

## ESTRUCTURA NUCLEAR

### Datos de la Asignatura

Código	303075	Plan		ECTS	6
Carácter	Obligatoria	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:				
	URL de Acceso:				

### Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Luis M. Robledo Martín	Grupo / s	1
Departamento	Física Teórica		
Área	Física Nuclear		
Centro	Universidad Autónoma de Madrid		
Despacho	Módulo 15 - despacho 510		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://www.uam.es/ss/Satellite/FisicaTeorica/es/home.htm">http://www.uam.es/ss/Satellite/FisicaTeorica/es/home.htm</a>		
E-mail	luis.robledo@uam.es	Teléfono	91 497 39 36

Profesor Coordinador	Tomas Rodríguez Frutos	Grupo / s	1
Departamento	Física Teórica		
Área	Física Nuclear		
Centro	Universidad Autónoma de Madrid		
Despacho	Módulo 15 - office 503		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://www.uam.es/ss/Satellite/FisicaTeorica/es/home.htm">http://www.uam.es/ss/Satellite/FisicaTeorica/es/home.htm</a>		
E-mail	tomas.rodriguez@uam.es	Teléfono	91 497 7654

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

Profesor Coordinador	Pedro Sarriguren	Grupo / s	1
Departamento	Instituto de Estructura de Materiales		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Centro Superior de Investigaciones Científicas		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	sarriguren@iem.cfmac.csic.es	Teléfono	915 616 800

### Objetivos y competencias de la asignatura

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

### Temario de contenidos

#### 1. MODELOS COLECTIVOS.

Dinámica de la gota líquida. Vibraciones y rotaciones nucleares.

#### 2. MODELOS DE PARTÍCULA INDEPENDIENTE.

El modelo de capas esférico. El modelo de capas deformado (Nilsson). Correcciones de capas al modelo de la gota líquida (Strutinsky).

#### 3. EL MODELO UNIFICADO DE BOHR Y MOTTELSON ([RS] Cap. 3).

Energías de excitación y transiciones electromagnéticas en núcleos deformados.

#### 4. BASES MICROSCÓPICAS DE LOS MODELOS DE PARTÍCULA INDEPENDIENTE.

El método de Hartree-Fock. La interacción efectiva nucleón-nucleón en el medio nuclear. Correlaciones y rotura de simetrías.

#### 5. CORRELACIONES DE APAREAMIENTO([RS] Cap. 6).

La aproximación BCS: las ecuaciones del gap. El método de Hartree-Fock-Bogolyubov.

#### 6. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LAS VIBRACIONES NUCLEARES.([H] Cap. 6)

El método de Tamm-Damcoff. La aproximación de las fases aleatorias.

#### 7. MODELO DE CAPAS (Shell Model)

El modelo de capas con mezcla de configuraciones.

**8. RESTAURACIÓN DE LAS SIMETRÍAS Y CORRELACIONES MÁS ALLÁ DEL CAMPO MEDIO**

Restauración de las simetrías; métodos de proyección. El método de la coordenada generatriz.

**Metodologías docentes**

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		29	30	60	119
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos				30	30
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		1			1
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>150</b>

**Recursos**

**Libros de consulta para el alumno**

``The Nuclear Many Body Problem'', P. Ring y P. Schuck (Springer 1980).

``The Nuclear Shell Model'', K. Heyde (Springer-Verlag, 1994).

"From Nucleons to Nucleus", J. Suhonen (Springer 2007).

**Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.**

``Simple Models of Complex Nuclei'', I. Talmi (Harwood Academic Publishers, 1993).

"Shell Model applications in Nuclear Spectroscopy", P.J. Brussaard y P.W.M. Glaudemans (North Holland 1977).

**Sistemas de evaluación**

**Consideraciones Generales**

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

**Criterios de evaluación**

La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales

(Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.

**Instrumentos de evaluación**

La calificación final se realizará por los profesores de la y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc.). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.

**Recomendaciones para la recuperación.**

**REACCIONES NUCLEARES****Datos de la Asignatura**

Código	303076	Plan		ECTS	6
Carácter	Obligatoria	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:				
	URL de Acceso:				

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	Maria.Victoria Andrés Martín	Grupo / s	1
Departamento	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Universidad de Sevilla		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	m-v-andres@us.es	Teléfono	954559509

Profesor Coordinador	Joaquin Gómez Camacho	Grupo / s	1
Departamento	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Universidad de Sevilla		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	gomez@us.es	Teléfono	954550926

Profesor Coordinador	Antonio M. Moro Muñoz	Grupo / s	1
Departamento	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Universidad de Sevilla		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	moro@us.es	Teléfono	954559511

