de Radiofísica el alumno consolidará sus conocimientos previos sobre la interacción de la radiación ionizantes con la materia, podrá entender la fenomenología del paso de partículas ionizantes en medios materiales, las bases de la dosimetría de radiaciones, los efectos sobre las células y seres vivos y los principios de la protección radiológica.

**Módulo de Formación Especializada:** El alumno tiene que cursar un total de 24 ECTS entre una oferta de 60 ECTS de materias optativas<sup>1</sup>. Aunque no existen formalmente especialidades, cada una de las materias, de acuerdo con su denominación, incluye contenidos de áreas específicas de la Física Biomédica. El alumno podrá elegir libremente entre las asignaturas que conformarán estas materias.

La materia de Biofísica incide más profundamente en campos como la biofísica molecular, las biomembranas, la termodinámica de los sistemas biológicos, los efectos de las radiaciones no ionizantes en los seres vivos, etc.

Por otro lado, la materia Instrumentación Biomédica profundiza en las medidas bioeléctricas, el papel de la óptica en las Ciencias Biomédicas, abordando los problemas de la imagen médica y la resonancia magnética y los ultrasonidos en Medicina.

La materia especializada de Radiofísica proporcionará al alumno los conocimientos necesarios para entender en profundidad las bases físicas de la radioterapia, de la medicina nuclear y del radiodiagnóstico. Además tendrá contacto directo con las técnicas que se usan a diario en hospitales.

Estas tres materias especializadas son optativas de tal modo que el alumno cursará asignaturas correspondientes a estas materias de acuerdo a sus intereses y sus expectativas profesionales futuras. La mayor parte de las asignaturas correspondientes a estas materias se cursarán en el segundo cuatrimestre. Aunque el alumno puede elegir libremente la distribución temporal de asignaturas, se recomienda cursar 30 ECTS (24 obligatorios y 6 optativos) en el primer cuatrimestre. De tal modo que en el segundo cuatrimestre solo tendrá que cursar 18 ECTS de materias optativas, pudiendo dedicar tiempo suficiente al Trabajo Fin de Master. Sin embargo, puesto que el Trabajo Fin de Máster es de carácter anual, la distribución temporal puede también ajustarse a 24 ECTS obligatorios en el primer cuatrimestre y 24 ECTS optativos en el segundo cuatrimestre. Esta opción es adecuada siempre que el alumno inicie su Trabajo Fin de Máster desde el comienzo del curso y que desee cursar las asignaturas optativas ofertadas en el primer cuatrimestre, que serán aquellas menos dependientes de las materias de Formación Básica.

**Módulo de Trabajo Fin de Máster:** Tiene una carga de 12 ECTS y una duración anual. Durante el primer cuatrimestre el alumno tomará un primer contacto con el tema de trabajo (búsqueda de bibliografía, antecedentes, interés y aplicaciones, etc.). El trabajo se realizará principalmente durante el segundo cuatrimestre, una vez que se hayan adquirido los conocimientos básicos necesarios para abordarlo de manera eficiente.

Cada curso académico se realizará una oferta amplia de Trabajos Fin de Master dentro de los tres campos interrelacionados que abarcan estos estudios: Biofísica, Instrumentación Biomédica y Radiofísica.

---

<sup>1</sup> La oferta de asignaturas optativas puede variar cada curso académico. En la tabla de las asignaturas que se muestra más adelante se indican las que serán impartidas este curso.

Los trabajos podrán ser de diferente naturaleza. Por un lado, algunos serán de **perfil estrictamente investigador**, y serán realizados dentro de alguno de los departamentos universitarios participantes en el Máster, o en uno de los centros de investigación con los que tenemos estrecho contacto o mediante una tutela compartida entre ambos (Universidad - Centro de Investigación). Se ofertarán también **trabajos de carácter aplicado** que se realizará en colaboración con empresas con las que los departamentos participantes en este Máster mantienen relaciones de colaboración. Finalmente otros trabajos tendrán un perfil directamente relacionado con la Radiofísica Hospitalaria y serán realizados en colaboración con algunos servicios de hospitales con los que existen colaboraciones. De este modo aunque este Máster no oferta ninguna asignatura de *Prácticas en Empresa*, ofreceremos a los alumnos que lo deseen la posibilidad de adquirir esta experiencia.

### 3.3. Asignaturas

El Módulo de Formación Básica consta de cuatro asignaturas obligatorias que se imparten en el Primer Cuatrimestre. Las asignaturas optativas del Módulo de Formación Especializada se encuentran mayoritariamente concentradas en el Segundo Cuatrimestre. No obstante, para compensar la distribución de créditos a lo largo del curso, la oferta de optatividad incluye una asignatura de este tipo en el Primer Cuatrimestre.

El alumno deberá elegir las 4 asignaturas optativas de entre la oferta formativa completa, aunque dichas asignaturas pertenezcan a diferentes materias. En la siguiente tabla se relacionan las asignaturas ofertadas este curso, los departamentos que las imparten, su ubicación temporal y la distribución de los créditos presenciales entre clases de teoría, problemas y sesiones de laboratorio.

Código	Asignatura	Cuatrimest.	ECTS	Dept.	Horas presenciales	
					Teoría*	Labor.
<b>FORMACION BÁSICA - ASIGNATURAS OBLIGATORIAS</b>						
606778	Física Biológica	1	6	EMFTEL	45	-
606779	Instrumentación Biomédica	1	6	OPT RRF	25	20
606780	Procesado de Señales	1	6	DACYA OPT	30	15
606781	Radiofísica	1	6	EMFTEL RRF	38	7
606782	Trabajo Fin de Máster	Anual	12	TODOS		
<b>FORMACION ESPECIALIZADA - ASIGNATURAS OPTATIVAS</b>						
606783	Biofísica Celular y Molecular	2	6	EMFTEL BBM	35	10
606789	Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonidos e Imagen Molecular	2	6	QCF	34	11
606790	Elementos de Anatomía y Fisiología	1	6	FIS AEH	37	8
606791	Física del Radiodiagnóstico	2	6	EMFTEL RRF	35	10
606792	Física de la Radioterapia	2	6	RRF	35	10

\*Incluye Clases de Problemas y Seminarios.

**Códigos de Departamento:** EMFTEL: Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica; OPT: Óptica; RRF: Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia (Fac. de Medicina); DACYA: Arquitectura de Computadores y Automática; QF: Química Física (Fac. CC. Químicas); BBM: Bioquímica y Biología Molecular (Fac. CC. Biológicas); QCF: Química en Ciencias Farmacéuticas (Fac. Farmacia); FIS: Fisiología (Fac. de Medicina); AEH: Anatomía y Embriología (Fac. de Medicina).

### 3.4. Competencias

Competencias generales, transversales y específicas que los estudiantes adquieren durante sus estudios del Máster de Física Biomédica.

#### Competencias Básicas

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

#### Competencias Generales

CG1 - Adquirir conocimientos avanzados en el campo de la Física Biomédica y comprender de forma detallada y fundamentada los aspectos teóricos, prácticos y metodología de trabajo de este campo a nivel de investigación y tecnología especializada.

CG2 - Saber integrar herramientas avanzadas teóricas, experimentales y de simulación numérica y aplicarlas en entornos nuevos.

CG3 - Saber combinar conocimientos especializados de Física, Biología e Instrumentación y dirigirlos a la resolución de problemas nuevos o aún abiertos y a la creación de nuevas técnicas, productos y servicios.

CG4 - Ser capaz de iniciar y desarrollar proyectos de investigación originales y de innovación tecnológica en el campo de la Física Biomédica y en entornos multidisciplinares relacionados.

CG5 - Saber transmitir los fundamentos y desarrollos técnicos y científicos del campo de la Física biomédica, tanto a nivel fundamental como de instrumentación, a todo tipo de público.

CG6 - Conocer de forma precisa las fronteras del conocimiento en el campo de estudio, los problemas abiertos y las oportunidades profesionales que se le presentan.

CG7 - Asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en los campos de estudio del máster u otros relacionados.

#### Competencias Transversales

CT1 - Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico, la capacidad de análisis y de síntesis y el pensamiento científico y sistémico.

CT2 - Trabajar de forma autónoma y saber desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

CT3 - Gestionar el tiempo y los recursos disponibles. Trabajar de forma organizada.

CT4 - Capacidad para prevenir y solucionar problemas, adaptándose a situaciones imprevistas y tomando decisiones propias.

CT5 - Capacidad para trabajar en entornos complejos o inciertos y con recursos limitados.

CT6 - Evaluar de forma crítica el trabajo realizado.

CT7 - Capacidad para trabajar cooperativamente asumiendo y respetando el rol de los diversos miembros del equipo, así como los distintos niveles de dependencia del mismo.

CT8 - Adaptarse a entornos multidisciplinares e internacionales.

CT9 - Comunicar eficientemente de forma oral y/o escrita conocimientos, resultados y habilidades, tanto en entornos profesionales como ante públicos no expertos.

CT10 - Hacer un uso eficiente de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la comunicación y transmisión de ideas y resultados.

### Competencias Específicas

CE1 - Comprender los procesos y sistemas biológicos en términos de primeros principios y saber integrar y aplicar estos conocimientos en entornos nuevos de carácter multidisciplinar tanto de investigación como profesionales altamente especializados.

CE2 - Adquirir conocimientos avanzados en un contexto de investigación científica de los principios organizativos y estructurales de los sistemas biológicos.

CE3 - Comprender las interacciones macromoleculares y ensamblajes relevantes en los sistemas biológicos.

CE4 - Capacidad para desarrollar modelos teóricos avanzados que interpreten y/o describan procesos biológicos y sistemas biofísicos.

CE5 - Dominar la Instrumentación y los métodos biofísicos avanzados

CE6 - Comprender los procesos de interacción de radiaciones no ionizantes con sistemas biológicos

CE7 - Comprender los principios en los que se sustenta la instrumentación biomédica y aplicarlos al diseño de instrumentación avanzada en un entorno de investigación o profesional..

