Guía docente de la asignatura

Asignatura	**Mecánica Teórica**		
Materia	Física		
Titulación	Grado en Física		
Plan	469	**Código**	45762
Periodo de impartición	Primer cuatrimestre	**Tipo/Carácter**	OB
Nivel/Ciclo	Grado	**Curso**	3º
Créditos ECTS	6		
Lengua en que se imparte	Español		
Profesores responsables	**Grupo A:** Luis Miguel Nieto Calzada **Grupo B:** Manuel Donaire del Yerro		
Datos de contacto (email, teléfono, …)	**L.M. Nieto**: Teléf. despacho: 983 42 37 54 Despacho: **B213** Email: luismiguel.nieto.calzada@uva.es Web pages: http://www.ftao.uva.es/lmnieto/ http://mathphys.uva.es/ **M. Donaire**: Teléf. despacho: 983 18 45 73 Despacho: **B214** Email: manuel.donaire@uva.es		
Horario de tutorías	Consultar los horarios específicos establecidos para cada grupo por el profesor correspondiente		
Departamento	Física Teórica, Atómica y Óptica		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

La Mecánica Teórica es una asignatura que presenta la descripción del movimiento de los sistemas físicos en las dos formulaciones lagrangiana y hamiltoniana. Dentro de ese contexto se estudiarán los puntos destacados de ambas formulaciones: acción y principio de acción estacionaria, teorema de Noether, principio de Hamilton, corchetes de Poisson, transformaciones canónicas, método de Hamilton-Jacobi y el estudio de los sistemas periódicos. También se fundamentará la Mecánica desde el punto de vista del Cálculo Variacional y de la moderna teoría de Sistemas dinámicos, y se describirá el enlace de las formulaciones estudiadas con la Relatividad y con la Mecánica Cuántica.

1.2 Relación con otras materias

La Mecánica Teórica tiene relación con la totalidad de las materias de la Física Moderna, ya que todas ellas derivan de la evolución histórica de las ideas originadas en la Mecánica Clásica.

1.3 Prerrequisitos

Métodos Matemáticos de la Física y Mecánica y Ondas que se cursan en el segundo año del grado.

2. Competencias

2.1 Generales

Se reproducen las competencias generales pertinentes del plan de estudios del grado y una nueva, T1, T2, T3, T4, T5, T7, T8, T9: Capacidad de análisis y de síntesis, de organización y planificación, de comunicación oral y escrita, de resolución de problemas, de trabajar en equipo, de trabajo y aprendizaje autónomo, y de adaptación a nuevas situaciones.

2.2 Específicas

E02: Ser capaz de presentar un tema académico o una investigación propia tanto a profesionales como a público en general.
E03: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos a través de estudios independientes.
E05: Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable.
E07: Ser capaz de desarrollar software propio y manejar herramientas informáticas convencionales.
E11: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
E13: Estar adecuadamente preparado para ejercitar una labor docente.
E17: Ser capaz de mantenerse informado de los nuevos desarrollos.
E19: Ser capaz de integrar los conocimientos recibidos de las diferentes áreas de la Física para la resolución de un problema.
E20: Ser capaz de conjeturar cual es el número real de ésta competencia específica. El alumno que lo consiga, deberá enviar de inmediato un e-mail al profesor y será debidamente reconocido por ello.
E29: Comprender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos comúnmente utilizados.

3. Objetivos

- Entender las ideas básicas de las formulaciones lagrangiana y hamiltoniana de la Mecánica
- Ser capaz de resolver problemas aplicando los formalismos lagrangiano y hamiltoniano.
- Entender cómo dichos formalismos se aplican en modelos físicos.
- Conocer las ideas básicas del cálculo variacional y relevancia en el formalismo lagrangiano.
- Entender la profunda relación existente entre simetría y leyes de conservación, descrita por el teorema de Noether.
- Conocer las ecuaciones de Hamilton y sus aplicaciones.
- Entender la libertad para efectuar transformaciones de coordenadas en sistemas mecánicos y conocer y aprovechar sus implicaciones para reducir un problema complejo a otro más simple.
- Entender qué es un sistema mecánico integrable y resolver los sistemas integrables más sencillos.
- Conocer la extensión de los formalismos lagrangiano y hamiltoniano a sistemas continuos y a campos.
- Conocer las conexiones que llevaron hasta la Mecánica Relativista y la Mecánica Cuántica.