Profesor Coordinador	Daniel Galaviz Redondo	Grupo / s	1
Departamento	Departamento de Física		
Área			
Centro	Faculdade de Ciencias, Universidade de Lisboa		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	galaviz@fc.ul.pt	Teléfono	

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

### Objetivos y competencias de la asignatura

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

**Temario de contenidos**

## Contenidos resumidos

- Introducción a las reacciones nucleares
- Teoría clásica y semiclásica de la dispersión
- Teoría cuántica de la dispersión
- Procesos elásticos
- Procesos inelásticos
- Transferencia de nucleones
- Proceso de fusión
- Reacciones con núcleos exóticos
- Uso del “nuclear reaction video project” para el cálculo de secciones eficaces
- Análisis de datos experimentales de reacciones nucleares

**Programa****1.- Introducción a las reacciones nucleares**

Fenomenología de las reacciones nucleares. Tipos de reacciones nucleares. Leyes de conservación. Magnitudes experimentales. Secciones eficaces. Espectro de energías. Función de excitación. Características cualitativas de las reacciones nucleares.

Reacciones nucleares directas. Reacciones de núcleo compuesto.

**2.- Teoría clásica y semiclásica de la dispersión.**

Función de deflexión. Sección eficaz diferencial. Ejemplos.

**3.- Teoría cuántica de la dispersión.**

Ecuación de Schrodinger. Potenciales de corto alcance. Desarrollo en ondas parciales. Condiciones de contorno. Corrimiento de fase: Matriz S. Amplitud de dispersión. Secciones eficaces. Tratamiento del potencial coulombiano.

**4.- Fenomenología de la dispersión**

Potenciales nucleón-nucleon y núcleo-núcleo. Potencial nuclear fenomenológico. Potencial de convolución. Potencial imaginario. Potenciales de transición. Potenciales coulombianos. Potenciales deformados. Radio y momento angular en colisión rasante. Distribuciones Fresnel, Fraunhofer y otras. Matriz S. Fusión por debajo y por encima de la barrera. Sección eficaz de reacción.

**5.- Dispersión inelástica**

El método de canales acoplados (CC). Condiciones de contorno y amplitud de dispersión. Aproximación de Born de onda plana (PWBA). Aproximación DWBA. .

**6.- Reacciones de transferencia**

Método de canales acoplados de reacción (CRC). Aproximación DWBA. Factores espectroscópicos. Fenomenología: dependencia con la energía de colisión, energía de ligadura, momento angular.

**7.- Reacciones de núcleo compuesto**

Fusión. Penetración de barrera. Modelo estadístico del núcleo compuesto.

**8.- Reacciones con núcleos halo**

El método CDCC. Aproximación adiabática. Reacciones de transferencia con núcleos halo.

**9.- Prácticas: programa de cálculo de secciones eficaces**

Datos de entrada y su conexión con el formalismo. Obtención de secciones eficaces clásica y cuánticamente. Análisis de los resultados.

**10.- Uso del “nuclear reaction video project” para el cálculo de secciones eficaces**

### Metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		25	19	70	114
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática	15		15	30
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		1		5	6
TOTAL		41	19	90	150

### Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

##### Bibliografía básica

- [Sat] "Introduction to Nuclear Reactions", G.R.Satchler, Oxford University Press, 1990
- [Joa] "Quantum Collision Theory", C.J. Joachain, North Holland, 1983
- [F&L] "Theory of Nuclear Reactions", P. Frobrich y R. Lipperheide (Oxford Studies in Nuclear Physics), Oxford University Press, 1996
- [B&D] "Introduction to nuclear reactions", Carlos A. Bertulani and Pawel Danielewicz, Institute of Physics, cop. 2004
- [T&N] "Nuclear reactions for astrophysics : principles, calculation and applications of low-energy reactions", Ian J. Thompson and Filomena M. Nunes, Cambridge University Press, cop. 2009
- [B&W] "Heavy ion reactions : lecture notes", Ricardo A. Broglia and Aage Winther, Addison-Wesley, 1991
- [Sat2] "Direct Nuclear Reactions", G.R. Satchler.
- [Fes] "Nuclear Reaction Theory", H. Feschbach.
- [Bri] "Semiclassical Methods for Nucleus-Nucleus Scattering", D.M. Brink.
- [Bro] "Heavy Ion Reactions", R. Broglia and A. Winther.
- [Gle] "Direct nuclear reactions", Norman K. Glendenning, World Scientific Publishing Co., 2004

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

### Sistemas de evaluación

**Consideraciones Generales**

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

**Criterios de evaluación**

La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales (Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.

**Instrumentos de evaluación**

La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.

