Curso | 2026-2027

Guía Docente del Máster en Física Biomédica



Facultad de Ciencias Físicas

Universidad Complutense de Madrid

Versión 1.0 – 01/07/2026

Aprobada por Junta de Facultad el 30 de junio de 2026

Índice

.....0

1. Introducción 2

2. Requisitos de Formación Previa y Vías de Acceso 3

2.1. Requisitos de Formación 3

2.2. Vías de Acceso 3

3. Estructura del Plan de Estudios 4

3.1. Estructura general 4

3.2. Módulos y Materias..... 4

3.3. Asignaturas 6

3.4. Competencias 7

4. Fichas de las Asignaturas 9

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

Trabajo Fin de Máster 39

5. Cuadros Horarios 41

5.1. Horarios del Primer Semestre (clases teóricas) 41

5.2. Horarios del Segundo Semestre (clases de teoría) 42

6. Calendario Académico 43

7. Anexo: enlaces de interés 45

- **Control de cambios 46**

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 máster, 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).

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 con 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/guias-examen

Para **más información sobre el Máster en Física Biomédica consulte:**
www.ucm.es/masterfisicabiomedica/
www.ucm.es/estudios/master-fisicabiomedica

Toda la información sobre reconocimiento de créditos se encuentra en el enlace:
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 en 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:

		oferta (ECTS)		a cursar (ECTS)	
Módulo	**Materia**	**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	
TOTAL (ECTS)		96		60	
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[1]. 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 con 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 Máster. 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.

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

[1] 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.

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.
FORMACION BÁSICA - ASIGNATURAS OBLIGATORIAS						
606778	Física Biológica	1	6	EMFTEL	45	-
606779	Instrumentación Biomédica	1	6	OPT RR	25	20
606780	Procesado de Señales	1	6	DACYA OPT	30	15
606781	Radiofísica	1	6	EMFTEL RR	38	7
606782	Trabajo Fin de Máster	Anual	12	TODOS		
FORMACION ESPECIALIZADA - ASIGNATURAS OPTATIVAS						
606783	Biofísica Celular y Molecular	2	6	EMFTEL BBM QF	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 RR	35	10
606792	Física de la Radioterapia	2	6	RR	35	10

*Incluye Clases de Problemas y Seminarios.

Códigos de Departamento: EMFTEL: Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica; OPT: Óptica; RR: Radiología y Rehabilitación (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

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

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

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

Teoría/Problemas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
3.2	L, J	9:30-11:00	José 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 03.0102.0, 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)
- 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. - Dominar las leyes y conceptos físicos necesarios para comprender las principales características de los seres vivos. - Entender la no linealidad y el funcionamiento cooperativo de los fenómenos biológicos. - Estar preparado para abordar los métodos y modelos físicos y matemáticos para el estudio de los fenómenos biológicos.

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. Biomoléculas
Revisión de conceptos básicos. Carbohidratos. Lípidos. Proteínas. Ácidos nucleicos. Metodologías de caracterización.

Tema 2. Mecanismos de transporte en células
Difusión y movimiento browniano. Ecuación de Langevin. Transporte en la membrana celular. Técnicas de electrofisiología celular.

Tema 3. Neurobiofísica
Morfología y función neuronal. Modelización de la actividad neuronal. Estructura del encéfalo. Estimulación cerebral. Contracción muscular. Sistema visual. Sistema auditivo.

Tema 4. Bioelectromagnetismo
Propiedades eléctricas de células y tejidos. Bioimpedancia. Mecanismos de interacción con células y tejidos: conducción, inducción y radiación. Dosimetría de las radiaciones no ionizantes.

Tema 5. Origen de la vida, dinámica de poblaciones y fenómenos emergentes
Mundo prebiótico y abiogénesis. Principales etapas de la evolución de la vida. Ecuaciones de Lotka-Volterra. Ecuación logística discreta: estabilidad y caos. Sistemas complejos.

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”, Chiliagon 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)”, 14th Ed., Elsevier, 2021.
[8] Fox, “Human Physiology”, 16th Ed., McGraw Hill, 2022.
[9] D. Purves, “Neuroscience”, 6th Ed., OUP USA, 2018.
[10] E. R. Kandel et al. “Principles of Neural Science”, 6th Ed. McGrawHill, 2021.

[11] C. Furse et al, "Basic Introduction to Bioelectromagnetics",3rd Ed CRC Press, 2018.
[12] N. Boccara, "Modeling Complex Systems", Springer, 2004.

