

# Mecánica (Curso 95-96)

## Normas, Objetivos y Programa de la Asignatura

### 1 Clases

Se impartirán 5 horas de clase semanales: 3 de *teoría* y 2 de *prácticas*, conforme al horario y subdivisión en grupos siguiente:

Grupo	Clases de teoría			Clases de prácticas		
A	Miércoles	12:45	– 13:45	Martes	10:45	– 11:45
	Jueves, Viernes	8:30	– 9:30	Miércoles	11:45	– 12:45
B	Miércoles	11:45	– 12:45	Miércoles	10:45	– 11:45
	Viernes	9:30	– 11:45	Jueves	10:45	– 11:45
C	Miércoles	18:30	– 19:30	Lunes	18:30	– 19:30
	Viernes	15:30	– 17:30	Martes	18:30	– 19:30

Cada alumno deberá asistir al grupo que le ha sido asignado al matricularse. A su vez, algunos grupos se subdividirán en subgrupos. En el cuadro siguiente se indica esta subdivisión (mediante la primera letra del apellido), así como los profesores responsables y aulas asignadas a cada grupo:

Grupo	Alumnos	Profesor de teoría	Aula	Profesor de prácticas	Aula
A.1	(no traslado)	J.M. Goicolea	22	F. Mtez. Cutillas	22
A.2	(traslado)	J.M. Navas	32	A. Mtez. Reyes	32
B	(Todos)	J.M. Navas	24	A. Mtez. Reyes	24
C.1	A–L	F. Gabaldón	19	F. Gabaldón	19
C.2	R–Z	F. Gabaldón	19	R. Benito	28
C.3	M–Q	E. Laso	23	J.J. Arribas	23

Las clases denominadas *teóricas* serán en realidad de tipo *teórico-práctico*. En ellas se desarrollarán los conceptos y modelos teóricos de la mecánica. Asimismo se realizará en las clases de teoría al menos un ejercicio de aplicación y uno de los problemas propuestos en prácticas para cada capítulo del programa.

En las clases de *prácticas* se resolverán 20 prácticas de 5 problemas en cada una (con la excepción hecha arriba de los problemas que se resolverán en las clases de teoría). Se entregarán por anticipado los enunciados, que estarán disponibles en el servicio

de publicaciones, con objeto de que los alumnos los intenten resolver por su cuenta con anterioridad. Durante la clase el profesor explicará la solución correcta de los ejercicios y resolverá las dudas surgidas, dentro del tiempo disponible. Al final de cada cuatrimestre y antes del examen parcial correspondiente, se editará en el servicio de publicaciones un cuaderno con las soluciones de todas las prácticas, exceptuando los ejercicios múltiplos de 5.

Adicionalmente, en cada grupo los profesores propondrán un ejercicio de cada capítulo del temario para que, de forma voluntaria, los alumnos resuelvan por su cuenta y entreguen al profesor para su corrección. Estos ejercicios no supondrán necesariamente puntos adicionales, aunque permitirán a los alumnos preparar adecuadamente la asignatura y a los profesores realizar un mejor seguimiento de los alumnos en cada grupo.

El contenido de la asignatura se resume en el siguiente cuadro, clasificado por bloques temáticos. En cada bloque se especifican los números de temas o capítulos del programa de la asignatura, que se adjunta al final de este documento.

BLOQUE		Temas	Horas teoría	Horas prácticas	Horas totales
I	Axiomática y Principios	1,2	5	4	9
II	Oscilaciones con 1 g.d.l.	3	4	3	7
III	Cinemática	4	6	6	12
IV	Dinámica de Sistemas	5,6,8	17	9	26
V	Dinámica Analítica	7,13	8	7	15
VI	Dinámica Sólido Rígido	9,10,11	19	10	29
VII	Oscilaciones con $n$ g.d.l.	12	6	3	9
VIII	Estática	14,15	10	8	18
TOTAL			75	50	125

Durante el primer cuatrimestre, correspondiente al primer examen parcial, se impartirán los temas del 1 al 7. Los temas del 8 al 15 se impartirán durante el segundo cuatrimestre, formando parte del segundo examen parcial.

## 2 Bibliografía

Se recomienda que los alumnos tomen apuntes de las explicaciones impartidas en clase. Adicionalmente, como textos de la asignatura podrán emplear los siguientes:

- *MECÁNICA* (J.M. Goicolea). Servicio de publicaciones. Apuntes de teoría, ceñidos al programa del curso.

- *Mecánica teórica de los sistemas de sólidos rígidos* (J.A. Fernández Palacios, 1989). Además del contenido del programa contiene ejercicios y material adicional para ampliar el estudio.