**Recomendaciones para la recuperación.**

**FÍSICA NUCLEAR EXPERIMENTAL****Datos de la Asignatura**

Código	303077	Plan		ECTS	6
Carácter	Obligatoria	Curso	1 <sup>a</sup>	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:				
	URL de Acceso:				

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	Maria José García Borge	Grupo / s	1
Departamento			
Área			
Centro	Instituto de Estructura de la Materia, C.S.I.C		
Despacho	02a		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	mj.borge@csic.es	Teléfono	915616800+943003

Profesor Coordinador	Olof Tengblad	Grupo / s	
Departamento			
Área			
Centro	Instituto de Estructura de la Materia, C.S.I.C		
Despacho	02b		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	olof.tengblad@csic.es	Teléfono	915616800+ 943002

Profesor Coordinador	Andrea Jungclaus	Grupo / s	
Departamento			
Área			
Centro	Instituto de Estructura de la Materia, C.S.I.C		
Despacho	215		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	andrea.jungclaus@csic.es	Teléfono	91 561 68 00+ 3215

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

### Objetivos y competencias de la asignatura

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

### Temario de contenidos

#### Programa teórico

Detectores de centelleo  
 Detectores de semiconductor  
 Electrónica y adquisición  
 Detección de neutrones  
 Espectroscopía gamma  
 Desintegración beta  
 Producción de núcleos exóticos  
 Medidas de semividas nucleares

#### Programa de prácticas

Practica 1: Espectroscopía Gamma con detectores de Ge  
 Práctica 2: Centelleadores: Espectroscopía gamma con Centelleadores de LaBr / LaCl  
 Practica 3: Espectroscopía alfa con detectores de Silicio segmentados  
 Practica 4: Simulación Montecarlo de detectores  
 Practica 5: Mass Separator simulator  
 Practica 6: Reacciones con haz de protones o alfa

### Metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	11	19	22	42
Prácticas	- En aula			
	- En el laboratorio	15	34	49
	- En aula de informática	15	34	49
	- De campo			
	- De visualización (visu)			
Seminarios				
Exposiciones y debates				
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes				
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>	<b>19</b>	<b>90</b>	<b>150</b>

### Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

- Radiation Detection and Measurement, G.F. Knoll, Wiley,  
<https://ia700807.us.archive.org/0/items/RadiationDetectionAndMeasurementGlennF.Knoll3rdEd1999/Radiation%20detection%20and%20measurement%20Glenn%20F.%20Knoll%203rd%20ed%201999.pdf>
- Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, W.R. Leo, Springer Verlag, <http://www.amazon.de/Techniques-Nuclear-Particle-Physics-Experiments/dp/0387572805>
- Introduction to Accelerators, P.J. Bryant, Granada Lectures CERN, <http://cas.web.cern.ch/cas/Granada-2012/Lectures/GranadaLectures/Bryant.pdf>
- Gamma- and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, K. Debertin and R.G.Helmer, [http://www.amazon.com/Gamma-X-Ray-Spectrometry-SemiconductorDetectors/dp/0444871071#reader\\_0444871071](http://www.amazon.com/Gamma-X-Ray-Spectrometry-SemiconductorDetectors/dp/0444871071#reader_0444871071)
- Introduction to Experimental Particle Physics, R. Fernow, Cambridge University Press, [http://www.amazon.com/Introduction-Experimental-Particle-Physics-Richard/dp/0521379407#reader\\_0521379407](http://www.amazon.com/Introduction-Experimental-Particle-Physics-Richard/dp/0521379407#reader_0521379407)
- Particle accelerators and their uses, W. Scharf, [http://www.amazon.ca/Particle-Accelerators-Their-Uses-Scharf/dp/3718605333#reader\\_3718605333](http://www.amazon.ca/Particle-Accelerators-Their-Uses-Scharf/dp/3718605333#reader_3718605333)
- Instrumentación Nuclear, A. Tanarro San, <http://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=206647>
- Nucleon and particle physics simulations: the consortium for upper-level physics software" Bigelow et al., John Wiley 1995. <http://www.amazon.com/Nuclear-Particle-Physics-Simulations-Upper-Level/dp/0471548839>

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

**Sistemas de evaluación****Consideraciones Generales**

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

**Criterios de evaluación**

La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales (Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.

**Instrumentos de evaluación**

La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.

**Recomendaciones para la recuperación.**

## FÍSICA DEL NÚCLEO

### Datos de la Asignatura

Código	303085	Plan		ECTS	6
Carácter	Optativa	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:	STUDIUM			
	URL de Acceso:				

### Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Francisco Fernández González	Grupo / s	1
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Físicas – Universidad de Salamanca		
Despacho	Casa del Parque 1		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web			
E-mail	fdz@usal.es	Teléfono	923294434

Profesor Coordinador	Begoña Quintana Arnés	Grupo / s	1
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Físicas – Universidad de Salamanca		
Despacho	Laboratorio de Radiaciones Ionizantes, Edificio I+D+i		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://www.usal.es/lri">www.usal.es/lri</a>		
E-mail	quintana@usal.es	Teléfono	923294930

**Objetivos y competencias de la asignatura**

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

**Temario de contenidos**

Introducción: Breve historia de la física nuclear. Constituyentes del núcleo atómico. Isospín. Fuerzas nucleares. Valle de la estabilidad. Unidades y constantes.