Recursos en internet
[1] Canal YouTube del grupo UCM-ELEC, https://www.youtube.com/channel/UCn-0FOjOLbuSZq7PkJUmzqg [1] Bioninja Channel (Cell Biology): https://www.youtube.com/channel/UC6QYFutt9cluQ3uSM963_KQ [2] Bozemann Science Channel (Cell membrane) https://www.youtube.com/bozemanscience [3] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)", 2020, https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/rf-guidelines-2020-published

Metodología
Exposición de los temas por el profesor mediante diapositivas. Clases de problemas resueltos en pizarra. Seminarios con aplicaciones prácticas de los contenidos teóricos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Examen final teórico-práctico		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Seminarios con evaluación mediante pruebas escritas. Experimentos de demostración.		
Calificación final		
La calificación final será N_{Final} = Max(N_{Examen},0.7N_{Examen} + 0.3$N_{OtrasActiv}$), donde N_{Examen} y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Si la nota del examen N_{examen} es inferior a 5, se considerará que no se han alcanzado las competencias mínimas y se calificará esta parte como 0.		

Ficha de la asignatura:	Instrumentación Biomédica	Código	606779

Materia:	Fundamentos de Instrumentación Biomédica	Módulo:	Formación Básica		
Carácter:	Obligatorio	Curso:	1º	Semestre:	1º

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

Profesor/a Coordinador/a:	Tatiana Alieva		Dpto:	Óptica
	Despacho:	01.311.0	e-mail	talieva@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
3.2	L, J	15:00 –16:30	Ricardo Bruña	03/09 – 28/09	12.5	RR
			Tatiana Alieva	01/10 – 29/10	12.5	ÓPTICA

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Fac. Medicina[1]	30/09(1), 30/09(2), 21/10(3), 26/10(*)	Ricardo Bruña	10	RR
	Lab. Fotónica	28/10(1), 4/11(1), 11/11(1)18/11(3) ,	Tatiana Alieva	10	ÓPTICA
A2	Fac. Medicina[1]	30/09(3), 05/10(*), 14/10(1), 14/10(2)	Pablo Cuesta	10	RR
	Lab. Fotónica	28/10(2), 4/11(2), 11/11(2) ,18/11(2)	Tatiana Alieva	10	ÓPTICA
A3	Fac. Medicina[1]	07/10(1), 07/10(2), 14/10(3), 19/10(*)	María Castillo	10	RR
	Lab. Fotónica	28/10(3),4/11(3), 11/11(3), 18/11(1)	Tatiana Alieva	10	ÓPTICA

[1]Laboratorio de Física Médica
Horarios de prácticas: L(*): 17:00-19:30, X: (1) 9:00-11:30, (2) 12:00-14:30, (3) 15:30-18:00 según el grupo.

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	talieva@ucm.es	CC. Físicas 01.311.0
Ricardo Bruña	L 17:00-20:00 V 11:00-14:00 (on-line)	ricardo.bruna@ucm.es	Física Médica. Facultad de Medicina. Pab. II. 4ª Planta
María Castillo	L 16:00-19:00 V 11:00-14:00 (on-line)	m.castillo.g@ucm.es	Física Médica. Facultad de Medicina. Pab. II. 4ª Planta
Pablo Cuesta	L 16:00-19:00 J 16:00-19:00 (on-line)	pablocuestaprieto@ucm.es	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 cardiaco; 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 nolineal; Ptycografia. 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 fisiologicas

- Adquisición, análisis y procesado de señales bioeléctricas: EEC, EMG, EEG, medidas de impedancia y pulsometría. Construcción de equipos para estas mediciones.

Laboratorio de microscopía óptica, imagen computacional y espectroscopia

- Adquisición de imágenes microscópicas usando diferentes técnicas y su análisis.
- Formación y reconstrucción de imagen holográfica. Análisis de speckle
- 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, ISBN: 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 x $N_{Exámen}$+0.6 x $N_{OtrasActiv}$

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

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

Profesor/a Coordinador/a:	Tatiana Alieva		Dpto:	Óptica
	Despacho:	01.311.0	e-mail	talieva@fis.ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
3.2	L, J	12:30-14:00	Tatiana Alieva	03/09 – 05/10, 10/12, 14/12	16.5	Óptica
			María José Gómez Silva	8/10-26/10, 09/11, 16/11, 23/11, 14/12,	13.5	DACyA

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Lab. Fotónica	7/10 (9:00-12:00) 14/10 (12:30 -15:30)	Tatiana Alieva	6	Óptica
A2	Lab. Fotónica	7/10 (12:30-15:30) 21/10 (9:00 -12:00)	Tatiana Alieva	6	Óptica
A3	Lab. Fotónica	07/10 (16:00 -19:00) 14/10 (09:00-12:00)	Tatiana Alieva	6	Óptica
A1 A2 A3	Lab. Sistemas digitales (DACYA)	29/10, 5/11, 12/11, 19/11, 26/11, 3/12 (12:30-14:00)	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	talieva@ucm.es	01.311.0
María José Gómez Silva	L 14:00-17:00(on-line) J 8:30-10:00 y 11:00-12:30	mgomez77@ucm.es	02.225.0