4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teóricas	45	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula	15	Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Total presencial	**60**	**Total no presencial**	**90**

5. Bloques temáticos

Bloque 1: Mecánica lagrangiana

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.5

a. Contextualización y justificación

Las ecuaciones de Euler-Lagrange se pueden obtener de dos maneras alternativas, que se discutirán. Una es la tradicional o histórica, a través del análisis de ligaduras que da lugar a la ecuación de D´Alembert. Se evitan (por innecesarios y obscuros) conceptos no rigurosos, tales como los desplazamientos virtuales. La otra es la moderna, que toma como punto de partida el principio de acción estacionaria. Se comentarán ambas maneras, ya que solamente así se tiene una visión adecuada del asunto, y se desarrollará con detalle la formulación lagrangiana.

b. Objetivos de aprendizaje

Familiarizarse con las ecuaciones de Euler-Lagrange y saber aplicarlas a la resolución de problemas mecánicos y de otros que van más allá de los puramente mecánicos. Comprender el significado del teorema de Noether y saberlo aplicar. Comprender las repercusiones de la invariancia de las ecuaciones de Lagrange, del teorema de Noether y de la relación simetría-conservación.

c. Contenidos

Ecuaciones de Euler-Lagrange. El principio de acción estacionaria. Teorema de Noether. Potenciales centrales. Utilización y aplicación a modelos realistas de todo lo anterior. Potenciales dependientes de la velocidad.

Bloque 2: Mecánica hamiltoniana

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.5

a. Contextualización y justificación

Las ecuaciones de Euler-Lagrange son generalmente ecuaciones de segundo orden no lineales, una por cada grado de libertad. El formalismo hamiltoniano dobla el número de ecuaciones, pero ahora son todas de primer orden. La gran ventaja de este formalismo no radica tanto en esa reducción, sino en que permita desvelar una riquísima estructura, con el uso de conceptos como el espacio de fases, los corchetes de Poisson, la invariancia bajo transformaciones canónicas, que son mucho más amplias que las puntuales del formalismo lagrangiano. Diversos sistemas complejos pueden ser ahora más tratables mediante aproximaciones y métodos numéricos.
El formalismo hamiltoniano es el primer ejemplo histórico del uso de una herramienta actualmente fundamental, el espacio de fases, que está en la base de toda la moderna teoría de sistemas dinámicos no lineales y del caos, así como de la Mecánica Cuántica; estas conexiones se discutirán también.

b. Objetivos de aprendizaje

No es sencillo entender en profundidad la filosofía del nuevo método, que introduce nuevas variables independientes llamadas momentos canónicos conjugados. Este es un primer objetivo. La deducción de las ecuaciones canónicas de Hamilton a través del hamiltoniano es rutinaria, si bien no lo es muchas veces la construcción de dicho hamiltoniano. Aparte es necesario apreciar el significado y el uso de los corchetes de Poisson, de las transformaciones canónicas, e intuir la posible interpretación de la formulación hamiltoniana como una geometría (simpléctica) en el espacio de fases, tópico que ha centrado la investigación en Mecánica Teórica durante la segunda mitad del siglo XX.

c. Contenidos

Mecánica hamiltoniana, motivación y objetivos. Construcción de un hamiltoniano partiendo del conocimiento del lagrangiano. Hamiltoniano y energía: ejemplos de sistemas en los que no coinciden. Ecuaciones canónicas de Hamilton. Aplicaciones y modelos realistas. Corchetes de Poisson. Transformaciones canónicas. Variables acción-ángulo y ecuación de Hamilton-Jacobi.