**Tema 1.- Estado fundamental del Núcleo I: Tamaño y forma de los núcleos**

Medida del tamaño del núcleo mediante dispersión de electrones. Secciones eficaces de Rutherford y de Mott. Factores de forma nucleares. Formas típicas de la densidad nuclear. Otros métodos: desplazamiento isotópico, átomos muónicos, excitación coulombiana, Momentos nucleares y formas del núcleo. (Preston, Wong)

**Tema 2.- Estado fundamental del Núcleo II: Masas nucleares**

Medida de masas nucleares: espectroscopía de masas, trampas de iones para medidas de masas en anillos acumuladores. Masas nucleares y energía de enlace. El modelo de la gota líquida: fórmula semiempírica de masas. Parábolas de masa y estabilidad nuclear. Los números mágicos. (Basdevant, Heyde, Segré)

**Tema 3.- Modelos nucleares**

Introducción al modelo de capas. Fenomenología del modelo de capas. Estructura colectiva. Fenomenología de los comportamientos colectivos. Modelo de Nilsson.

**Tema 4.- Estados excitados**

Determinación experimental de estados excitados: línea yrast. Tipología de espectros nucleares, excitaciones de monopartícula, de dos partículas, espectro vibracional, espectro rotacional. Desintegración de estados excitados: desintegración gamma y conversión interna. Anchuras parciales y relaciones de ramificación. Estados excitados producidos por desintegración beta. Desintegración alfa. Medida de vidas medias. (Cottingham, Heyde, Wong)

**Tema 5.- Procesos electrodébiles en núcleos**

Desintegraciones gamma: Balance energético. Probabilidades de transición y reglas de selección. Estimaciones Weisskopf para partículas independientes. Conversión interna y coeficiente de conversión. Distribuciones angulares. Desintegraciones beta: espectros beta. Teoría de Fermi. Gráficas de Kurie. Transiciones de Fermi y Gamov-Teller. Reglas de selección: transiciones superpermitidas y transiciones prohibidas. Log ft. CVC y medida de elementos de la matriz CKM. Desintegración beta doble y la masa de los neutrinos. (Heyde, Wong, Basdevant)

**Tema 6.- Reacciones nucleares**

Sección eficaz. Resonancias. Fórmula de Breit-Wigner. Mecanismos de reacción. Núcleo compuesto. Modelo Óptico. Reacciones de interacción directa. Excitación Coulombiana. Reacciones de iones pesados. (Heyde, Preston, Wong)

El curso se completará con seminarios sobre diseños de experimentos, instalaciones e introducción a la espectrometría gamma y beta, los cuales se concretarán durante el desarrollo del curso.

### Metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	40		60	100
Prácticas	- En aula			
	- En el laboratorio	15	25	40
	- En aula de informática			
	- De campo			
	- De visualización (visu)			
Seminarios	4			4
Exposiciones y debates				
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	1		5	6
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>		<b>90</b>	<b>150</b>

### Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

El curso es lo suficientemente general para que los temas que cubren se encuentren en un gran número de textos. Al final de cada capítulo se incluyen algunos de ellos como referencias

1. "Fundamentals in Nuclear Physics", J. L Basdevant, J. Rich, M. Spiro. Springer 2004
2. "An Introduction to Nuclear Physics", W. E. Cottingham D. A. Greenwood, Cambridge 2001
3. "Basic Ideas and Concepts in Nuclear physics", K. Heyde, IOP Publishing Ltd., 1999
4. "Physics of the Nucleus", M. A. Preston, Addison-Wesley 1965
5. "Nuclei and Particles", E. Segre, Benjamin 1977
6. "Nuclear Physics", S.S. M. Wong, Wiley 1998

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

### Sistemas de evaluación

#### Consideraciones Generales

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

<b>Criterios de evaluación</b>
La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales (Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.
<b>Instrumentos de evaluación</b>
La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.
<b>Recomendaciones para la recuperación.</b>

**FÍSICA NUCLEAR APLICADA I****Datos de la Asignatura**

Código	303080	Plan		ECTS	6
Carácter	Optativa	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:				
	URL de Acceso:				

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	Manuel García León	Grupo / s	1
Departamento	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Universidad de Sevilla		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	manugar@us.es	Teléfono	95.455.09.27

Profesor Coordinador	Miguel Ángel Respaldiza Galisteo	Grupo / s	1
Departamento	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Universidad de Sevilla		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	respaldiza@us.es	Teléfono	95.446.05.53