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

Bibliografía
Básica 1. J. F. James, *A Student`s Guide to Fourier Transforms*, Cambridge University Press, (2002). 2. S. W. Smith, *Digital Signal Processing: a Practical Guide for Engineers and Scientists*, Elsevier Science & Technology (2002) 3. W. van Drongelen, *Signal Processing for Neuroscientists: Introduction to the Analysis of Physiological Signals*, Academic Press, (2007). 4. P. Suetens, *Fundamentals of Medical Imaging*, Cambridge University Press (2013). 5. J. W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*, Third Edition, Roberts & Company, Englewood, (2005). 6. J. M. Giron-Sierra, *Digital Signal Processing with Matlab Examples*, Springer, (2017). 7. J.G. Proakis, D.G. Manolakis, *Digital Signal Processing,* Prentice Hall, (2006). 8. J. W. Hoboken, *Digital signal processing using MATLAB for students and researchers,* NJ, Wiley, (2011). **Complementaria** 9. S. Qian, *Introduction to Time-Frequency and Wavelet Transform*, Prentice Hall, (2001). 10. O. K. Ersoy, *Diffraction, Fourier Optics, and Imaging*, Wiley Interscience, NJ, USA, (2007). 11. D. Voelz, *Computational Fourier Optics: a MATLAB tutorial*, SPIE Press, Washington USA, 2011. 12. A.V. Oppenheim, A.S. Willsky, *Signals and Systems*, Prentice Hall, (1996). 13. P.J. Durka, *Time-Frequency Analysis of Biomedical Signals*, Artech House, (2007). 14. H. H. Barrett, K. J. Myers, *Foundations of Image Science*, Wiley-Interscience, USA (2004). 15. W. Birkfellner: *Applied Medical Image Processing: A Basic Course*. CRC Press. (2010).

Recursos en internet
Campus virtual. Enlaces a portales universitarios de procesamiento de señales e imágenes.

Metodología
- Clases de teoría - Clases prácticas (problemas y laboratorios). - Tutorías, en las que se discutirán y resolverán dudas de forma personalizada o en pequeños grupos o en línea. En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador, videos, simulaciones por ordenador, etc.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	40%
Examen final		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	60%
Ejercicios entregables: 20%. Informes de los experimentos en el laboratorio (en grupo): 20%		

Preparación de un póster 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 x $N_{Exámen}$+0.6 x $N_{OtrasActiv}$

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

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

Profesor/a Coordinador/a:	Jaime Rosado Vélez		Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	03.241.0	e -mail	jrosadov@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
3.2	L, J	11:00-12:30	Jaime Rosado Vélez	02/09 – 12/11	18.0	EMFTEL
			Mailyn Pérez Liva		10.0	CSIC
			Diego García Pinto	14/11 – 14/12	5.0	RR (Fac. Medicina)
			Roberto M. Sánchez		5.0	RR (Fac. Medicina)

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones(*)	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Fac. CC. Físicas	Una	Jaime Rosado Vélez	1	EMFTEL
	Hospital Clínico y Fac. Medicina	Dos	Roberto M. Sánchez	6	RR
A2	Fac. CC. Físicas	Una	Jaime Rosado Vélez	1	EMFTEL
	Hospital Clínico y Fac. Medicina	Dos	Roberto M. Sánchez	6	RR

*Fecha y horario a determinar.

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios(*)	e-mail	Lugar
Mailyn Pérez Liva	X 12:00-16:00	mailyn01@ucm.es	03.237.0
Jaime Rosado Vélez	L,J 12:30-14:00	jrosadov@ucm.es	03.241.0
Diego García Pinto	L,J 13:00-14:00	garcia.pinto@med.ucm.es	Fac. Medicina
Roberto M. Sánchez Casanueva	X 13:00-15:00	robertomariano.sanchez@salud.madrid.org	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 cargas 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)*

Se formarán grupos que realizarán, cada uno una práctica diferente:
- Dosimetría clínica
- Braquiterapia
- Acelerador
- Intervencionismo
- Radiodiagnóstico

Bibliografía

- H.E. Johns and J.R. Cunningham, *The Physics of Radiology*. Charles C. Thomas Press, 1983.
- James E. Turner, *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*. Wiley 2007.
- F.H. Attix. *Introduction to Radiological Physics and Radiation Protection*. Wiley 2004.
- SEFM. *Fundamentos de Física Médica. Volumen 1. Medida de la radiación.* Editor A. Brosed. Ed. ADI, 2011.
- SEFM. *Fundamentos de Física Médica. Volumen 2. Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad*. Editor P. Ruiz Manzano. Ed. ADI, 2012.

Recursos en internet

Campus Virtual. Se facilitarán recursos de apoyo para entender los procesos de interacción de las radiaciones ionizantes y las técnicas de dosimetría.