CE8 - Adquirir los conocimientos necesarios para evaluar las capacidades de la instrumentación biomédica avanzada y su aplicabilidad en entornos científicos o altamente especializados.

CE9 - Adquirir la capacidad para analizar señales biomédicas con técnicas avanzadas.

CE10 - Comprender las técnicas avanzadas de procesamiento de señales

CE11 - Adquirir la capacidad para diseñar sistemas avanzados de análisis de señales biomédicas.

CE12 - Alcanzar destreza en el uso de sistemas de análisis de señales en entornos altamente especializados en el área biomédica

CE13 - Adquirir conocimientos avanzados de los procesos de interacción de las radiaciones ionizantes con la materia y ser capaz de aplicarlos en entornos de investigación y/o clínicos.

CE14 - Dominar las técnicas experimentales avanzadas para la medida de la dosis de radiaciones ionizantes y su aplicación en el área de la Radiofísica Hospitalaria.

CE15 - Aplicar las técnicas de Monte Carlo para la determinación de la dosis de radiaciones ionizantes.

CE16 - Capacidad para determinar y evaluar, en un contexto multidisciplinar, los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los tejidos biológicos.

## 4. Fichas de las Asignaturas

### 4.1. Asignaturas Obligatorias

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Física Biológica</b>			<b>Código</b>	606778
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Biofísica	<b>Módulo:</b>	Formación Básica		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	-
<b>Horas presenciales</b>	45	45	-

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	José Miguel Miranda			<b>Dpto:</b>	EMFTEL
	<b>Despacho:</b>	102.0	<b>e-mail</b>	miranda@ucm.es	

Teoría/Problemas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	L, J	11:00- 12:30	Jose Miguel Miranda	Todo el semestre	45	EMFTEL

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios(*)	e-mail	Lugar
José Miguel Miranda	L,M : 16:00 – 20:00	miranda@ucm.es	Despacho 03.102.0, 3ª Planta, M. Este

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adquirir un conocimiento preciso de la estructura de los sistemas biológicos desde el punto de vista de la física y desde el triple plano: molecular, celular y de sistemas.</li> <li>- Dominar las leyes y conceptos físicos necesarios para comprender las principales características de los seres vivos.</li> <li>- Entender la no linealidad y el funcionamiento cooperativo de los fenómenos biológicos.</li> <li>- Estar preparado para abordar los métodos y modelos físicos y matemáticos para el estudio de los fenómenos biológicos.</li> </ul>

Competencias
--------------

CB6-10, CG1-7, CT1-4, CT6-7, CT9-10, CE1-6

### Resumen

Física de biomoléculas. Motores moleculares. Fenómenos cooperativos y dinámica no lineal en procesos biológicos. Actividad eléctrica celular. Redes neuronales. Neurobiofísica. Modelos de autoorganización en la evolución prebiótica. Aspectos físicos en el origen y evolución de la vida.

### Conocimientos previos necesarios

Física y Matemáticas a nivel de grado. Biología y Química a nivel básico.

### Programa de la asignatura

#### Tema 1. Estructura y dinámica de biomoléculas

Estructura molecular: Enlaces, energía y conformación. Biomoléculas: Carbohidratos. Lípidos. Proteínas. Ácidos nucleicos. Técnicas de simulación por dinámica molecular. Metodologías de caracterización.

#### Tema 2. Termodinámica de los procesos biológicos y actividad celular

Teoría del Transporte. Movimiento browniano. Difusión. Transporte activo: Motores moleculares. Transporte en la membrana celular. Técnicas de electrofisiología celular.

#### Tema 3. Neurobiofísica

Morfología y función neuronal. Actividad cerebral. Estimulación cerebral. Contracción muscular. Actividad cardíaca. Sistemas visual y auditivo.

#### Tema 4. Bioelectromagnetismo

Ecuaciones fundamentales. Propiedades eléctricas de los tejidos. Interacción de los campos electromagnéticos con células y tejidos. Bioimpedancia. Dosimetría de las radiaciones no ionizantes. Técnicas de medida de campos electromagnéticos. Bioelectromagnetismo computacional.

#### Tema 5. Origen de la vida, evolución y fenómenos emergentes

Autoorganización prebiótica. Principales etapas de la evolución de la vida. Sistemas complejos y fenómenos emergentes. Simulación de ecosistemas. Dinámica de poblaciones. Ecuaciones de Lotka-Volterra. Ecuación logística discreta.

### Bibliografía

#### Básica

- [1] Apuntes de la asignatura en el Campus Virtual

#### Complementaria

- [2] Petrucci et al., "General Chemistry: Principles and Modern Applications" 11th Ed, Pearson, 2017.
- [3] J. L. Tymoczko, J. M. Berg y L. Stryer. "Bioquímica". Curso básico. Ed. Reverté, 2014.
- [4] R. Phillips, J. Kondev, J. Theirot, H.G. García, "Physical Biology of the Cell", CRC Press, 2013.
- [5] P Nelson, "Biological Physics", Chaliagon Science, 2020.
- [6] R. Milo, R. Phillips, "Cell Biology by the Numbers", Garland Science, 2016.
- [7] Hall, J.E. and Hall M.E. "Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology (Guyton Physiology)", 14<sup>th</sup> Ed., Elsevier, 2021.
- [8] Fox, "Human Physiology", 16<sup>th</sup> Ed., McGraw Hill, 2022.

[9] D. Purves, "Neuroscience", 6 <sup>th</sup> Ed., OUP USA, 2018.
[10] E. R. Kandel et al. "Principles of Neural Science", 6 <sup>th</sup> Ed. McGrawHill, 2021.
[11] C. Furse et al, "Basic Introduction to Bioelectromagnetics", 3 <sup>rd</sup> Ed CRC Press, 2018

Recursos en internet
La asignatura está dada de alta en el Campus Virtual.
[1] Canal YouTube del grupo UCM-ELEC, <a href="https://www.youtube.com/channel/UCn-0FOjOLbuSZq7PkJUmqg">https://www.youtube.com/channel/UCn-0FOjOLbuSZq7PkJUmqg</a>
[2] Bioninja Channel (Cell Biology): <a href="https://www.youtube.com/channel/UC6QYFutt9cluQ3uSM963_KQ">https://www.youtube.com/channel/UC6QYFutt9cluQ3uSM963_KQ</a>
[3] Bozemann Science Channel (Cell membrane) <a href="https://www.youtube.com/bozemanscience">https://www.youtube.com/bozemanscience</a>
[4] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)", 2020, <a href="https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/rf-guidelines-2020-published">https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/rf-guidelines-2020-published</a>

Metodología
Exposición de los temas por el profesor. Clase de problemas al final de cada tema, con participación de los alumnos.

Evaluación		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	70%
Examen final teórico-práctico		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	30%
Seminarios con pruebas escritas al final de los mismos (20%). Otras actividades que podrán incluir entrega de problemas, participación en clase, etc. (10%)		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final} = 0.7N_{Examen} + 0.3N_{OtrasActiv}$ , donde $N_{Examen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Es imprescindible aprobar el examen final ( $N_{Examen} \geq 5.0$ ) para superar la asignatura.		

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Instrumentación Biomédica</b>			<b>Código</b>	606779
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Instrumentación Biomédica	<b>Módulo:</b>	Formación Básica		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticas/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4.9	1.1
<b>Horas presenciales</b>	45	25	20

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Tatiana Alieva			<b>Dpto:</b>	Óptica
	<b>Despacho:</b>	O1-D10	<b>e-mail</b>	talieva@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	L J	15:00 –16:30	Margarita Chevalier	05/09 – 27/09	8.0	RRF
			Ricardo Bruña			
			Tatiana Alieva	03/10 – 27/10	12.5	

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A1	Fac. Medicina <sup>1</sup>	(1) 26/10, 7/11, 28/11, (1)30/11	Margarita Chevalier	10	RRF	
	Lab. de Óptica	(1) 2/11, (1)16/11, (1) 23/11, (3)30/11	Tatiana Alieva	10	ÓPTICA	
A2	Fac. Medicina <sup>1</sup>	(2) 26/10, (3)16/11, 21/11,(3)23/11	Ricardo Bruña	10	RRF	
	Lab. de Óptica	(2) 2/11, (2)16/11, (2) 23/11, (2)30/11	Tatiana Alieva	10	ÓPTICA	
A3	Fac. Medicina <sup>1</sup>	(3) 26/10; 2/11, 16/11, 23/11	Pablo Cuesta	10	RRF	
	Lab. de Óptica	7/11,21 /11, 28/N, (1) 30/11	Tatiana Alieva	10	ÓPTICA	

<sup>1</sup>Laboratorio de Física Médica

Horarios de prácticas: L:15:00-17:30, X: (1) 9:00-11:30, (2) 12:00-14:30, (3) 15:30-18:00 según el grupo.

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
<b>Profesor</b>	<b>Horarios</b>	<b>e-mail</b>	<b>Lugar</b>
M. Chevalier	L 17:00-20:00 V 11:00-14:00 (on-line)	<a href="mailto:chevalie@ucm.es">chevalie@ucm.es</a>	Física Médica. Facultad de Medicina. Pab. II. 4ª Planta
Tatiana Alieva	X 11:00-14:00 (on-line) J 16:30-19:30	<a href="mailto:talieva@ucm.es">talieva@ucm.es</a>	CC. Físicas O1-D10
Ricardo Bruña	L 17:00-20:00 V 11:00-14:00 (on-line)	<a href="mailto:ricardo.bruna@ucm.es">ricardo.bruna@ucm.es</a>	Física Médica. Facultad de Medicina. Pab. II. 4ª Planta
Pablo Cuesta	L 17:00-20:00 V 11:00-14:00 (on-line)	<a href="mailto:pablocuestaprieto@ucm.es">pablocuestaprieto@ucm.es</a>	Física Médica. Facultad de Medicina. Pab. II. 4ª Planta

### **Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Adquirir destreza en el uso de las herramientas matemáticas utilizadas en instrumentación biomédica. Dominar los fundamentos de las medidas eléctricas. Aprender los fundamentos de los equipos básicos de instrumentación biomédica.