Profesor Coordinador	Aurelio Climent Font	Grupo / s	1
----------------------	----------------------	-----------	---

Departamento	Física Aplicada		
Área			
Centro	Universidad Autónoma de Madrid		
Despacho	C-12-504		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	acf@uam.es	Teléfono	91 497.3633 / 5264

Profesor Coordinador	Javier García López	Grupo / s	1
Departamento	Construcciones Arquitectónicas I		
Área	Construcciones Arquitectónicas		
Centro	Universidad de Sevilla		
Despacho	C-12-504		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	javigalo@us.es	Teléfono	954559517

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

### Objetivos y competencias de la asignatura

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

### Temario de contenidos

#### Programa Teórico

1. Utilización de aceleradores de partículas para la investigación multidisciplinar.
2. Fluorescencia de rayos X y sus aplicaciones.
3. Análisis de materiales mediante reacciones nucleares.
4. Retrodispersión Rutherford y sus aplicaciones.
5. ERDA y sus aplicaciones.
6. Canalización iónica.
7. Emisión de rayos X inducida por protones y sus aplicaciones.
8. Programas de cálculo para técnicas de análisis basadas en haces de iones.
9. Fechado mediante isótopos radiactivos.
10. Espectrometría de masas con aceleradores.

#### Prácticas de Laboratorio

1. Análisis mediante XRF de muestras de interés para el Patrimonio Cultural.
2. Análisis mediante técnicas IBA de muestra de interés tecnológico o medioambiental.

#### Visitas a instalaciones

1. Centro Nacional de Aceleradores (CNA).
2. Centro de Investigación, Tecnología e Innovación de la Universidad de Sevilla (CITIUS) .

### Metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		20	13	30	63
Prácticas	- En aula	10		30	40
	- En el laboratorio	15		20	35
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		2		10	12
<b>TOTAL</b>		<b>47</b>	<b>13</b>	<b>90</b>	<b>150</b>

### Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

- [Car] ``Física de Reactores Nucleares'', R. Caro  
 [Eji] ``Gamma-ray and Electron Spectroscopy in Nuclear Physics'', H. Ejiri  
 [Chu] ``Basckscattering Spectrometry'' W.K. Chu, J.W. Mayer y M.A. Nicolet  
 [Fow] ``Nuclear Particles in Cancer Treatment'', J.F. Fowler

<p>[Gar] "Radioactividad del Medio Ambiente", L. Garzón Ruipérez                  [Gey] "Absolute Age Determination: Physical and Chemical Dating Methods and Applications", Geyh y Schleider                  [Gla] "Ingeniería de Reactores Nucleares", Glasstone y Sesonske                  [GLE] "The 210Pb Cycle: Dating and Tracing Applications", en Low-level Measurements and their Applications to Environmental Radioactivity, M. García-León y G. Madurga, eds.                  [Gov] "Radiocarbon Dating with Accelerators", Gove                  [Jen] "X-ray Fluorescence Spectroscopy", Jenkins                  [Joh] "PIXE: a Novel Technique for Elemental Analysis", Johansson y Campbell                  [Kut] "Accelerator Mass Spectrometry in Nuclear Physics and Astrophysics", Kutschera and Paul (Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 40 (1990) 411-438)                  [Leo] "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments", W.R. Leo.                  [Poe] "Experimental Techniques in Nuclear Physics", D.N. Poenaru y W. Greiner                  [Whi] "Radioecology: Nuclear Energy and the environment I y II", Whicher and Schultz</p>
<p>Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.</p>

### Sistemas de evaluación

<p><b>Consideraciones Generales</b></p> <p>La asistencia a la fase presencial es obligatoria.</p>
<p><b>Criterios de evaluación</b></p> <p>La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales (Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.</p>
<p><b>Instrumentos de evaluación</b></p> <p>La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.</p>
<p><b>Recomendaciones para la recuperación.</b></p>

**FÍSICA NUCLEAR APLICADA II****Datos de la Asignatura**

Código	303081	Plan		ECTS	6
Carácter	Optativa	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:				
	URL de Acceso:				

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	José Manuel Udías Moinelo	Grupo / s	1
Departamento	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Área	Grupo Física Nuclear		
Centro	Universidad Complutense de Madrid		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	jose@nuc2.fis.ucm.es	Teléfono	91 394 4484

Profesor Coordinador	Daniel Cano Ott	Grupo / s	1
Departamento			
Área	Grupo de Innovación Nuclear		
Centro	CIEMAT, Madrid		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	daniel.cano@ciemat.es	Teléfono	91 3466116

Profesor Coordinador	Juan Blázquez Martínez	Grupo / s	1
----------------------	------------------------	-----------	---