Metodología

- Clases con ayuda de medios audiovisuales en las que se explicarán los conceptos teóricos de la materia.
- Clases de problemas en las que se resolverán ejercicios numéricos previamente propuestos.
- Laboratorio de computación en donde el alumno aprenderá las técnicas para el cálculo dosimétrico.
- Visitas a hospital en donde el alumno conocerá el trabajo que los Radiofísicos realizan en los hospitales.
- Laboratorio en donde el alumno aprenderá a manejar y calibrar dosímetros y se familiarizará con las aplicaciones clínicas.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

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.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

Se ofertarán actividades puntuables. Estas podrán incluir actividades de evaluación continua o de otro tipo, como:
- Informes de prácticas de laboratorio.
- Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.
- Participación en clases, seminarios y tutorías.
- Presentación oral de prácticas o trabajos.

Calificación final

La calificación final será $N_{Final}=0.7N_{Examen}+0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

4.2. Asignaturas optativas

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

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

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

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	Horas	Dpto.
3.2	L J	10:30 – 12:00	Francisco Monroy Muñoz	Todo el semestre	16.5	QF
			Francisco J. Cao García		4.5	EMFTEL
			Antonio Cruz Rodríguez		15	BBM

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

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Francisco Monroy Muñoz	M,X 11-13h (*)	monroy@ucm.es	Dpto. Química Física. Facultad de Química. Despacho QA259. 2ª Planta.
Francisco J. Cao	M,J: 10:00-11:30h (*)	francao@ucm.es	Desp. 3.0260.0 3ª Planta - Pasillo Norte
Antonio Cruz Rodríguez	L,X,V 10-12h (*)	acruz@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. Biología Molecular de la célula: componentes moleculares. Mecanismos genéticos. Síntesis proteica.

Tema 2. Estructura y función de biomembranas: compartimentalización y transporte. Modelos de membrana, estructura y dinámica. Proteínas de membrana. Membranas celulares, tipos y función. Córtex y pared celulares. Endocitosis y exocitosis.

Tema 3. Estructura y función de macromoléculas biológicas: macromoléculas, estructura, forma e información. Ensamblajes macromoleculares. Transporte pasivo y activo. Motores moleculares.

Tema 4. Ciclo celular: Mecanobiología. Metabolismo. Conversión energética: cloroplastos y mitocondrias. Dinámica del citoesqueleto. Crecimiento y división celular. Dinámica celular y metabolismo: fisiología y homeostasis celular.

Tema 5. Interacciones de la célula con su entorno: Matriz extracelular. Adhesión celular. Movimiento celular. Comunicación celular: señales intercelulares. Epigenética. Desarrollo celular. Carcinogénesis. Interacción célula–radiación.

Laboratorio / Seminario
Seminario 1: ¿Cómo se estructura el ADN, ARN y las proteínas?
Seminario 2: ¿Cómo se puede manipular el ADN, el ARN y las proteínas?
Seminario 3: ¿Cómo se estudian los motores moleculares?
Seminario 4: ¿Cómo se estudian las biomembranas?
Seminario 5: ¿Cómo se estudian las células?

Bibliografía

Básica
B. Alberts et al. *Biología Molecular de la Célula.* Ediciones Omega, 2014.
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

R. Milo and R. Phillips. *Cell Biology by the Numbers.* https://book.bionumbers.org/.
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		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Examen escrito y/o oral consistente en una presentación sobre un tema relacionado con la asignatura.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Ejercicios entregables y memorias de laboratorio.		
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).		

Ficha de la asignatura:	Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonidos e Imagen Molecular	Código	606789

Materia:	Instrumentación Biomédica	Módulo:	Formación Especializada		
Carácter:	Optativo	Curso:	1º	Semestre:	2º

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

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

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
1 Fac. Medicina	L J	12:30-14:00	José Luis Izquierdo García	Se alternarán a lo largo del semestre	12	QCF
			Marco Laurenti		6	
			Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano		16	

Practicas/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	11.0	QCF
A2			José Luis Izquierdo García	10.2	QCF
			Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano	0.8	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
J. L. Izquierdo	M,X,V 11:30–13:30	jlizquierdo@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).
- Metabonómica por espectroscopia de RMN.
- Metabonómica de una muestra de orina.
- 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. 3rd 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
- 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		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para la realización de la parte de problemas se podrá consultar un libro de teoría de libre elección por parte del alumno.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Resolución de problemas propuestos en clase (10%). Realización de prácticas de laboratorio (30%).		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final}=0.6N_{Exámen}+0.4N_{OtrasActiv}$, donde N_{Examen} y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados.		

