

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Se debe indicar de forma fiel cómo va a ser desarrollada la docencia. Esta guía debe ser elaborada teniendo en cuenta a todos los profesores de la asignatura. Conocidos los espacios y profesorado disponible, se debe buscar la máxima presencialidad posible del estudiante siempre respetando las capacidades de los espacios asignados por el centro y justificando cualquier adaptación que se realice respecto a la memoria de verificación. Si la docencia de alguna asignatura fuese en parte online, deben respetarse los horarios tanto de clase como de tutorías). La planificación académica podrá sufrir modificaciones de acuerdo con la actualización de las condiciones sanitarias.

<b>Asignatura</b>	<b>Modelos integrables clásicos y cuánticos</b>		
<b>Materia</b>	Física		
<b>Módulo</b>	Física Matemática		
<b>Titulación</b>	Máster en Física – Mención Física Matemática		
<b>Plan</b>	617	<b>Código</b>	54433
<b>Periodo de impartición</b>	Primer Cuatrimestre	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA
<b>Nivel/Ciclo</b>		<b>Curso</b>	1
<b>Créditos ECTS</b>	3 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	Español – Inglés		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	M.A. del Olmo (Uva), A. Ballesteros (UBu), A. Blasco (UBu)		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	<a href="mailto:marianoantonio.olmo@uva.es">marianoantonio.olmo@uva.es</a> , <a href="mailto:angelb@ubu.es">angelb@ubu.es</a> , <a href="mailto:ablasco@ubu.es">ablasco@ubu.es</a>		
<b>Departamento</b>	Física Teórica, Atómica y Óptica		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

Esta asignatura se encuadra en el módulo de **Física Matemática** que forma parte del **Máster en Física de la UVa**. Dicho máster es un programa habilitante para iniciar el doctorado.

Los contenidos de esta asignatura proporcionarán al alumno conocimientos prácticos sobre los Sistemas Integrables y Superintegrables y sus aplicaciones en Física. En general, los sistemas integrables y superintegrables son de gran interés en muchos campos de Física Teórica. Aunque el alumno conoce ejemplos de estos tipos de sistemas tales como el oscilador armónico y el problema de Kepler, no ha profundizado ni ha estudiado los desarrollos modernos en esta materia a lo largo del grado, por lo que esta asignatura es muy conveniente en un Máster de Física Matemática

### 1.2 Relación con otras materias

Si nos ceñimos a las otras materias de este módulo, hay una relación muy estrecha con prácticamente todas las asignaturas especialmente con: Ecuaciones diferenciales avanzadas en Física, Grupos y álgebras de Lie en Física, Sistemas dinámicos y caos, Geometría del espacio-tiempo, etc.

### 1.3 Prerrequisitos

Conocimientos de carácter matemático de nivel de graduado en Física.

Conocimientos de nivel de grado en Física de Mecánica Clásica, Mecánica Cuántica y Teoría de Campos.

## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- G1. Capacidad de aplicación de conocimientos adquiridos.
- G2. Capacidad crítica, de análisis y síntesis.
- G3. Capacidad de Comunicación.
- G4. Capacidad de aprendizaje autónomo.
- C5. Capacidad para establecer algoritmos para abordar problemas con soluciones múltiples.
- C6. Capacidad para optimizar recursos.
- C7. Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
- C8. Conocimiento de los fundamentos físicos avanzados en los diferentes estados de la materia.
- C9. Conocimiento de los enfoques de interpretación de resultados físicos de sistemas complejos.
- C10. Conocimiento de las bases teóricas de estudio de la física.
- C11. Conocimiento de los sistemas físicos en la frontera del conocimiento.

### 2.2 Específicas

- Conocer el concepto de sistema integrable y superintegrable tanto a nivel clásico como cuántico.
- Comprender la conexión entre integrabilidad y simetría.
- Entender el papel de los grupos de Lie y grupos cuánticos en los problemas de integrabilidad.
- Conocer en profundidad algunos sistemas integrables paradigmáticos.
- Saber aplicar las técnicas de integrabilidad en diversos problemas de interés físico.

## 3. Objetivos

- Entender el concepto de sistema integrable y superintegrable.
- Comprender la relación entre simetría e integrabilidad y superintegrabilidad.
- Entender los diferentes aspectos que conlleva la teoría y su relación con las ecuaciones diferenciales, la teoría de grupos y la mecánica clásica y cuántica.
- Conocer los ejemplos más interesantes de estos sistemas en Física.