Departamento			
Área	Grupo de Innovación Nuclear		
Centro	CIEMAT, Madrid		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	juan.blazquez@ciemat.es	Teléfono	91 3466116

Profesor Coordinador	Enrique Miguel González Romero	Grupo / s	1
Departamento			
Área	Grupo de Innovación Nuclear		
Centro	CIEMAT		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	enrique.gonzalez@ciemat.es	Teléfono	91 3466116

Profesor Coordinador	Alvaro Cappa Ascasíbar	Grupo / s	1
Departamento			
Área	Laboratorio Nacional de Fusión		
Centro	CIEMAT		
Despacho			
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	alvaro.cappa@ciemat.es	Teléfono	913466646

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

### Objetivos y competencias de la asignatura

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

## Temario de contenidos

### Programa Teórico

#### Parte I: Tecnología nuclear y energía

##### 1) Las reacciones nucleares como fuente de energía

Fusión termonuclear

Fisión nuclear

##### 2) Energía Nuclear

Perspectivas sobre la energía nuclear de fusión: fusión por confinamiento magnético y fusión inercial.

Energía nuclear de fisión

Tipos de centrales nucleares en operación

Ciclo de combustible nuclear

Residuos radiactivos

##### 3) Neutrónica y cinética de reactores

Neutrónica y cinética de reactores

Procesos físicos en un reactor nuclear de fisión: fisión, absorción y moderación

Ecuación de transporte

Ecuación de difusión

Cinética de reactores

Control de reactores

##### 4) Actividades de I+D en energía nuclear de fisión

Separación y transmutación

Reactores de Generación IV

¿Algo aquí de reactores miniatura?

Sistemas subcríticos asistidos por acelerador

Datos nucleares: experimentos tipo e instalaciones

#### Parte II. Aplicaciones en Medicina

##### 5) Física de la radiación

Principios de radiobiología

Efectos biológicos de la radiación

##### 6) Protección Radiológica

Instrumentación para radioterapia

Aceleradores lineales

Ciclotrones

Sincro-ciclotrones

##### 7) Principios de radioterapia

Braquiterapia

Teleterapia

##### 8) Imagen médica

Rayos X. MRI

Imagen nuclear

Radiofármacos

Imagen planar

Imagen funcional e imagen molecular.

9) Tomografía computerizada  
Equipamiento para CT, PET y SPECT  
Técnicas de reconstrucción de imagen  
Tomografía con trazadores radioactivos.

**Parte III. Prácticas**

- i) Determinación de la masa crítica para diferentes tipos de materiales y configuraciones geométricas mediante métodos MC
- ii) Simulación MC de un detector para PET o SPECT
- iii) Introducción a los programas de cálculo de dosis en radioterapia
- iv) Reconstrucción de imagen tomográfica

**Metodologías docentes**

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		25	14	45	84
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática	20		40	60
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		1		5	6
<b>TOTAL</b>		<b>46</b>	<b>14</b>	<b>90</b>	<b>150</b>

**Recursos****Libros de consulta para el alumno**

Ingeniería de Reactores Nucleares. Samuel Glasstone y Alexander Sesonske. Ed. Reverté, 1968.

Nuclear Reactor Physics. Weston M. Stacey. 2007 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.  
ISBN 978-3-527-40679-1

Radiation detection and measurement. Glenn F. Knoll. John Wiley & Sons LTD (2ª),  
ISBN 978-0-471-07338-3

World Energy Outlook 2008, International Energy Agency, ISBN 978-92-64-04560-6.

The elements of neutron interaction theory. Anthony Foderaro. MIT Press Classic.  
ISBN 0-262-56160-3

Farr's Physics for Medical Imaging. Penelope J. Allisy-Roberts, Jerry Williams, Saunders Ltd.;  
2 edition (25 Oct 2007), ISBN-10: 0702028444, ISBN-13: 978-0702028441

Walter & Miller's textbook of radiotherapy. C. K. Bomford, I. H. Kunkler, Churchill Livingstone eds., 6 edition (1 Oct 2002), ISBN-10: 0443062013, ISBN-13: 978-0443062018.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

## Sistemas de evaluación

### Consideraciones Generales

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

### Criterios de evaluación

La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales (Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.

### Instrumentos de evaluación

La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.