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

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticas/Laboratorio
Créditos ECTS:	6	5.5	0.5
Horas presenciales	45	37	8

Profesor/a Coordinador/a:	María Ángeles Vicente Torres		Dpto:	Fisiología
	Despacho:	2ª P. Pabellón 4 Fac. Medicina	e-mail	mavicent@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	Mª Ángeles Vicente Torres	03/09-15/12	10.5	Fisiología
			Verónica Hurtado Carneiro		9	
			Alberto Sánchez-Aguilera López		3	
	J	17:00–18:30	Luis Alfonso Arráez Aybar		5.5	Anatomía y Embriología
			José Ramón Mérida Velasco		3	
			Susana García Gómez		6	

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

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Laboratorios de Fisiologia y Anatomía	Seis días a determinar en horario M(15:00-16:30) o J(17:00-18:30)	Mª Ángeles Vicente Torres	1.5	Fisiología
			Alberto Sánchez-Aguilera López	3.0	
	Aula Modelos Anatómicos		Luis Alfonso Arráez Aybar	3.5	Anatomía y Embriología
			José Ramón Mérida Velasco		
			Susana García Gómez		

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios*	e-mail	Lugar
Mª Ángeles Vicente Torres	Martes 16:30-17:30 Jueves 18:30-19:30	mavicent@ucm.es	Despacho de cada profesor
Verónica Hurtado Carneiro		verohur@ucm.es	
Alberto Sánchez-Aguilera López		asalopez@ucm.es	
Luís Alfonso Arráez Aybar		arraezla@med.ucm.es	

José Ramón Mérida Velasco	Previa cita enviando correo electrónico	mvlopera@med.ucm.es	
Susana García Gómez		sgarciag@med.ucm.es	

*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)

- Reconocer los aspectos fundamentales de la anatomía humana y de la anatomía radiológica relacionados con la práctica de la física médica.
- Entender el funcionamiento fisiológico de los diferentes aparatos y sistemas del ser humano.
- Conocer las metodologías de monitorización de algunas variables fisiológicas
- Utilizar la terminología anatómica y fisiológica precisa en la comunicación con profesionales sanitarios.

Competencias

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

Resumen

Se pretende que el alumno posea conocimientos generales sobre:

- La anatomía del sistema musculo-esquelético.
- La anatomía y la fisiología de:
  - La sangre y aparato cardiovascular.
  - Los aparatos respiratorio, genitourinario y digestivo.
  - Los sistemas endocrino y nervioso.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de anatomía y de bioquímica

Programa de la asignatura

Programa teórico y práctico

Anatomía del sistema musculo-esquelético

- Cabeza y cuello.
- Tronco.
- Miembro superior.
- Miembro inferior

Fisiología general

- Fisiología general y de sistemas. Concepto de homeostasis.
- Compartimentos líquidos del organismo.
- Membrana celular. Procesos de intercambio con el medio. Osmolaridad.
- 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 sinapsis.
- 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
- Electrocardiografía.
- Presión arterial.
- Espirometría.
- 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 ed 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

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. Las clases prácticas consistirán en el aprendizaje de metodologías no invasivas que permitan al alumno explorar el normal funcionamiento del cuerpo humano. 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.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un examen final tipo test con preguntas tipo verdadero o falso		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
1. PARTICIPACIÓN ACTIVA en clase con comentarios, preguntas, etc. 2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS y preguntas, tests.		
Calificación final		
EXAMEN TEÓRICO: Será el 70 % de la nota final. EVALUACIÓN CONTINUA (INCLUYE ACTIVIDADES EN EL AULA): Representará el 30% de la nota final.		

Ficha de la asignatura:	Física del Radiodiagnóstico	Código	606791

Materia:	Radiofísica	Módulo:	Formación especializada		
Carácter:	Optativo	Curso:	1º	Semestre:	2º

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

Profesor/a Coordinador/a:	Diego García Pinto		Dpto:	RR
	Despacho:	F. Med	e-mail	garcia.pinto@med.ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo[2]	Horas	Dpto.
Seminario Física Médica[1]	L,J	15:00-16:30	Diego García Pinto	21/01 – 07/05	13.5	RR
			María Castillo García		4.0	
			José Luis Contreras González		13.5	EMFTEL
			Joaquín López Herraíz		4.0	

[1]Aula 1. Física Médica, Departamento de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.
[2]Al principio de curso se proporcionará una agenda de clases con el contenido de cada sesión y los profesores encargados de ella.

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1,A2	Aula del grupo o aula de informática		J. López Herráiz	1.0	EMFTEL
	Visitas a hospitales y centros. Práctica en el Laboratorio de Física atómica. Planta 3. Físicas.	2 días, a determinar	J.L. Contreras	4.0	
	Servicio de Radiodiagnóstico Hospitales/Centros de Salud	2 días, a determinar	L.C. Martínez	3.0	RR
			M. Castillo	2.0	

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, Pabellón 2, 4ª Planta
Luis Carlos Martínez		luiscm01@ucm.es	
María Castillo García		m.castillo.g@ucm.es	
José Luis Contreras	M, X 11:00-13:00 y 2 horas bajo petición	joseluco@ucm.es	3.217.0
J. López Herráiz	M: 15:00-17:00 J: 11:00-13:00 Horario Virtual: (contactar profesor por email)	jlopezhe@ucm.es	3.235.0

*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)
- Conocer la estructura, el funcionamiento, las características y las ventajas y limitaciones de los equipos médicos y las técnicas de adquisición de imágenes utilizadas en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear. - 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. - Definir y explicar los principios de calidad de imagen de los equipos médicos en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear. - Conocer los algoritmos de reconstrucción en los que se basa la generación de imágenes en las modalidades de tomografía computarizada, tomosíntesis y PET.