### **Competencias**

CB7, CB9-10, CG1-7, CT1-4, CT6-10, CE7-9, CE-11-12

### **Resumen**

Dispositivos electrónicos y ópticos aplicados en biomedicina. Sensores y transductores de señal. Dispositivos de diagnóstico, terapia y rehabilitación.

### **Conocimientos previos necesarios**

Física General y Técnicas de Cálculo (diferenciación, integración y estadística).

### **Programa de la asignatura**

#### Teoría

- Características de las señales biomédicas. Fundamentos físicos de distintos tipos de sensores y transductores de señales biomédicas. Parámetros característicos de los sistemas de instrumentación biomédica.
- Instrumentación utilizada en la medida de señales fisiológicas: Presión arterial; Temperatura; Ritmo cardíaco; Flujo sanguíneo; Velocidad de la sangre. Parámetros bioeléctricos (ECG, EMG, EEG).
- Instrumentación aplicada a formación de imagen en biomedicina. Resumen de teoría de microscopía óptica. Imagen cuantitativa. Técnicas especiales: Microscopía por contraste de fase; Microscopía confocal; Microscopía por fluorescencia; Microscopía no lineal; Ptycografía. Métodos interferométricos y holografía digital. Apertura sintética y superresolución. Iluminación estructurada. Tomografía de coherencia óptica.
- Instrumentación aplicada al análisis bioquímico de muestras biomédicas. Resumen de teoría de espectroscopia óptica. Tipos de espectrómetros. Espectros de muestras biomédicas. Técnicas espectroscópicas aplicadas a biomedicina.

Laboratorio de medidas de señales fisiológicas

- Adquisición, análisis y procesado de señales bioeléctricas: EEC, EMG, EEG, medidas de impedancia y pulsometría.

Laboratorio de microscopía óptica, holografía digital y espectroscopia

- Adquisición de imágenes microscópicas usando diferentes técnicas y su análisis.
- Formación y reconstrucción de imagen holográfica *in-line* de objetos 2D y 3D.
- Construcción y caracterización de un espectrómetro de red.
- Medidas de espectros de absorción, transmisión y fluorescencia y su análisis.

**Bibliografía**

- D. A. Boas, C. Pitris and N. Ramanujan, Handbook of biomedical optics, CRC Press, NY (2011)
- T. S. Tkaczyk, Field Guide to Microscopy, eISBN: 9780819478917, DOI: 10.1117/3.798239 (2010)
- R.S. Khandpur, Handbook of Medical instruments, TMH, New Delhi (2003).
- J. G. Webster, Medical instrumentation: application and design. John Wiley & Sons, Inc., (2010).

**Recursos en internet**

Campus virtual de la UCM  
 Biblioteca de la UCM (Libros en formato digital)  
 Enlaces a las páginas web relacionadas con el temario de la asignatura  
 Artículos de revisión publicados en revistas

**Metodología**

- Clases teóricas: a) Exposición magistral con apoyo de diapositivas. b) Discusión de ejercicios y/o lecturas programadas.  
 - Laboratorio: Realización de experimentos en grupos reducidos. Elaboración de un cuaderno de laboratorio en el que se reflejen los objetivos, metodología y resultados de los experimentos realizados.  
 Estas actividades se complementarán con visitas y/o seminarios relacionados con los contenidos de la asignatura.

**Evaluación**

Realización de exámenes	Peso:	40%
Examen final.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	60%
Ejercicios entregables: 15%. Informes de los experimentos en el laboratorio (en grupos): 30%. Cuestionarios a través del campus virtual: 15%.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final} = 0.4 \times N_{Exámen} + 0.6 \times N_{OtrasActiv}$		

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Procesado de Señales</b>			<b>Código</b>	606780
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Instrumentación Biomédica	<b>Módulo:</b>	Formación Básica		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticas/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.1	0.9
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Tatiana Alieva			<b>Dpto:</b>	Óptica
	<b>Despacho:</b>	O1-D10	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:talieva@fis.ucm.es">talieva@fis.ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	L, J	12:30-14:00	Tatiana Alieva	05/09 – 06/10, 15/12	16.5	Óptica
			María José Gómez Silva	13/10, 20/10, 24/10-5/12	13.5	DACyA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Lab. Óptica	5/10, 19/10 9:00-12:00,	Tatiana Alieva	6	Óptica
<b>A2</b>	Lab. Óptica	10/10, 17/10 12:30 - 14:00 16:30 - 17:00	Tatiana Alieva	6	Óptica
<b>A1,A2</b>	Lab. Sistemas digitales (DACYA)	20/10, 27/10,10/11, 24/11, 1/12, 5/12 12:30-14:30	María José Gómez Silva	9	DACYA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios(*)	e-mail	Lugar
Tatiana Alieva	X 11:00-14:00 (on-line) J 16:30-19:30	<a href="mailto:talieva@fis.ucm.es">talieva@fis.ucm.es</a>	O1-D10
María José Gómez Silva	X de 16:00 a 19:00 J de 16:00 a 19:00	<a href="mailto:mgomez77@ucm.es">mgomez77@ucm.es</a>	Despacho 225

\*presenciales que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

**Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Entender y aplicar las técnicas de filtrado y análisis de señales multidimensionales. Obtener los conocimientos básicos de informática relativos al ámbito de estudio. Desarrollar la capacidad para analizar, evaluar y sintetizar algoritmos de tratamiento de señales e imágenes.

**Competencias**

CB7, CB9-10, CG1-7, CT1-4, CT6-10, CE9-12

**Resumen**

Herramientas avanzadas para el procesado de señales. Espectrogramas. Análisis multidimensional. Representaciones en el espacio de fases. Métodos tomográficos de reconstrucción. Caracterización de sistemas lineales: función de transferencia de modulación, respuesta impulsional y métodos de medida. Tipos de ruido y sus características estadísticas. Procesos de Markov. Técnicas de reducción del ruido. Filtros óptimos: Wiener, Kalman, Bayes.

**Conocimientos previos necesarios**

Es aconsejable tener conocimientos de Óptica, Estadística, Programación.

**Programa de la asignatura**

- Tipos de señales biomédicas y su descripción.
- Transformada de Fourier y sus propiedades.
- Convolución y correlación. Teorema de muestreo.
- Sistemas lineales y su caracterización.
- Sistemas de formación de imagen en biomedicina.
- Principios de tomografía. Transformada de Radon.
- Procesos aleatorios
- Filtrado de señales biomédicas unidimensionales.
- Tratamiento de imágenes biomédicas
- Análisis de señales no estacionarias.
- Análisis basado en componentes.

**Laboratorios:**

1. Laboratorio de caracterización de un sistema de formación de imagen.
2. Laboratorio de procesado óptico de la información: Efecto Talbot; Sistemas ópticos para análisis de Fourier; Filtrado óptico de frecuencias espaciales; Iluminación coherente e incoherente.
3. Laboratorios de procesado digital de señales basado en ordenadores y MATLAB.
  - a) Aspectos de estadística y señales aleatorias
  - b) Ejemplos de filtrado de señales Análisis básico de señales biomédicos (ECG, EEG)
  - c) Tratamiento de imagen (Programa: Image J)
  - d) Ejemplos de análisis de señales no estacionarias
  - e) Ejemplos de análisis PCA e ICA

<b>Bibliografía</b>	
<b>Básica</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. J. F. James, <i>A Student`s Guide to Fourier Transforms</i>, Cambridge University Press, (2002).</li> <li>2. S. W. Smith, <i>Digital Signal Processing: a Practical Guide for Engineers and Scientists</i>, Elsevier Science &amp; Technology (2002)</li> <li>3. W. van Dronghelen, <i>Signal Processing for Neuroscientists: Introduction to the Analysis of Physiological Signals</i>, Academic Press, (2007).</li> <li>4. P. Suetens, <i>Fundamentals of Medical Imaging</i>, Cambridge University Press (2013).</li> <li>5. J. W. Goodman, <i>Introduction to Fourier Optics</i>, Third Edition, Roberts &amp; Company, Englewood, (2005).</li> <li>6. J. M. Giron-Sierra, <i>Digital Signal Processing with Matlab Examples</i>, Springer, (2017).</li> <li>7. J.G. Proakis, D.G. Manolakis, <i>Digital Signal Processing</i>, Prentice Hall, (2006).</li> <li>8. J. W. Hoboken, <i>Digital signal processing using MATLAB for students and researchers</i>, NJ, Wiley, (2011).</li> </ol>	
<b>Complementaria</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>9. S. Qian, <i>Introduction to Time-Frequency and Wavelet Transform</i>, Prentice Hall, (2001).</li> <li>10. O. K. Ersoy, <i>Diffraction, Fourier Optics, and Imaging</i>, Wiley Interscience, NJ, USA, (2007).</li> <li>11. D. Voelz, <i>Computational Fourier Optics: a MATLAB tutorial</i>, SPIE Press, Washington USA, 2011.</li> <li>12. A.V. Oppenheim, A.S. Willsky, <i>Signals and Systems</i>, Prentice Hall, (1996).</li> <li>13. P.J. Durka, <i>Time-Frequency Analysis of Biomedical Signals</i>, Artech House, (2007).</li> <li>14. H. H. Barrett, K. J. Myers, <i>Foundations of Image Science</i>, Wiley-Interscience, USA (2004).</li> <li>15. W. Birkfellner: <i>Applied Medical Image Processing: A Basic Course</i>. CRC Press. (2010).</li> </ol>	

<b>Recursos en internet</b>
Campus virtual. Enlaces a portales universitarios de procesamiento de señales e imágenes.