### Recomendaciones para la recuperación.

**ASTROFÍSICA NUCLEAR****Datos de la Asignatura**

Código	303083	Plan		ECTS	6
Carácter	Optativa	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:				
	URL de Acceso:				

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	Angels Ramos	Grupo / s	1
Departamento	Departamento de Estructura y Constituyentes de la Materia		
Área	Grupo de Física Nuclear Teórica		
Centro	Universidad de Barcelona		
Despacho	6.04		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	ramos@ecm.ub.edu	Teléfono	93 4039192

Profesor Coordinador	Xavier Viñas	Grupo / s	
Departamento	Departamento de Estructura y Constituyentes de la Materia		
Área	Grupo de Física Nuclear Teórica		
Centro	Universidad de Barcelona		
Despacho	521		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	xavier@ecm.ub.edu	Teléfono	93 4021179

Profesor Coordinador	Mario Centelles	Grupo / s	
Departamento	Departamento de Estructura y Constituyentes de la Materia		
Área	Grupo de Física Nuclear Teórica		
Centro	Universidad de Barcelona		
Despacho	522		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	mario(a)eecm.ub.edu	Teléfono	93 4039397

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

### Objetivos y competencias de la asignatura

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

### Temario de contenidos

- A.1. Breve historia del Universo. Ciclo vital de las estrellas. Equilibrio hidrostático.
- A.2. Formación de estrellas. El Sol: densidad, presión y temperatura. Diagrama de Hertzsprung-Russell.
- A.3. Nucleosíntesis primordial.
- A.4. Nucleosíntesis estelar.
- A.5. Nucleosíntesis explosiva supernova.
- B.1. Ecuación de estado de un gas ideal: electrones y fotones.
- B.2. Ecuación de estado de la materia nuclear simétrica, asimétrica y neutrónica.
- B.3. Modelos fenomenológicos de la materia nuclear (I): interacciones de Skyrme.
- B.4. Modelos fenomenológicos de la materia nuclear (II): interacciones relativistas.
- B.5. Ecuación de estado de la materia beta-estable.
- C.1. Enanas blancas. Masa y tamaño.
- C.2. Estrellas de neutrones (I): masa y tamaño.
- C.3. Estrellas de neutrones (II): composición.
- C.4. Aplicaciones numéricas (I): ecuación de estado.
- C.5. Aplicaciones numéricas (II): estrellas de neutrones.

### Metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		30	20	60	110
Prácticas	- En aula	9		20	29
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		1		10	11
<b>TOTAL</b>		<b>40</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>150</b>

### Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

1. "The Physics of Stars", A. C. Phillips, John Wiley & Sons, 2004.
2. "Particle Astrophysics", D. H. Perkins, Oxford University Press, 2003.
3. "Fundamentals in Nuclear Physics: from Nuclear Structure to Cosmology", J. L. Basdevant, J. Rich, M. Spiro, Springer, 2004.
4. "Introductory Nuclear Physics", P. E. Hodgson, E. Gadioli, E. Gadioli Erba, Oxford University Press, 2003.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

### Sistemas de evaluación

#### Consideraciones Generales

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

#### Criterios de evaluación

La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales (Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.

#### Instrumentos de evaluación

La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.

**Recomendaciones para la recuperación.**

**MECÁNICA CUÁNTICA AVANZADA****Datos de la Asignatura**

Código		Plan		ECTS	6
Carácter	Optativa	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:	STUDIUM			
	URL de Acceso:				

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	Francisco Fernández González	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Físicas		
Despacho	Casa del Parque 1		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	fdz@usal.es	Teléfono	923 29 44 34

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

**Objetivos y competencias de la asignatura**

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

### Temario de contenidos

El programa de la asignatura es el siguiente

1. Transformaciones espacio-temporales: el grupo de Poincare
2. Ecuaciones relativistas
3. Colisiones relativistas: Reglas de Feynman.

La primera es una parte introductoria. En la segunda se estudian la ecuación de Klein Gordon y la ecuación de Dirac y sus aplicaciones a determinados sistemas. En tercera parte se plantea el formalismo covariante de la teoría de scattering y se estudian algunos procesos electromagnéticos fuertes y débiles de interés en Física Nuclear.

### Metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		40	20	90	150
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes					
<b>TOTAL</b>		<b>40</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>150</b>

### Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

"Advanced Quantum Theory", M. D. Scadron, Ed. Springer Verlag.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

### Sistemas de evaluación

#### Consideraciones Generales

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

#### Criterios de evaluación

La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales

(Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.

**Instrumentos de evaluación**

La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.

**Recomendaciones para la recuperación.**

**FÍSICA HADRÓNICA****Datos de la Asignatura**

Código	303082	Plan		ECTS	6
Carácter	Optativa	Curso	1º	Periodicidad	
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:				
	URL de Acceso:				

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	Volodymyr Magas	Grupo / s	1
Departamento	Departamento de Estructura y Constituyentes de la Materia		
Área	Grupo de Física Nuclear Teórica		
Centro	Universidad de Barcelona		
Despacho	6.27		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	vladimir@ecm.ub.edu	Teléfono	93 4039178