#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: Contenidos teóricos

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1,75

###### a. Contextualización y justificación

En este bloque se presentan los conceptos teóricos y técnicas necesarios para el desarrollo del curso del curso

###### b. Objetivos de aprendizaje

Entender el concepto de sistema integrable y superintegrable.

Comprender la relación entre simetría e integrabilidad y superintegrabilidad.

Entender los diferentes aspectos que conlleva la teoría y su relación con las ecuaciones diferenciales, la teoría de grupos y la mecánica clásica y cuántica.

###### c. Contenidos

Definición de sistema integrable y superintegrable.

Métodos algebraicos en integrabilidad clásica.

Teoría de campos integrables.

La ecuación de Korteweg - de Vries

El método del scattering inverso para la ecuación KdV

Concepto de álgebra de Hopf y de grupo cuántico.

##### Bloque 2: Aplicaciones a sistemas integrables y superintegrables de interés en Física

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1,25

###### a. Contextualización y justificación

En este bloque se presentan diversos ejemplos de este tipo de sistemas con aplicaciones en diversas áreas de la física.

###### b. Objetivos de aprendizaje

Conocer los ejemplos más interesantes de estos sistemas en diferentes áreas de la Física.

###### c. Contenidos

El oscilador armónico N-dimensional y el problema de Kepler-Coulomb.

Modelos en Óptica Cuántica y Materia Condensada: modelo de Dicke, cadenas de espines integrables.

Sistemas integrables sobre espacios curvos.

Integrabilidad de sistemas de tipo Lotka-Volterra.



---

#### d. Métodos docentes

---

Clase magistral,  
Resolución de problemas propuestos

#### e. Plan de trabajo

---

El primer bloque se desarrollará en 14 horas y el segundo en 10 horas

#### f. Evaluación

---

La evaluación se llevará a cabo con los ejercicios realizados en casa y en el aula y con un examen teórico-práctico.

#### g Material docente

---

##### g.1 Bibliografía básica

---

- O. Babelon, D. Bernard and M. Talon, Introduction to Classical Integrable Systems, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2003.
- L.D. Faddeev and L.A. Takhtajan, Hamiltonian Methods in the Theory of Solitons, Springer, Berlin, 1987.
- S. Novikov, S.V. Manakov, P. Pitaevskii and V.E. Zakharov, Theory of solitons. The inverse scattering method, Consultants Bureau, New York, 1984.
- A. M. Perelomov, Integrable Systems of Classical Mechanics and Lie Algebras, Birkhäuser, 1990.
- J.V. José, E.J. Saletan, Classical Dynamics, A Contemporary Approach, Cambridge Univ. Press, 1998.
- A. Torrielli, Lectures on Classical Integrability, 2016, arXiv: 1606.02946v2.

##### g.2 Bibliografía complementaria

---

- V.I. Arnold, Mathematical Methods on Classical Mechanics, Springer, New York, 1989.
- D.J. Korteweg and G. de Vries, On the change of form of long waves advancing in a rectangular channel and on a new type of long stationary wave, *Philos. Mag.* **39** (1895) 422 – 443
- M. Dunajski, Integrable Systems, Cambridge Univ., Lecture Notes, 2012  
[<http://www.damtp.cam.ac.uk/user/md327/teaching.html>]
- Alain Goriely, Integrability and nonintegrability of dynamical systems, World Scientific (2001).
- Jaume Masoliver and Ana Ros, Integrability and chaos: the classical uncertainty, *Eur. J. Phys.* **32** 431 (2011).

---

### 5. Métodos docentes y principios metodológicos

---

Clases teóricas (el punto de vista será más práctico, por encima de los aspectos muy formalistas).  
Se propondrán problemas que los alumnos entregarán resueltos semanalmente.  
Se plantearán al estudiante diversos trabajos, que influirán en la calificación, y que en algunas ocasiones presentarán en clase oralmente.

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico/prácticas	24	Estudio y trabajo autónomo individual	51
Total presencial	<b>24</b>	Total no presencial	<b>51</b>
TOTAL presencial + no presencial			<b>75Trab</b>

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma sincrónica a la clase impartida por el profesor.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Ejercicios propuestos realizados en casa y en clase	60%	
Prueba específica de evaluación	40%	

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - Los propios del Título
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Los propios del Título

## 8. Consideraciones finales

En uso de la libertad de cátedra reconocida en la Constitución Española, ha de entenderse que, en función de los planteamientos académicos del profesor que imparta esta asignatura, alguno de los planteamientos generales aquí establecidos podrán variar por circunstancias sobrevenidas, lo cual, en su caso, se explicará a los alumnos matriculados y se hará constar en la información actualizada disponible en la Intranet de la Universidad de Valladolid.