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

Resumen
Esta asignatura agrupa dos campos cruciales para el diagnóstico médico: el Radiodiagnóstico y la Medicina Nuclear. Se pretende que el alumno: ● Posea una base sólida en las técnicas de diagnóstico utilizadas en Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico. ● 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. ● Conozca los principales riesgos asociados con ambas técnicas diagnósticas y los mecanismos para minimizarlos.

Conocimientos previos necesarios
Física general a nivel universitario. Conocimientos básicos de programación.

Programa de la asignatura
● Bases del Radiodiagnóstico. Producción de rayos X. Formación de la imagen. ● Detectores digitales.

● Tomografía computarizada. Adquisición de datos, reconstrucción y visualización de la imagen. Técnicas especiales. Dosimetría
● Mamografía. Equipos. Calidad de la imagen. Dosimetría.
● Tomosíntesis. Adquisición de datos, reconstrucción y visualización de la imagen. Técnicas especiales

● Bases de la Medicina Nuclear. Radioisótopos, Estadística Nuclear, detectores.
● Contadores, gamma-cámaras. Control de calidad en gamma cámaras. SPET.
● Tomografía por emisión de positrones. Bases Físicas. Tomógrafos.
● Algoritmos de reconstrucción tomográfica y post-procesado.

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

- Estudio de las características del espectro de emisión de un tubo de rayos X utilizando software de simulación.
- Reconstrucción de imagen en tomografía computarizada. Utilización de software para el análisis de las opciones de adquisición, reconstrucción y visualización.
- Cálculo de valores de dosis en exploraciones de radiografía convencional, intervencionismo, tomografía computarizada y mamografía.
- Caracterización de espectros gamma

Visitas a diversos centros relacionados con el programa:
Prácticas a realizar en centros hospitalarios: caracterización de sistemas de imagen de radiodiagnóstico (tomografía computarizada)

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*. 4rd edition. Saunders, 2012.

- 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*, 2nd 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 espectros 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.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Examen teórico-práctico al final del cuatrimestre.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
Entrega de ejercicios, realización de cuestionarios on-line, prácticas, Visitas a centros de interés (hospitales, centros de investigación, etc):		
Calificación final		
La calificación final será la media aritmética de la nota del examen y la de las otras actividades de evaluación. Si la nota del examen N_{examen} es inferior a 5 se considerará que no se han alcanzado las competencias mínimas y se evaluará esta parte como un 0.		

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

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

Profesor/a Coordinador/a:	César Rodríguez Rodríguez		Dpto:	RR
	Despacho:	RR	e-mail	cesaro02@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	Horas	Dpto.
AFM[1]	L y J	16:30-18:00	Cesar Rodríguez	21/01-07/05	33	RR (Facultad de Medicina)
AFM[1]	L y J	16:30-18:00	Luis Carlos Martínez	21/01-07/05	3	RR (Facultad de Medicina)

[1]Aula de Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.
*Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Hospital de Fuenlabrada	Fecha y hora a determinar	César Rodríguez	9.0	RR

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios(*)	e-mail	Lugar
César Rodríguez	18:00-19:30	cesaro02@ucm.es	RFM**
L.C. Martínez	18:00-19:30	luiscm01@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)
- 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. - 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. - 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. - 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.

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. Proceso de la radioterapia. Estructuras de datos. Registro de imágenes. Detectores de radiación empleados en radioterapia. Radioterapia externa: Equipos empleados (aceleradores lineales de electrones, equipos de protonterapia). 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
●Introducción a la radioterapia. ●Proceso de la radioterapia ●Estándar DICOM y estructura de datos en radioterapia ●Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. ●Registro de imagen. ●Detectores de radiación utilizados en radioterapia. ●Equipos emisores de radiación utilizados en radioterapia externa. ●Calibración y caracterización dosimétrica de haces de radiación terapéuticos. ●Cálculo de distribuciones de dosis en pacientes en radioterapia externa. ●Braquiterapia: isótopos, equipos y técnicas utilizados. ●Calibración de fuentes de braquiterapia y cálculo de dosis. – Práctica 1: Calibración de un acelerador lineal – Práctica 2: Observación de tratamientos avanzados – Práctica 3: Elaboración de planes de tratamientos de radioterapia sencillos. – Práctica 4: Elaboración de planes de tratamiento mediante técnicas de planificación inversa.