<b>Metodología</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases de teoría</li> <li>- Clases prácticas (problemas y laboratorios).</li> <li>- Tutorías, en las que se discutirán y resolverán dudas de forma personalizada o en pequeños grupos o en línea.</li> </ul> <p>En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador, videos, simulaciones por ordenador, etc.</p>

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	40%
Examen final		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	60%
Ejercicios entregables: 20%.		

Informes de los experimentos en el laboratorio (en grupo): 20%  
Escritura de un artículo basado en los contenidos del laboratorio y la literatura científica:  
20%.

### Calificación final

La calificación final será la media ponderada de la calificación obtenida en el examen y la calificación obtenida en las otras actividades evaluables (ejercicios, entregables y memorias de laboratorio):  $N_{Final} = 0.4 \times N_{Exámen} + 0.6 \times N_{OtrasActiv}$

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Radiofísica</b>			<b>Código</b>	606781
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Radiofísica	<b>Módulo:</b>	Formación Básica		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticas/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.6	0.4
<b>Horas presenciales</b>	45	38	7

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Fernando Arqueros Martínez			<b>Dpto:</b>	EMFTEL
	<b>Despacho:</b>	223, 3ª planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:arqueros@ucm.es">arqueros@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	L, J	9:30-11:00	Fernando Arqueros Martínez	05/09 – 07/11	28	EMFTEL
			Diego García Pinto	10/11 – 15/12	5	RRF (Fac. Medicina)
			Roberto M. Sánchez		5	RRF (Fac. Medicina)

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Hospital Clínico	dos en fecha y horario a determinar	Fernando Arqueros	1	EMFTEL
			Roberto M. Sánchez	6	RRF
A2	Hospital Clínico	dos en fecha y horario a determinar	Fernando Arqueros	1	EMFTEL
			Roberto M. Sánchez	4	RRF
			Diego García Pinto	2	RRF

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios(*)	e-mail	Lugar
F. Arqueros Martínez	L,J 11:00-13:00(*)	<a href="mailto:arqueros@ucm.es">arqueros@ucm.es</a>	03.223.0 3ª Planta – M. Centro
Diego García Pinto	L,J 13:00-14:00	<a href="mailto:garcia.pinto@med.ucm.es">garcia.pinto@med.ucm.es</a>	Fac. Medicina
Roberto M. Sánchez Casanueva	X 13:00-15:00	<a href="mailto:robertomariano.sanchez@salud.madrid.org">robertomariano.sanchez@salud.madrid.org</a>	Fac. Medicina

\*presenciales, que se complementan, hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales, por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Consolidar los conocimientos previos relativos a los procesos de interacción de partículas ionizantes con la materia.
- Entender la fenomenología del paso de partículas ionizantes en la materia.
- Entender las bases de la dosimetría de radiaciones ionizantes.
- Entender y aplicar los métodos para calcular y para medir la dosis absorbida.
- Entender los efectos de la radiación ionizante sobre las células y los seres vivos.
- Conocer los principios de la protección radiológica y la legislación vigente.

### Competencias

CB6, CB8, CG1-7, CT2, CT6, CT10, CE13-16

### Resumen

Procesos de interacción de partículas cargadas y fotones con la materia a nivel avanzado. Interacción de neutrones con la materia. Magnitudes y unidades dosimétricas. Principios de dosimetría. La cavidad de Bragg-Gray. Equilibrio electrónico. Cámaras de ionización. Dosimetría de neutrones. Otras técnicas dosimétricas. Determinación de la dosis por técnicas de Monte Carlo. Principios de protección radiológica.

### Conocimientos previos necesarios

En principio los conocimientos previos necesarios son los correspondientes a los impartidos en Licenciatura o Grado de algunas de las titulaciones de acceso (Física, Química, Biología, Bioquímica, Farmacia, Medicina, Ingeniería). No obstante es recomendable para un mejor aprovechamiento haber cursado con antelación algún curso básico de interacción de radiaciones ionizantes con la materia.

### Programa de la asignatura

- Interacción de fotones de alta energía con la materia. Coeficientes de atenuación, de transferencia y de absorción.
- Interacción de partículas cargadas con la materia. Poder de frenado y poder de frenado restringido. Alcance. Retro-dispersión.
- Magnitudes dosimétricas. Principios de dosimetría de radiaciones ionizantes. Equilibrio electrónico. La cavidad de Bragg-Gray. Efecto de interfases. Cámaras de ionización.
- Técnicas de cálculo de dosis. El método de Monte Carlo.
- Protección radiológica general.
- Radiobiología.
- Legislación.
- Detectores y dosímetros. Dosimetría a pacientes.
- Diseño de instalaciones. Blindajes.

**Prácticas:** el calendario se comunicará oportunamente:

#### Facultad de CC. Físicas

- Prácticas de computación: Empleando un programa escrito en Python de simulación del paso de radiación ionizante en medios materiales se calcularán parámetros como la dosis depositada en medios de interés en Medicina y los factores de acumulación etc.

#### Facultad de Medicina (Hospital Clínico)

- Control de calidad y Dosimetría en radiodiagnóstico y radioterapia.
- Protección radiológica operacional y cálculo de blindajes.

<b>Bibliografía</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- H.E. Johns and J.R. Cunningham, <i>The Physics of Radiology</i>. Charles C. Thomas Press, 1983.</li> <li>- James E. Turner, <i>Atoms, Radiation, and Radiation Protection</i>. Wiley 2007.</li> <li>- F.H. Attix. <i>Introduction to Radiological Physics and Radiation Protection</i>. Wiley 2004.</li> <li>- SEFM. <i>Fundamentos de Física Médica. Volumen 1. Medida de la radiación</i>. Editor A. Brosed. Ed. ADI, 2011.</li> <li>- SEFM. <i>Fundamentos de Física Médica. Volumen 2. Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad</i>. Editor P. Ruiz Manzano. Ed. ADI, 2012.</li> </ul>

<b>Recursos en internet</b>
<p>Campus Virtual. Se facilitarán recursos de apoyo para entender los procesos de interacción de las radiaciones ionizantes y las técnicas de dosimetría.</p>

<b>Metodología</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases con ayuda de medios audiovisuales en las que se explicarán los conceptos teóricos de la materia.</li> <li>- Clases de problemas en las que se resolverán ejercicios numéricos previamente propuestos.</li> <li>- Laboratorio de computación en donde el alumno aprenderá las técnicas para el cálculo dosimétrico.</li> <li>- Visitas a hospital en donde el alumno conocerá el trabajo que los Radiofísicos realizan en los hospitales.</li> <li>- Laboratorio en donde el alumno aprenderá a manejar y calibrar dosímetros y se familiarizará con las aplicaciones clínicas.</li> </ul>

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	70%
<p>Los exámenes tendrán una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas. Para la realización de la parte de problemas se podrán consultar libros y material docente de clase.</p>		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	30%
<p>Se ofertarán actividades puntuables. Estas podrán incluir actividades de evaluación continua o de otro tipo, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de prácticas de laboratorio.</li> <li>- Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.</li> <li>- Participación en clases, seminarios y tutorías.</li> <li>- Presentación, oral o por escrito, de trabajos.</li> </ul>		
<b>Calificación final</b>		
<p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Examen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Examen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p>		

## 4.2. Asignaturas optativas

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Biofísica Celular y Molecular</b>			<b>Código</b>	606783
<b>Materia:</b>	Biofísica	<b>Módulo:</b>	Formación Especializada		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos	Prácticas	Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	3.5	2.0	0.5
<b>Horas presenciales</b>	45	21	15	9

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Antonio Cruz Rodríguez			<b>Dpto:</b>	BBM
	<b>Despacho:</b>	BBM	<b>e-mail</b>	acruz@quim.ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	Horas	Dpto.
13	L	11:00 – 12:30	Horacio López Menéndez	Todo el semestre	16.5	QF
			Francisco J. Cao García		4.5	EMFTEL
	J		Antonio Cruz Rodríguez		15	BBM

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	laboratorios UCM	en horario a determinar	Horacio López Menéndez	3	QF
			Antonio Cruz Rodríguez	3	BBM
			Francisco J. Cao García	3	EMFTEL

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Horacio López Menéndez	L,X,V 10-12h	holopez@ucm.es	Dpto. Química Física. Facultad de Química. Despacho QB232. 2ª Planta.
Francisco J. Cao	M,J: 10:00-11:30h (*)	franco@fis.ucm.es	Desp. 03.260.0 3ª Planta - Pasillo Norte
Antonio Cruz Rodríguez	L,X,V 10-12h	acruz@quim.ucm.es	Dpto. Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Biología. Anexo. 1ª Planta.

\*Contactar previamente por correo electrónico. Se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
- Entender la estructura, organización y dinámica biomoleculares, en competencia y

aprovechamiento de las fluctuaciones térmicas.

- Comprender la estructura y fenómenos dinámicos en las membranas biológicas.
- Aprender técnicas teóricas, experimentales y de simulación numérica para el análisis estructural de macromoléculas y sistemas.
- Aplicar todos estos conocimientos al desarrollo del área interdisciplinar de la Biología Física.

### Competencias

CB6-10, CG1-7, CT1-4, CT6 -10, CE1-5

### Resumen

Principios organizativos de la célula: Estructura celular y biología molecular de la célula. Ciclo celular. Interacciones de la célula con su entorno. Estructura y función de biomembranas. Estructura y función de macromoléculas biológicas. Ensamblajes macromoleculares y función celular. Efectos biológicos de la radiación.

### Conocimientos previos necesarios

Para cursar esta asignatura no se requieren conocimientos específicos previos adicionales.

### Programa de la asignatura

Tema 1. Estructura celular: Evolución de la célula. Tipos de células. Compartimentos y separadores. Mecanismos básicos. Componentes moleculares.

Tema 2. Biología molecular de la célula: Macromoléculas, estructura, forma e información. Ensamblajes macromoleculares. Mecanismos genéticos. Síntesis proteica. Epigenética. Metabolismo. Transporte pasivo y activo. Motores moleculares.