Profesor Coordinador	Assumpta Parreño	Grupo / s	
Departamento	Departamento de Estructura y Constituyentes de la Materia		
Área	Grupo de Física Nuclear Teórica		
Centro	Universidad de Barcelona		
Despacho	6.15		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	assum(a)ecm.ub.edu	Teléfono	93 4039195

Profesor Coordinador	Laura Tolos	Grupo / s	
Departamento			
Área			
Centro	Instituto de Ciencias del Espacio		
Despacho	D3/14		
Horario de tutorías	A concertar por correo electrónico		
URL Web	<a href="http://master.us.es/fisicanuclear/">http://master.us.es/fisicanuclear/</a>		
E-mail	tolos@ice.csic.es	Teléfono	935814365

Repetir análogamente para otros profesores implicados en la docencia

### Objetivos y competencias de la asignatura

Indíquense los resultados de aprendizaje que el estudiante alcanzará y las competencias de entre las previstas en el plan de estudios que el estudiante adquiere superando esta asignatura.

### Temario de contenidos

1. Leptones y quarks. Hadrones: bariones y mesones. Interacciones elementales. Introducción a las teorías de gauge: simetrías y leyes de conservación.
2. Ecuaciones de Klein-Gordon y Dirac.
3. Colisiones relativistas y diagramas de Feynman.
4. Ejemplos (cálculo de amplitudes de colisión y secciones eficaces).
5. Espectroscopía hadrónica. Modelo de quark. Status actual. Instalaciones.
6. Dispersión inelástica de electrones. Partones. Quark-gluon plasma.
7. Fenomenología de la interacción NN. Modelo de intercambio de mesones.
8. Introducción a las teorías efectivas. Lagrangianos quirales.
9. Interacción mesón-mesón y mesón-barión.
10. Interacción barión-barión.
11. Ecuación de Bethe Goldstone: interacción en el medio nuclear.
12. Hadrones en materia nuclear.
13. Hipernúcleos.
14. Física de kaones.
15. Física del charm.

### Metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	28	30	80	138
Prácticas	- En aula			
	- En el laboratorio			
	- En aula de informática			
	- De campo			
	- De visualización (visu)			
Seminarios				
Exposiciones y debates				
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	2		10	12
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>150</b>

### Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

Física hadrónica: Bibliografía básica

1. "Quantum Field Theory", F. Mandl y G. Shaw, Wiley and Sons Ltd, 1984.
2. "Models of the nucleon: from quarks to solitons", R.K. Bhaduri, Addison-Wesley, 1988.
3. "Quarks and Leptons: an introductory course in modern particle physics", F. Halzen and A.D. Martin, Wiley and Sons Ltd., 1984.
4. "Pions and Nuclei", T.E.O. Ericson, W. Weise. Oxford-Clarendon Press, 1988.
5. "Electroweak and Strong Interactions", F. Scheck, Springer-Verlag, 3rd edition.
6. "Theoretical Nuclear and Subnuclear Physics", J.D. Walecka. Oxford University Press, 1995.
7. "Gauge theories in Particle Physic", I.J.R.Aitchison and A.J.G.Hey
8. "Introduction to the Quark Model of Elementary Particle", D. Flamm and F. Schöberl. Gordon and Breach, Science Publishers Inc. 1982.
9. "Quantum Theory of Many Particle Systems", A.L. Fetter y J.D. Walecka, Dover, 2003.
10. "A Guide to Feynman Diagrams in the Many Body Problem", R.D. Mattuck (Dover, New York, 1992), Second Edition.
11. "The Meson theory of nuclear forces and nuclear structure", R. Machleidt, Adv. Nucl. Phys. 19 (1989) 189-376.
12. "Production, structure and decay of hypernuclei", H. Bando, T. Motoba, J. Zofka, Int. J. Mod. Phys. A5 (1990) 4021-4198.
13. "In-medium nuclear interactions of low-energy hadrons", E. Friedman, A. Gal, Phys. Rept. 452 (2007) 89-153.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

**Sistemas de evaluación****Consideraciones Generales**

La asistencia a la fase presencial es obligatoria.

**Criterios de evaluación**

La evaluación se realizará teniendo en cuenta el trabajo realizado en las fases no presenciales (Previa y Final), participación en las fases presenciales del curso (Teórica y Práctica) y la realización de los ejercicios propuestos. El tutor de cada alumno emitirá un informe en el que evaluará la actitud del alumno en las fases no presenciales.

**Instrumentos de evaluación**

La calificación final se realizará por los profesores de la asignatura y contemplará fundamentalmente el aprovechamiento del alumno basándose en la participación en las clases presenciales y, fundamentalmente, en las pruebas que se le realicen a lo largo del curso (exámenes, entrega de problemas/trabajos/memorias/etc). Al final del curso se requerirá un informe de cada tutor que podrá ser tenido en cuenta para la calificación final del alumno.

**Recomendaciones para la recuperación.**