Bibliografía
● F.M. Khan. The Physics of Radiation Therapy. Lippincott Williams & Wilkins, 2003. ● W.R. Hendee. Radiation Therapy Physics. Wiley, 2005. ● F.H. Attix. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. Wiley, 2004. ● OIEA (Podgorszak ed.). Radiation Oncology Physics. International Atomic Energy Agency, 2005. ● SEFM (A. Brosed ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 1: Medida de la radiación. ● SEFM (A. Brosed ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 3: Radioterapia Externa 1 ● SEFM (A. Brosed ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 4: Radioterapia Externa 2

Recursos en internet
Campus virtual

Metodología
Clases teóricas presenciales con empleo de medios audiovisuales, complementadas con visitas y prácticas en instalaciones médicas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Se realizará un examen de respuesta múltiple a final de curso.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
Resolución de problemas numéricos. Presentación sobre un tema relacionado con la asignatura.		
Calificación final		
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

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

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

Profesor/a Coordinador/a:	José Luis Contreras González		Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	03.217.0	e-mail	joseluco@ucm.es

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

Competencias
CB6-10, CG1-7, CT1-10

Conocimientos previos necesarios
Los contenidos de las asignaturas del Máster.

Programa de la asignatura
El contenido específico dependerá de la elección del alumno. Se ofertan trabajos Fin de Máster 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.

Centros participantes
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. 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: - Fundación Jiménez Díaz (Servicio de Radioprotección). - Hospital Universitario Doce de Octubre (Servicio de Radiofísica). - Hospital Universitario de Fuenlabrada (Servicio de Radiofísica). -Hospital Clínico San Carlos (Servicio de Física Médica y Servicio de Diagnóstico por Imagen). - Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC). - Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC). - Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Bibliografía
La recomendada por el tutor del Trabajo Fin de Máster.

Recursos en internet
Campus virtual.

Metodología
Desarrollo de un proyecto individual bajo la supervisión de un profesor o investigador.

Evaluación
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 (clases teóricas)

<table>
<tr><th colspan="6">1º SEMESTRE</th></tr>
<tr><th></th><th>Lunes</th><th>Martes</th><th>X</th><th>Jueves</th><th>V</th></tr>
<tr><td>9:00</td><td>CC Físicas (Aula 3.2)</td><td rowspan="10"></td><td rowspan="10">Reservado[2]</td><td>CC Físicas (Aula 3.2)</td><td rowspan="10"></td></tr>
<tr><td>9:30</td><td rowspan="3">Física Biológica</td><td rowspan="3">Física Biológica</td></tr>
<tr><td>10:00</td></tr>
<tr><td>10:30</td></tr>
<tr><td>11:00</td><td rowspan="3">Radiofísica</td><td rowspan="3">Radiofísica</td></tr>
<tr><td>11:30</td></tr>
<tr><td>12:00</td></tr>
<tr><td>12:30</td><td rowspan="3">Procesado Señales</td><td rowspan="3">Procesado Señales</td></tr>
<tr><td>13:00</td></tr>
<tr><td>13:30</td></tr>
<tr><td>14:00</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>14:30</td><td>CC Físicas</td><td>Fac. Medicina</td><td rowspan="11">Reservado[2]</td><td>CC Físicas</td><td rowspan="11"></td></tr>
<tr><td>15:00</td><td rowspan="3">Instrumentación Biomédica (04/09-27/10)</td><td rowspan="3">Elem. Anatomía y Fisiología[1]</td><td rowspan="3">Instrumentación Biomédica (04/09-27/10)</td></tr>
<tr><td>15:30</td></tr>
<tr><td>16:00</td></tr>
<tr><td>16:30</td><td rowspan="8">Reservado[2]</td><td rowspan="3"></td><td>Fac. Medicina</td></tr>
<tr><td>17:00</td><td rowspan="3">Elem. Anatomía y Fisiología[1]</td></tr>
<tr><td>17:30</td></tr>
<tr><td>18:00</td></tr>
<tr><td>18:30</td><td colspan="3" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>…..</td></tr>
<tr><td>…..</td></tr>
<tr><td>21:00</td></tr>
</table>

[1]Se imparte en el Aula José Acosta, situada en el Pabellón 4, Planta Baja de la Facultad de Medicina. A partir del 29/10/26 la clase de los jueves de “Instrumentación Biomédica” se suprime y “Elementos de Anatomía y Fisiología” empezará a las 15:15.
[2]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 (clases de teoría)

2º SEMESTRE					
	Lunes	M	X	Jueves	V
	CC Físicas (Aula 3.2)			**CC Físicas (Aula 3.2)**	
10:30	**Biofísica Celular y Molecular**			**Biofísica Celular y Molecular**	
11:00					
12:00					
	Fac. Medicina[1] (Sem. Fis. Médica)			**Fac. Medicina[1] (Sem. Fis. Médica)**	
12:30	**RMN y Ultrasonidos**			**RMN y Ultrasonidos**	
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	**Física del Radiodiagnóstico**	Reservado[2]		**Física del Radiodiagnóstico**	
15:30					
16:00					
16:30	**Física de la Radioterapia**			**Física de la Radioterapia**	
17:00					
17:30					
18:00					