Tema 3. Estructura y función de biomembranas: Modelos de membrana, estructura y dinámica. Proteínas de membrana. Membranas celulares, tipos y función. Córtex celular y pared celular. Endocitosis y exocitosis.

Tema 4. Ciclo celular: Conversión energética: cloroplastos y mitocondrias. Estructura y dinámica celular. Dinámica del citoesqueleto. Crecimiento y división celular.

Tema 5. Interacciones de la célula con su entorno: Adhesión celular. Matriz extracelular. Movimiento celular. Señales intercelulares.

#### Laboratorio / Seminario

*Seminario 1: ¿Cómo se estudian las células?*

*Seminario 2: ¿Cómo se estructura el ADN, ARN y las proteínas?*

*Seminario 3: ¿Cómo se puede manipular el ADN, el ARN y las proteínas?*

*Seminario 4: ¿Cómo se estudian los motores moleculares?*

*Seminario 5: ¿Cómo se estudian las biomembranas?*

### Bibliografía

*Básica*

R. Phillips, J. Kondev, J. Theriot. *Physical Biology of the Cell*. Garland Science, 2008.

K. Dill, S. Bromberg. *Molecular Driving Forces: Statistical Thermodynamics in Biology, Chemistry, Physics, and Nanoscience*. Garland Science, 2010.

**Complementaria**

D. Boal. *Mechanics of the Cell*. Cambridge University Press, 2012.  
 J. Howard. *Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton*. Sinauer, 2005.  
 K.E. Van Holde, W.C. Johnson, P.S. Ho. *Principles of Physical Biochemistry*.  
 Prentice Hall, 2005.  
 J.N. Israelachvili. *Intermolecular and Surface Forces*, Academic Press, 2011.

**Recursos en internet**

La asignatura está dada de alta en el Campus Virtual de la UCM.

**Metodología**

- Clases teóricas donde se explicarán las herramientas y conceptos básicos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.
- Visitas a laboratorios.

En las lecciones y en las clases prácticas se utilizarán la pizarra y proyecciones con ordenador. Estas actividades se verán complementadas por prácticas virtuales y simulaciones por ordenador.

**Evaluación**

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
Examen escrito y/o oral consistente en una presentación sobre un tema relacionado con la asignatura.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
Ejercicios entregables y memorias de laboratorio.		
<b>Calificación final</b>		
La calificación final será la media ponderada de la calificación obtenida en el examen y la calificación obtenida en las otras actividades evaluables (ejercicios entregables y memorias de laboratorio).		

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonidos e Imagen Molecular</b>			<b>Código</b>	606789
<b>Materia:</b>	Instrumentación Biomédica	<b>Módulo:</b>	Formación Especializada		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticas/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.4	0.6
<b>Horas presenciales</b>	45	34.5	10.5

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano		<b>Dpto:</b>	QCF
	<b>Despacho:</b>	P21, 1ª Planta, Facultad Farmacia	<b>e-mail</b>	ignrodri@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	L J	12:30-14:00	Mª Concepción Civera Tejuca	Se alternarán a lo largo del semestre	6	QCF
			José Luis Izquierdo García		6	
			Marco Laurenti		6	
			Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano		16	

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Facultad de Farmacia	8 sesiones en horario de clase	Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano	11	QCF
A2			José Luis Izquierdo García	6.8	QCF
			Mª Concepción Civera Tejuca	3.4	
			Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano	0.8	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
M. C. Civera	M, J 11:30 – 14:30	mccivera@ucm.es	P10, 1ªPlanta, F. Farmacia
J. L. Izquierdo	M,X,V 11:30–13:30	jizquierdo@ucm.es	P21, 1ªPlanta, F. Farmacia
Marco Laurenti	M, J 10:30 – 13:30	marclaur@ucm.es	P17, 1ªPlanta, F. Farmacia
Ignacio Rodríguez	M,X,V 11:30–13:30	ignrodri@ucm.es	P11, 1ªPlanta, F. Farmacia

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Proporcionar al alumno el conocimiento de importantes técnicas de espectroscopia e imagen: la microscopía óptica, la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), los ultrasonidos y

la imagen molecular.

### Competencias

CB6-10, CG1-7, CT1-3, CT5-6, CT8-9, CE6-7, CE9-12

### Resumen

Bases físicas de la RMN. Espectroscopia e imagen por RMN. Instrumentación para RMN. Metabolismo y morfología por RMN. Fundamentos físicos de ultrasonidos. Dispositivos piezoeléctricos. Técnicas de pulso-eco. Ecografía 2D, 3D, 4D y Doppler. Bases físicas de la espectroscopia amplificada por superficies metálicas. El efecto Raman y su aplicación en microscopia. Microscopia SERS y su aplicación biomédica.

### Conocimientos previos necesarios

No se requieren conocimientos específicos previos adicionales.

### Programa de la asignatura

#### Teoría

- Bases físicas de la RMN.
- Espectroscopia por RMN y genómica estructural.
- Imagen por RMN.
- Instrumentación para RMN.
- Metabolismo por RMN.
- Morfología por RMN.
- Fundamentos físicos de ultrasonidos.
- Dispositivos piezoeléctricos.
- Técnicas de pulso-eco. Modos A, B y M.
- Ecografía 2D, 3D y 4D.
- Ecografía Doppler.
- El efecto Raman y su aplicación en microscopia.
- Bases físicas de la espectroscopia amplificada por superficies metálicas.
- Raman y SERS y su aplicación biomédica.

#### Prácticas

- Medida de perfusión en ratones (RMN).
- Determinación de relación señal / ruido en imagen (RMN).
- Metabonomía por espectroscopia de RMN.
- Medida de relaxividades de agentes de contraste (RMN).
- Ecografía ultrasónica. Modo M y B.
- Asignación de espectros (RMN).
- Búsqueda en bases de datos (RMN).

### Bibliografía

R.W. Brown, Y.N. Cheng, E.M. Haake, M.R. Thompson, R. Venkatesan. *Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design*. Wiley, 2014.

M.T. Vlaardingerbroek, J.A. Boer, A. Luiten, F. Knoet. *Magnetic Resonance Imaging:*

*Theory and Practice*. 3<sup>rd</sup> ed. Springer-Verlag, 2010.

J. Keeler, *Understanding NMR Spectroscopy*, John Wiley and Sons, 2011.

J. Cavanagh, W.J. Fairbrother, A.G. Palmer III, N.J. Skelton. *Protein NMR Spectroscopy: Principles and Practice*. 2nd Ed. Elsevier, 2007.

N. W. Lutz J.V. Sweedler, R. A. Wevers Methodologies for Metabolomics. Experimental Strategies and Techniques. Cambridge University Press, 2013.

C.R. Hill, J.C. Bamber, G.R. ter Haar. *Physical Principles of Medical Ultrasonics*. Wiley, 2004.

E.C. Le Ru, P.C. Etchegoin. *Principles of Surface-Enhanced Raman Spectroscopy: And Related Plasmonic Effects*. Elsevier, 2009.

R. Aroca. *Surface-Enhanced Vibrational Spectroscopy*. Wiley, 2006.

R.F. Aroca, M. Campos Vallete, J.V. Garcia-Ramos, S. Sanchez-Cortes, J.A. Sanchez-Gil, P. Sevilla. *Amplificación plasmónica de espectros Raman y de Fluorescencia. SERS y SEF sobre nanoestructuras metálicas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2014.

Recursos en internet
La asignatura está dada de alta en el Campus virtual.

Metodología
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases teóricas donde se explicarán las herramientas y conceptos básicos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.</li> <li>- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.</li> <li>- Visitas a laboratorios.</li> </ul> <p>En las lecciones y en las clases prácticas se utilizarán la pizarra y proyecciones con ordenador. Estas actividades se verán complementadas por prácticas virtuales y simulaciones por ordenador.</p>

Evaluación		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
<p>El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>Para la realización de la parte de problemas se podrá consultar un libro de teoría de libre elección por parte del alumno.</p>		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
<p>Resolución de problemas propuestos en clase (10%).</p> <p>Realización de prácticas de laboratorio (30%).</p>		
Calificación final		
<p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.6N_{Examen}+0.4N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Examen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados.</p> <p>Para superar la asignatura será obligatorio obtener una calificación mínima de 3 en el examen y una calificación mínima de 5 en la calificación final.</p>		

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Elementos de Anatomía y Fisiología</b>			<b>Código</b>	606790
<b>Materia:</b>	Radiofísica	<b>Módulo:</b>	Formación Especializada		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticas/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.5	0.5
<b>Horas presenciales</b>	45	36	9

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Julián Bustamante García			<b>Dpto:</b>	Fisiología
	<b>Despacho:</b>	2ª P. Pabellón 4 Fac. Medicina	<b>e-mail</b>	jubustam@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
José Acosta Fac. Medicina	M	15:00– 16:30	Julián Bustamante García	05/09-15/12	6	Fisiología
			Teresa Priego Cuadra		6	
			Mª Ángeles Vicente Torres		10.5	
	J	17:00– 18:30	Luis Alfonso Arraez Aybar	05/09-27/10	4,5	Anatomía y Embriología
			Juliana Pérez de Miguelsanz		1,5	
			José Ramón Mérida Velasco		3	
J	15:00- 16:30	Susana García Gómez	03/11-15/12	6		

\*La programación de las clases se proporcionará al inicio del curso

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A</b>	Laboratorios de Fisiología y Anatomía	Seis días a determinar en horario 15:00-16:30	Julián Bustamante	3.0	Fisiología
			Teresa Priego Cuadra	1.5	
			Mª Ángeles Vicente Torres	1.5	
	Aula Modelos Anatómicos		Luis Alfonso Arraez Aybar	3	Anatomía y Embriología
			Juliana Pérez de Miguelsanz		
			José Ramón Mérida Velasco		
	Susana García Gómez				