Bloque 3: Otros tópicos complementarios: cálculo variacional, formulación lagrangiana y hamiltoniana de sistemas continuos, simetrías gauge

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1

a. Contextualización y justificación

Se presentarán varios tópicos complementarios. Es probable que en función del conocimiento previo de los estudiantes y del desarrollo temporal del programa no haya tiempo para cubrir todos, pero al menos se incluirán el cálculo variacional y la formulación lagrangiana y hamiltoniana de sistemas continuos. En particular, el cálculo variacional es una de las herramientas más usadas en las diversas ramas de la Física. Es absolutamente fundamental. Sin embargo, no aparece de manera explícita en los estudios de grado. Introducirla en un curso de Mecánica Teórica es de lo más oportuno. Tras una visión general, donde se introducen unas sencillas herramientas matemáticas, se estudian los métodos para obtener soluciones a ciertos problemas. El uso del funcional de la acción, que es una integral del lagrangiano, permite una deducción sencilla de las ecuaciones de Euler-Lagrange.
En cuanto a la extensión de la Formulación lagrangiana y hamiltoniana a los sistemas continuos, se describirá como un paso al límite partiendo de un sistema discreto. El resultado esencial es que formalismo lagrangiano y después hamiltoniano está perfectamente adaptado a la descripción de los sistemas mecánicos continuos, esto es, los campos, resultado que es el punto de partida del papel fundamental que tienen los lagrangianos en toda la teoría de campos, clásica y cuántica.

b. Objetivos de aprendizaje

Conocer los aspectos básicos de los tópicos escogidos. En particular, sobre el cálculo variacional los objetivos son entender la necesidad del cálculo variacional y conocer sus herramientas matemáticas: funcionales, etc, ecuaciones de Euler-Lagrange, Principio de Hamilton y aplicaciones a sistemas mecánicos, hasta llegar a las aplicaciones en la Teoría de Campos. Sobre la formulación lagrangiana y hamiltoniana a los sistemas continuos, el objetivo es entender cómo las ecuaciones de movimiento y/o de campo de los sistemas continuos provienen de un principio variacional descrito por una densidad lagrangiana, y en la formulación del espacio de fases, por una densidad hamiltoniana.

c. Contenidos

Cálculo variacional. Formulación lagrangiana y hamiltoniana de la teoría de campos clásicos. Simetrías gauge.

Aspectos comunes a los tres Bloques Temáticos

d. Métodos docentes

Clases magistrales teórico-prácticas de tipo presencial.

e. Plan de trabajo

Desarrollo por parte del profesor de los conceptos teóricos clave de cada capítulo del bloque.
Realización de algunos ejercicios o problemas relevantes por parte del profesor.
Propuesta de ejercicios para que sean resueltos por los alumnos y entregados, en su caso.

f. Evaluación

Ejercicios realizados en casa por los alumnos y entregados en las fechas establecidas.
Realización de un examen teórico/práctico al final de la asignatura.

g. Bibliografía básica

- J. Jose, E.J. Saletan, *Classical Dynamics. A contemporary approach*, Cambridge UP, 1998.
- H. Goldstein, *Mecánica Clásica*, Reverté, 2006.

6. Temporalización (por bloques temáticos)

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Formulación lagrangiana	2.5	Aproximadamente cinco semanas
Formulación hamiltoniana	2.5	Aproximadamente cinco semanas
Otros tópicos complementarios	1	Aproximadamente dos semanas

7. Tabla resumen del sistema de calificaciones

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Examen final	Entre 80% y 50%	Obligatorio.
Problemas propuestos para casa que deben ser entregados en plazo.	Entre 20% y 50%	Obligatorio.

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**

Para superar la asignatura será necesario obtener una calificación mínima de 5/10 como resultado de la suma ponderada de las calificaciones en las pruebas descritas en la Tabla de evaluación, debiendo ser en todo caso mayor o igual a 4/10 la nota en el examen final.

- **Convocatoria extraordinaria:**

En la convocatoria extraordinaria se tendrá en cuenta la calificación de la evaluación continua si su contribución a la nota final en la proporción que aparece reflejada en la Tabla de evaluación hace que dicha nota sea superior a la del examen final extraordinario. De cualquier forma, como en el caso de la convocatoria ordinaria, será necesaria para superar la asignatura una calificación mínima global de 5/10, siendo en todo caso mayor o igual a 4/10 la nota en el examen final extraordinario.

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.