[1]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.
[2]Durante este periodo se concentrará 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 2 de septiembre al 15 de diciembre de 2026
Exámenes Primer Semestre (diciembre-enero):	Del 16 al 18 de diciembre de 2026 y del 11 al 20 de enero de 2027
Entrega de Actas	8 de febrero de 2027
Clases Segundo Semestre:	Del 21 de enero al 18 de marzo de 2027 y del 30 de marzo al 7 de mayo de 2027
Exámenes Segundo Semestre (mayo):	del 10 de mayo al 28 de mayo de 2027
Entrega de Actas	9 de junio de 2027
Exámenes Convocatoria Extraordinaria (junio)	del 14 de junio al 25 de junio de 2027
Entrega de Actas	9 de julio de 2027, 20 de septiembre de 2027 para TFMs

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 (L)	Fiesta Nacional de España
2 de noviembre (L)	Festividad de todos los santos, (trasladada del 01/11).
9 de noviembre (L)	Festividad de la Almudena
13 de noviembre (V)	San Alberto Magno
7 de diciembre	Día de la Constitución, (trasladado del 06/12)
8 de diciembre (L)	Festividad de la Inmaculada Concepción
29 de enero (V)	Santo Tomás de Aquino.
Del 19 de diciembre al 7 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 19 de marzo al 29 de marzo	Vacaciones de Semana Santa

Calendario basado en el aprobado por Junta de Facultad el 24/03/26, que no incluye información del calendario laboral e incluye los festivos del 2027 (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.

Los días 9/12/26 y 10/12/26 y el 06/05/27 serán para recuperación de clases, según procedimiento a precisar.

	L	M	X	J	V	días
S1	11	14	15	15	14	69
S2	13	14	14	15	13	69

La versión más actualizada del calendario está siempre en la página de la facultad.

Calendario académico 2026-2027

(Aprobado en Junta de Facultad de 24/03/2026)

Septiembre 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Octubre 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Noviembre 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Diciembre 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
	1	2	3	4	5	6
7	8	R	R	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Enero 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Febrero 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Marzo 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Abril 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Mayo 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
					1	2
3	4	5	R	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Junio 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Julio 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Agosto 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Septiembre 2027

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

1 Acto bienvenida estudiantes grado

0 Festivos

Periodos examen

No lectivos (con posibilidad de actividad académica)

No lectivos a todos efectos.

[ ] Inicio/fin de periodos de clases.

Periodo clases 1er semestre: 2-sep al 15-dic inclusive

Periodo clases 2o semestre: 21-ene al 7-may inclusive

Entrega actas

Parciales GIM

Parciales GF

Defensa TFG

R Dias recuperación

	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	tot.	ex.
1Q	11	14	15	15	14	69	11
2Q	13	14	14	15	13	69	15
					Extraord.:		10

7. Anexo: enlaces de interés

A continuación, se muestran algunos enlaces que pueden ser de utilidad para los alumnos de la titulación. La mayoría de ellos se pueden consultar en la página web de la secretaría de Físicas https://fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes.

También puede consultarse la normativa general de la UCM en los enlaces https://www.ucm.es/normativauniversidadcomplutense, https://www.ucm.es/estudiar y https://www.ucm.es/master.

Normas de matrícula y permanencia

Normativa general de la UCM:
- Instrucciones de matrícula para estudios ofertados en la UCM: https://www.ucm.es/matricula-estudios-oficiales
- Anulación de matrícula https://www.ucm.es/anulacion-de-matricula-1
- Normas de permanencia https://www.ucm.es/permanencia-en-la-universidad

Normativa específica de la Facultad de Ciencias Físicas:
- Matrícula de Máster https://fisicas.ucm.es//matricula-master
- Modificación de matrícula https://fisicas.ucm.es/modificacion-de-matricula-master

Reconocimiento de créditos

Los estudiantes que soliciten reconocimiento de créditos de asignaturas superadas en otros estudios, están obligados a matricularlas marcando en la automatrícula el carácter de la asignatura como R (Reconocimiento), abonando así el 25% del importe de la matrícula.

https://www.ucm.es/solicitud-reconocimiento-creditos-master

Dicho reconocimiento puede obtenerse por:

- Asignaturas cursadas y superadas en otros estudios universitarios oficiales https://www.ucm.es/continuar-estudios-iniciados-en-el-extranjero
- Estudios universitarios no oficiales
- Experiencia profesional y laboral

Otros enlaces

- Unidad de Igualdad UCM: https://www.ucm.es/unidaddeigualdad/
- Defensoría Universitaria: https://www.ucm.es/defensoria-universitaria

Control de cambios

Versión	Fecha modificación	Cambio efectuado	Secciones afectadas	Páginas afectadas
V0.0	22/05/2026	Primer borrador de la guía.		
V0.1	21/06/26	Errata en la evaluación Actualización de la ficha Añadir anexo de enlace útiles	Ficha de Física del Radiodiagnóstico Ficha de Radiofísica	35 19 45
V1.0	01/07/2026	Aprobada por Junta de Facultad		