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios*	e-mail	Lugar
Julián Bustamante	Martes 16:30-17:30 Jueves 18:30-19:30	<a href="mailto:jubustam@ucm.es">jubustam@ucm.es</a>	Despacho de cada profesor
M <sup>a</sup> Ángeles Vicente Torres		<a href="mailto:mavicent@ucm.es">mavicent@ucm.es</a>	
Teresa Priego Cuadra		<a href="mailto:tpriegoc@ucm.es">tpriegoc@ucm.es</a>	
Luís Alfonso Arraez Aybar	Previa cita enviando correo electrónico	<a href="mailto:arraezla@med.ucm.es">arraezla@med.ucm.es</a>	
Juliana Pérez de Miguelsanz		<a href="mailto:jperez@ucm.es">jperez@ucm.es</a>	
José Ramón Mérida Velasco		<a href="mailto:mvlopera@med.ucm.es">mvlopera@med.ucm.es</a>	
Susana García Gómez		<a href="mailto:sgarciag@med.ucm.es">sgarciag@med.ucm.es</a>	

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer los aspectos fundamentales de la anatomía humana y de la anatomía radiológica relacionados con la práctica de la física médica.</li> <li>• Entender el funcionamiento fisiológico de los diferentes aparatos y sistemas del ser humano.</li> <li>• Conocer las metodologías de monitorización de algunas variables fisiológicas</li> <li>• Utilizar la terminología anatómica y fisiológica precisa en la comunicación con profesionales sanitarios.</li> </ul>

Competencias
CB7-9, CG1-7, CT1-10, CE8-9

Resumen
<p>Se pretende que el alumno posea conocimientos generales sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La anatomía del sistema musculo-esquelético.</li> <li>- La anatomía y la fisiología de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La sangre y aparato cardiovascular.</li> <li>• Los aparatos respiratorio, genitourinario y digestivo.</li> <li>• Los sistemas endocrino y nervioso.</li> </ul> </li> </ul>

Conocimientos previos necesarios
Conocimientos básicos de anatomía y de bioquímica

Programa de la asignatura
<p>Programa teórico y práctico</p> <p><b>Anatomía del sistema musculo-esquelético</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabeza y cuello.</li> <li>• Tronco.</li> <li>• Miembro superior.</li> <li>• Miembro inferior</li> </ul> <p><b>Fisiología general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisiología general y de sistemas. Concepto de homeostasis.</li> <li>• Compartimentos líquidos del organismo.</li> <li>• Membrana celular. Procesos de intercambio con el medio. Osmolaridad.</li> </ul>

- Formas de comunicación celular
  - Células endoteliales. Sistemas de intercambio con el medio externo.
- Digestivo**
- Anatomía funcional del aparato digestivo.
  - Motilidad. Secreción. Digestión.
  - Absorción de hidratos de carbono, proteínas y agua.
  - Absorción de grasas. Transporte y metabolización del colesterol.
  - Estructura y función hepática.
  - Metabolismo basal. Depósitos de reserva energética. Control de la ingesta.

**Sangre**

- Composición. Plasma, hematíes, plaquetas y leucocitos. Hemostasia.
- Inmunidad innata
- Inmunidad adquirida.

**Circulatorio**

- Anatomía funcional del aparato circulatorio.
- Corazón y sistema circulatorio.
- Capilares. Circulación linfática.

**Riñón**

- Anatomía funcional del aparato genitourinario
- Estructura funcional. Filtración y reabsorción tubular.
- Secreción tubular. Concentración y excreción de la orina.

**Respiratorio**

- Anatomía funcional del aparato respiratorio.
- Concepto de respiración. Entrada de los gases, la ventilación.
- Difusión, transporte e intercambio de gases.

**Nervioso**

- Anatomía funcional del sistema nervioso.
- Células excitables. Potencial de membrana y potencial de acción. La sinápsis.
- Estructura general del sistema nervioso. Organización funcional.
- Sistema nervioso autónomo. Sistemas sensoriales. Sistemas motores.
- Sentidos especiales: gusto y olfato.

**Endocrino**

- Anatomía funcional del sistema endocrino.
- Concepto de hormona y mecanismos generales de acción. Control hormonal, hipotálamo e hipófisis.
- Hormona del crecimiento y factores tróficos.
- Hormonas tiroideas, paratiroideas y control de la calcemia.
- Hormonas que actúan sobre el metabolismo. El páncreas endocrino. Hormonas de la corteza suprarrenal.
- Control hormonal de la reproducción.

Laboratorio

- Espirografía y espirometría.
- Electrocardiografía.
- Presión arterial.
- EEG
- Anatomía del aparato locomotor.
- Anatomía del sistema nervioso y esplacnología.

**Bibliografía**

Pocok, G. y Richards, C. "Fisiología humana. La base de la medicina". Masson. Barcelona, 2ª edición. 2005.

Tortora, G.J. y Derrickson, B. "Principios de Anatomía y Fisiología" Ed. Panamericana. 13ª edición. 2013.  
 Tortora, G.J. y Derrickson, B. "Introducción al cuerpo humano" Ed. Panamericana. 7ª edición. 2008.  
 Thibodeau, G.y Patton, K. "Estructura y Función del Cuerpo Humano" Elsevier. 15ª edición. 2016.  
 Thibodeau, G.y Patton, K. "Anatomía y Fisiología" Elsevier. 8ª edición. 2013.  
 Mulroney, S.E. y Myers, A.K.Netter. "Fundamentos de Fisiología" Elsevier. 2ª edición. 2016

Recursos en internet
Campus virtual

Metodología
<p>Se utilizarán clases teóricas a lo largo de la semana. Sobre los contenidos de estas clases teóricas se realizarán ejercicios y se discutirán casos que refuercen el tema estudiado. Para este fin se emplearán 4 horas semanales.</p> <p>Las clases prácticas consistirán en el aprendizaje de metodologías no invasivas que permitan al alumno explorar el normal funcionamiento del cuerpo humano.</p> <p>Se realizarán a lo largo de una semana, dos horas cada día, lo que permite al profesor enseñar primero el procedimiento a seguir y luego al alumno adquirir la destreza necesaria.</p>

Evaluación		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	70%
Se realizará un examen final tipo test con preguntas tipo verdadero o falso		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	30%
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PARTICIPACIÓN ACTIVA en clase con comentarios, preguntas, etc.</li> <li>2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS y preguntas en clase.</li> <li>3. PRÁCTICAS: Evaluación de un trabajo sobre cada práctica.</li> </ol>		
Calificación final		
<p>EXAMEN TEÓRICO: Será el 70 % de la nota final.</p> <p>PARTICIPACIÓN ACTIVA: Representará el 10% de la nota final.</p> <p>RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: Representará el 10% de la nota final.</p> <p>PRÁCTICAS: Representará el 10% de la nota final.</p>		

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Física del Radiodiagnóstico</b>			<b>Código</b>	606791
<b>Materia:</b>	Radiofísica	<b>Módulo:</b>	Formación especializada		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticas/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.4	0.6
<b>Horas presenciales</b>	45	35	10

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Margarita Chevalier del Río	<b>Dpto:</b>	RRF
	<b>Despacho:</b> F. Med	<b>e-mail</b>	chevalier@med.ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo <sup>2</sup>	Horas	Dpto.
Seminario Física Médica <sup>1</sup>	L,J	15:00-16:30	Margarita Chevalier	23/01 – 10/05	6	RRF
			Diego García Pinto		11.5	
			José Luis Contreras González		17.5	EMFTEL

<sup>1</sup>Aula 1. Física Médica, Departamento de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.

<sup>2</sup>Al principio de curso se proporcionará una agenda de clases con el contenido de cada sesión y los profesores encargados de ella.

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Visitas a hospitales y centros relacionados con la medicina nuclear.	2 días, a determinar	J.L. Contreras	2.5	EMFTEL
			J. López Herraiz	2.5	
			J. López Herraiz	2.5	
	Servicio de Radiodiagnóstico Hospitales/Centros de Salud	2 días, a determinar	D. García Pinto	1.5	RRF
			M. Chevalier	1.0	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios*	e-mail	Lugar
Diego García Pinto	L, J 14:00-15:00	garcia.pinto@med.ucm.es	Física Médica, Fac. Medicina
Margarita Chevalier		chevalier@med.ucm.es	
José Luis Contreras	M, X 11:00-13:00 y 14:00-15:00	jicontreras@fis.ucm.es	03.217.0 3ª planta – M. Central
J. López Herraiz	M: 15:00-17:00 J: 11:00-13:00 Horario Virtual: (contactar profesor por email)	jlopezhe@ucm.es	03.235.0 3ª planta – M. Central

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer la estructura, el funcionamiento, las características y las ventajas y limitaciones de los equipos médicos y las técnicas de adquisición de imágenes utilizados en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear.</li> <li>- Describir los principios de diseño de los equipos médicos en las áreas de radiodiagnóstico, y medicina nuclear en relación con la eficacia clínica y la seguridad, incluyendo los factores humanos.</li> <li>- Describir los requisitos previos y la aplicación práctica de los sistemas de seguimiento y control de las dosis de radiación de los pacientes en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear.</li> <li>- Definir y explicar los principios de calidad, garantía de calidad, control de calidad e indicadores de rendimiento en lo que respecta a los equipos médicos en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear.</li> <li>- Conocer los algoritmos de reconstrucción en los que se basa la generación de imágenes en las modalidades de tomografía computarizada, tomosíntesis y PET.</li> </ul>

<b>Competencias</b>
CB7-9, CG1-7, CT1-10, CE8-9, CE-13-16

<b>Resumen</b>
<p>Esta asignatura agrupa dos campos cruciales para el diagnóstico médico: los Rayos X y la Medicina Nuclear. Se pretende que el alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posea una base sólida en las técnicas de diagnóstico utilizadas en Medicina Nuclear así como en las que hacen uso de los Rayos X.</li> <li>• Conozca las bases físicas de cada técnica, los equipos utilizados más frecuentemente, las implicaciones de seguridad y la utilidad de cada modalidad en la práctica médica.</li> <li>• Conozca los principales riesgos asociados con ambas técnicas diagnósticas y los mecanismos para minimizarlos.</li> </ul>

<b>Conocimientos previos necesarios</b>
Física general a nivel universitario. Conocimientos básicos de programación.

<b>Programa de la asignatura</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases del Radiodiagnóstico. Producción de rayos X. Propiedades de la imagen.</li> <li>• Detectores en grafía y escopia. Sistemas analógicos y digitales. Intervencionismo.</li> <li>• Tomografía computarizada. Adquisición de datos, reconstrucción y visualización de la imagen. Técnicas especiales.</li> <li>• Mamografía. Equipos. Calidad de la imagen. Dosimetría.</li> <li>• Tomosíntesis. Adquisición de datos, reconstrucción y visualización de la imagen. Técnicas especiales</li> <li>• Valores de referencia de dosis en diagnóstico. Dosimetría de los pacientes y control de calidad.</li> <li>• Bases de la Medicina Nuclear. Radioisótopos, Estadística Nuclear, detectores.</li> <li>• Contadores, gamma-cámaras. Control de calidad en gamma cámaras. SPET.</li> <li>• Tomografía por emisión de positrones. Bases Físicas. Tomógrafos.</li> <li>• Algoritmos de reconstrucción de imagen 3D</li> </ul>

**Los contenidos teóricos de la asignatura se complementarán con las siguientes actividades prácticas:**

- Reconstrucción de imagen en tomografía computarizada. Utilización del Software CTSim e Image J para el análisis de las opciones de adquisición y reconstrucción.
- Cálculo de valores de dosis en exploraciones de radiografía convencional, intervencionismo, tomografía computarizada y mamografía.

*Visitas a diversos centros en donde se mostrarán las técnicas de:*

- Registro y análisis de imágenes médicas.
- Producción de radioisótopos
- Calibración de gamma cámaras
- Caracterización de sistemas de imagen de radiodiagnóstico

### Bibliografía

#### **Básica**

- OIEA-AAPM-EFOMP. *Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. International Agency for the Atomic Energy, Viena, 2014.
- S. Cherry, J. Sorenson, M. Phelps. *Physics in Nuclear Medicine*. 3<sup>rd</sup> edition. Saunders, 2003.
- W.R. Hendee. *Medical Imaging Physics*. John Wiley, 2002.
- P. Sprawls. *The Physical Principles of Medical Imaging*. Medical Physics Pub Corp, 1995.

#### **Complementaria**

- P. Suetens. *Fundamentals of Medical Imaging*, 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge University Press, 2009.
- J.L. Prince, J. M. Links. *Medical imaging signals and systems*. Pearson Prentice Hall Bioengineering, 2006.
- J.T. Bushberg, J. A. Seibert, E.M. Leidholdt Jr., J. Boone. *The Essential Physics of Medical Imaging* -2nd Ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

### Recursos en internet

La asignatura está dada de alta en el *Campus Virtual*. En ella se archivan apuntes y presentaciones de cada tema, así como enlaces a otros recursos.

### Metodología

- *Sesiones teóricas* con apoyo de medios audiovisuales en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.
- *Sesiones prácticas*:
  - a) Realización de medidas de caracterización de equipos médicos de rayos X instalados en los departamentos de Radiodiagnóstico en centros hospitalarios
  - b) Visitas a departamentos de Medicina Nuclear en centros hospitalarios y en centros de investigación
  - c) Medidas de espectroscopía gamma
- Actividades dirigidas y supervisadas por el profesor, en las que los alumnos, de manera individual, tendrán que resolver ejercicios prácticos o responder a cuestionarios a través del Campus Virtual de la asignatura
- Tutorías individuales o en grupo que faciliten el progreso personal de cada alumno y permitan al profesor un seguimiento individualizado y más cercano.

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Examen teórico-práctico al final del cuatrimestre.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
Entrega de ejercicios y realización de cuestionarios on-line: 25%. Informe memoria de prácticas: 20% Visitas a centros de interés (hospitales, centros de investigación, etc): 5%		
<b>Calificación final</b>		
Media aritmética de la nota del examen y la de las otras actividades de evaluación. Para aprobar será necesario tener una nota mínima de 4/10 en el examen y una media igual o superior a 5.		

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Física de la Radioterapia</b>			<b>Código</b>	606792
<b>Materia:</b>	Radiofísica	<b>Módulo:</b>	Formación especializada		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	César Rodríguez Rodríguez			<b>Dpto:</b>	RRF
	<b>Despacho:</b>	RRF*	<b>e-mail</b>	cesaro02@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	Horas	Dpto.
AFM <sup>1</sup>	L y J	16:30-18:00	Cesar Rodríguez	23/01-10/05	18	RRF (Facultad de Medicina)
FM <sup>1</sup>	L y J	16:30-18:00	David Sevillano	23/01-10/05	18	RRF (Facultad de Medicina)

<sup>1</sup>Aula de Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.

\*Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Hospital de Fuenlabrada	Fecha y hora a determinar	César Rodríguez	3	RRF
	Hospital Ramón y Cajal	Fecha y hora a determinar	David Sevillano	3	RRF

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios(*)	e-mail	Lugar
César Rodríguez	18:00-19:30	cesaro02@ucm.es	RFM**
David Sevillano	18:00-19:30	davisevi@ucm.es	RFM**

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

\*\*Seminario de Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer la estructura, el funcionamiento, las características, y las ventajas y limitaciones de las técnicas y de los equipos médicos utilizados en el área de radioterapia.</li> <li>- Describir los principios de diseño de los equipos médicos en el área de radioterapia en relación con la eficacia clínica y la seguridad, incluyendo los factores humanos.</li> <li>- Describir los requisitos previos y la aplicación práctica de los sistemas de seguimiento y control de las dosis de radiación de los pacientes en el área de radioterapia.</li> <li>- Definir y explicar los principios de calidad, garantía de calidad, control de calidad e indicadores de rendimiento en lo que respecta a los equipos médicos en el área de radioterapia.</li> </ul>

Competencias
CB7-9, CG1-7, CT1-10, CE8-9, CE-13-16

Resumen
Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Fundamentos de los tratamientos con radioterapia. Interacción radiación-materia. Magnitudes empleadas para medir la energía depositada: kerma, poder de frenado, exposición, dosis. Detectores de radiación empleados en radioterapia. Radioterapia externa: Equipos empleados (unidades de cobalto, aceleradores lineales). Calibración y caracterización dosimétrica de los haces de radiación emitidos. Cálculo de distribuciones de dosis. Técnicas utilizadas para aplicar los tratamientos. Técnicas avanzadas (IMRT, IGRT). Braquiterapia: Fuentes radiactivas utilizadas. Calibración y caracterización. Cálculo de dosis. Técnicas empleadas.

Conocimientos previos necesarios
Física General a nivel universitario. Asignatura de Radiofísica del Máster en Física Biomédica.

Programa de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.</li> <li>• Introducción a la radioterapia.</li> <li>• Magnitudes empleadas para medir el depósito de energía: Kerma, poder de frenado, dosis.</li> <li>• Detectores de radiación utilizados en radioterapia.</li> <li>• Equipos emisores de radiación utilizados en radioterapia externa.</li> <li>• Calibración y caracterización dosimétrica de haces de radiación terapéuticos.</li> <li>• Cálculo de distribuciones de dosis en pacientes.</li> <li>• Proceso de un tratamiento de radioterapia externa.</li> <li>• Técnicas avanzadas de radioterapia externa.</li> <li>• Braquiterapia: isótopos, equipos y técnicas utilizados.</li> <li>• Calibración de fuentes de braquiterapia y cálculo de dosis.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Práctica 1: Revisión del proceso completo del tratamiento radioterápico</li> <li>– Práctica 2: Elaboración de planes de tratamientos de radioterapia sencillos.</li> <li>– Práctica 3: Observación de tratamientos avanzados</li> </ul>

Bibliografía
<ul style="list-style-type: none"> <li>• F.M. Khan. The Physics of Radiation Therapy. Lippincott Williams &amp; Wilkins, 2003.</li> <li>• W.R. Hendee. Radiation Therapy Physics. Wiley, 2005.</li> <li>• F.H. Attix. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. Wiley, 2004.</li> <li>• OIEA (Podgorszak ed.). Radiation Oncology Physics. International Atomic Energy Agency, 2005.</li> <li>• SEFM (A. Brosed ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 1: Medida de la radiación.</li> <li>• SEFM (A. Brosed ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 3: Radioterapia Externa 1</li> <li>• SEFM (A. Brosed ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 4: Radioterapia Externa 2</li> </ul>

<b>Recursos en internet</b>		
Campus virtual		
<b>Metodología</b>		
Clases teóricas presenciales con empleo de medios audiovisuales, complementadas con visitas y prácticas en instalaciones médicas..		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Se realizará un examen de respuesta múltiple a final de curso.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
Resolución de problemas numéricos. Presentación sobre un tema relacionado con la asignatura.		
<b>Calificación final</b>		
La calificación final se obtendrá a partir de la fórmula siguiente: Calificación = Nota Examen * 0,5 + Nota Problemas y Prácticas * 0,3 + Nota Presentación * 0,2		

### 4.3. Trabajo Fin de Máster

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Trabajo Fin de Máster</b>			<b>Código</b>	606782
<b>Materia:</b>	Trabajo Fin de Máster	<b>Módulo:</b>	Trabajo Fin de Máster		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	anual

	Total	Teóricos/Seminarios/Prácticos/Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	12	12
<b>Horas presenciales</b>		

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Fernando Arqueros Martínez			<b>Dpto:</b>	Todos
	<b>Despacho:</b>		<b>e-mail</b>		

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
El Trabajo Fin de Máster TFM es un elemento formativo esencial que, con una carga de 12 ECTS, exige al alumno una gran dedicación. Al finalizar el TFM, el alumno habrá adquirido conocimientos y competencias que serán muy importantes en su futura vida profesional. Independientemente del tipo de TFM que realice. Por ejemplo, habrá adquirido capacidad para iniciar y desarrollar proyectos de investigación, para integrar herramientas teóricas, experimentales y de simulación, para trabajar de manera autónoma, gestionando de manera eficaz los recursos disponibles, así como para evaluar críticamente los resultados de su propio trabajo.

<b>Competencias</b>
CB6-10, CG1-7, CT1-10

<b>Conocimientos previos necesarios</b>
Los contenidos de las asignaturas del Máster.

<b>Programa de la asignatura</b>
El contenido específico dependerá de la elección del alumno. Se ofertan trabajos Fin de Master dentro de los tres campos interrelacionados que abarcan estos estudios: Biofísica, Instrumentación Biomédica y Radiofísica. Los trabajos podrán ser de diferente naturaleza. Por un lado, algunos serán de perfil estrictamente investigador, realizado bien en alguno de los departamentos universitarios participantes en el Máster, bien en uno de los centros de investigación con los existen convenios de colaboración. Algunos trabajos de carácter más aplicado se llevarán a cabo en colaboración con empresas. Finalmente otros trabajos tendrán un perfil directamente relacionado con la Radiofísica Hospitalaria y serán realizados en colaboración con algunos servicios de hospitales con los que actualmente existen colaboraciones.

<b>Centros participantes</b>
<p>Varios hospitales, empresas y centros de investigación públicos y privados tienen convenios de colaboración con la UCM específicos para realizar el trabajo Fin de Máster de Física Biomédica.</p> <p>En estos casos la Comisión Coordinadora del Máster propondrá como tutor académico a un profesor de alguno de los departamentos universitarios participantes en el Máster. Tanto el tutor académico como el supervisor de la empresa o Centro externo emitirán un informe detallado de la calidad del trabajo realizado. Actualmente existen colaboraciones y contactos con los siguientes centros y empresas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundación Jiménez Díaz (Servicio de Radioprotección).</li> <li>- Hospital Universitario Doce de Octubre (Servicio de Radiofísica).</li> <li>- Hospital Universitario de Fuenlabrada (Sección de Radiofísica).</li> <li>- Hospital Clínico San Carlos (Servicio de Física Médica y Servicio de Diagnóstico por Imagen).</li> <li>- Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC).</li> <li>- Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC).</li> <li>- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).</li> <li>- SIEMENS HEALTHCARE ESPAÑA</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>
La recomendada por el tutor del Trabajo Fin de Máster.
<b>Recursos en internet</b>
Campus virtual.
<b>Metodología</b>
Desarrollo de un proyecto individual bajo la supervisión de un profesor o investigador.
<b>Evaluación</b>
La Junta de Facultad nombrará un tribunal que valorará la precisión, estructuración y presentación de la memoria del trabajo y de su exposición y defensa oral. El tribunal solicitará al profesor tutor del trabajo un informe en el que valore el trabajo realizado por el estudiante.

## 5. Cuadros Horarios

### 5.1. Horarios del Primer Semestre

1º SEMESTRE					
	Lunes	Martes	X	Jueves	V
9:00	Aula 13		Reservado <sup>2</sup>	Aula 13	
9:30	Radiofísica			Radiofísica	
10:00					
10:30					
11:00	Física Biológica			Física Biológica	
11:30					
12:00	Procesado Señales			Procesado Señales	
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30	Aula 13		Reservado <sup>2</sup>	Aula 13	
15:00	Instrumentación Biomédica	Elem. Anatomía y Fisiología <sup>1</sup>		Instrumentación Biomédica	
15:30					
16:00	Reservado <sup>2</sup>			Elem. Anatomía y Fisiología <sup>1</sup>	
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					
.....					
.....					
21:00					

<sup>1</sup>Se imparte en el Aula José Acosta, situada en el Pabellón 4, Planta Baja de la Facultad de Medicina. Desde el 03/11 las clases pasarán al horario de 15:00-16:30, ya que en *Instrumentación Médica* las clases se desplazan al horario de laboratorio.

<sup>2</sup>Para algunas sesiones de laboratorio de *Instrumentación Biomédica* y de las prácticas de *Procesado de Señales* (ver fichas de las asignaturas).

## 5.2. Horarios del Segundo Semestre

2º SEMESTRE						
	Lunes	M	X	Jueves	V	
10:30	Aula 13			Aula 13		
11:00	Biofísica Celular y Molecular			Biofísica Celular y Molecular		
11:30						
12:00						
12:30	RMN y Ultrasonidos			RMN y Ultrasonidos		
13:00						
13:30						
14:00						
14:30	Fac. Medicina <sup>1</sup>			Fac. Medicina <sup>1</sup>		
15:00	Física del Radiodiagnóstico	Reservado <sup>2</sup>		Física del Radiodiagnóstico		
15:30						
16:00						
16:30	Física de la Radioterapia			Física de la Radioterapia		
17:00						
17:30						
18:00						

<sup>1</sup>Las clases de la tarde se imparten en el Seminario de Física Médica, Departamento de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.

<sup>2</sup>Durante este periodo se concentrarán la mayor parte de las actividades fuera del aula (prácticas, visitas a hospitales y centros de investigación, etc.).

## 6. Calendario Académico

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	Del 5 de septiembre al 16 de diciembre de 2022
Exámenes Primer Semestre (diciembre-enero):	Del 19 al 21 de diciembre de 2022 y del 9 al 20 de enero de 2023
Entrega de Actas	6 de febrero de 2023
Clases Segundo Semestre:	Del 23 de enero al 30 de marzo de 2023 y del 11 de abril al 10 de mayo de 2023
Exámenes Segundo Semestre (mayo):	del 11 al 31 de mayo de 2023
Entrega de Actas	16 de junio de 2023
Exámenes Convocatoria Extraordinaria (junio)	del 12 al 30 de junio de 2023
Entrega de Actas	14 de julio de 2023

*Nótese que cada ficha indica el número de horas de que consta la asignatura, por lo que en algunas el final de las clases podría ser anterior al final del periodo lectivo.*

Festividades y días no lectivos	
12 de octubre	Fiesta Nacional
31 de octubre	No lectivo
1 de noviembre	Festividad de Todos los Santos
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
14 de noviembre	San Alberto Magno, trasladado
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Inmaculada Concepción
27 de enero	Santo Tomás de Aquino
20 de marzo	Traslado del día de San José
1 de mayo	Día del Trabajo
2 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro
Del 22 de diciembre al 8 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 31 de marzo al 10 de abril	Vacaciones de Semana Santa

*Calendario basado en el aprobado por la comisión permanente del Consejo de Gobierno de la UCM el 30/11/21, que no incluye información del calendario laboral e incluye los festivos del 2023 ( <https://www.ucm.es/calendarios> ).*

Con este calendario, la distribución de días lectivos por semestre y día de la semana resulta ser el reflejado en la tabla de la derecha.

**Viernes 16/12/22 y miércoles 10/5/22 serán para recuperación de clases, según procedimiento a precisar.**

	L	M	X	J	V	días
<b>S1</b>	13	13	13	14	15	67
<b>S2</b>	12	14	15	14	12	65



## Facultad de Ciencias Físicas Calendario académico del curso 2022-23



(Aprobado en Junta de Facultad del 20-12-21)

Septiembre							Octubre							Noviembre								
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
			1	2	3	4						1	2		1	2	3	4	5	6		
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13		
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20		
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27		
26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30	28	29	30						
							31															
Diciembre 2022							Enero 2023							Febrero								
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
			1	2	3	4							1			1	2	3	4	5		
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12		
12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19		
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26		
26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29	27	28							
							30	31														
Marzo							Abril							Mayo								
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
			1	2	3	4	5						1	2		1	2	3	4	5	6	7
6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14		
13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21		
20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28		
27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30	29	30	31						
Junio							Julio							Agosto								
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
			1	2	3	4						1	2		1	2	3	4	5	6		
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13		
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20		
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27		
26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	31					

clases semestre 1
clases semestre 2
parciales de 1º GF
x no lectivos  
exámenes
lectura TFGs
entrega de actas

Convocatorias extraordinarias de Prácticas de Master y TFM en septiembre.

[Fechas del 2023 incluyendo ya festivos aprobados para ese año].

<p>16 recuperación LMX</p> <p>10 recuperación L y V</p>	<p>Clases: S1: 5septiembre-16diciembre. S2: 23enero-10mayo</p> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; border: 1px solid black; margin-bottom: 5px;">Exámenes semestre 1: 19diciembre-20enero</div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; border: 1px solid black; margin-bottom: 5px;">Exámenes semestre 2: 11-31 de mayo</div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; border: 1px solid black;">Exámenes extraordinarios: 12-30 de junio</div>	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th></th><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>dias</th> </tr> <tr> <td>S1</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>68</td> </tr> <tr> <td>S2</td><td>12</td><td>14</td><td>15</td><td>14</td><td>12</td><td>67</td> </tr> </table>		L	M	X	J	V	dias	S1	13	13	13	14	15	68	S2	12	14	15	14	12	67
	L	M	X	J	V	dias																	
S1	13	13	13	14	15	68																	
S2	12	14	15	14	12	67																	

## • Control de cambios

Versión	Fecha modificación	Cambio efectuado	Secciones afectadas	Páginas afectadas
V0	29/05/2022	Versión Provisional. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
V1.0	20/06/2022	Versión revisada. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
v2.0	04/07/2022	Versión aprobada en Junta de Facultad del 29/06/2022		
v2.1	29/07/22	Nueva numeración de despachos	Tutorías profesores de Físicas	
V2.2	10/10/22	Actualización tabla de calendario de festivos y días no lectivos, cambio de aula	6, fichas asignaturas	P 43-44 y fichas