Como textos complementarios de consulta se recomiendan los siguientes:

- *Problemas resueltos de mecánica (cursos 93-94 y 94-95)* (equipo de profesores de la cátedra). Servicio de publicaciones.
- *Curso de Mecánica Racional. I Cinemática y Estática; II Dinámica*. M. Prieto Alberca, ed. ADI (1992), Madrid.
- *Dinámica clásica de las partículas y sistemas* (J.B. Marion). Ed. Reverté, 1984.
- *Mecánica clásica, 2ª ed.* (H. Goldstein). Ed. Reverté, 1987.
- *Curso de Mecánica*. J.M. Bastero y J. Casellas, ed. U. de Navarra (1987).

### 3 Seminarios

Se ofrecerá la posibilidad de realizar, como actividad voluntaria y de forma complementaria a las clases de la asignatura, un seminario sobre *Mecánica Computacional*. El objeto de este seminario es facilitar, mediante aplicaciones prácticas en el ordenador, la comprensión de algunos conceptos de la asignatura, así como familiarizarse con las posibilidades que ofrecen los ordenadores en la práctica profesional y científica, dentro del ámbito de la mecánica. Para ello se facilitará el acceso a programas especializados y ordenadores disponibles en las aulas de informática del departamento y de la escuela.

El seminario constará de cuatro sesiones, de unas 2 h de duración cada una:

1. Introducción a los métodos numéricos para la mecánica.
2. Resolución de problemas de vibraciones con 1 grado de libertad (Programa “Phaser”).
3. Resolución de problemas de vibraciones con  $n$  grados de libertad (Programa “Mathcad”).
4. Resolución de problemas de dinámica de sólidos rígidos (Programa “Maple”).

Después de cada sesión, los alumnos deberán realizar por su cuenta y entregar un ejercicio práctico.

Para poder inscribirse en el seminario será necesario:

- tener todas las asignaturas de primer curso aprobadas;
- no haber realizado el seminario en cursos anteriores (alumnos repetidores);
- poseer los conocimientos básicos imprescindibles de ordenadores personales.

Se anunciará durante las primeras semanas del curso en el tablón de anuncios el plazo y procedimiento de inscripción al seminario.

Adicionalmente, para los alumnos inscritos en el seminario, se propondrá una lista de *proyectos* tutorados por la cátedra, a realizar de forma igualmente voluntaria. Estos proyectos consistirán en la realización de un trabajo más especializado, de iniciación a la investigación, en colaboración y dirigido por algún profesor o investigador de la cátedra. Se seleccionará un grupo reducido de alumnos para realizar estos proyectos, que implicarán una dedicación de unas 60 h, de manera orientativa.

La realización del seminario podrá proporcionar puntos complementarios (hasta 0.6 sobre 10), que se sumarán a las notas del curso, en las condiciones que se detallan más adelante (apartado 4.4). Los puntos obtenidos de esta manera se conservarán para cursos sucesivos, en caso de no aprobar la asignatura este curso.

## 4 Exámenes y Calificación

### 4.1 Cuestiones Generales

La asignatura podrá aprobarse bien por curso, mediante 2 exámenes parciales y un examen de tipo “test” previo al primer parcial, o bien en los exámenes finales de Junio (ordinario) y Septiembre o Febrero (extraordinarios). Se recomienda a los alumnos que intenten aprobar por curso siguiendo la asignatura mediante las clases, el estudio y la realización de ejercicios de forma regular, ya que de esta manera el aprendizaje es más eficaz y les resultará más sencillo aprobar. Los exámenes finales, dada la extensión del temario, resultan más difíciles, especialmente para el que no ha seguido de forma regular la asignatura durante el curso.

Los exámenes consistirán de un número variable de ejercicios (entre 4 y 6), de naturaleza teórico-práctica o práctica (problemas). Los ejercicios teórico-prácticos consistirán

en preguntas breves relacionadas con conceptos o métodos básicos y sus aplicaciones. No se tratará de una exposición teórica extensa ni de cuestiones que requieran un aprendizaje memorístico. En los exámenes parciales al menos uno de los ejercicios prácticos será similar, aunque no necesariamente idéntico, a uno de los realizados en prácticas durante el curso (esto no será necesariamente así en los finales). En los ejercicios prácticos se permitirá consultar los apuntes publicados de teoría o el libro de texto, lo que no será posible en los ejercicios teórico-prácticos por motivos obvios.

## 4.2 Parciales

Los exámenes parciales se realizarán en las fechas siguientes:

- Test: 2 de Febrero de 1996 (Viernes) a las 15:30 h.
- 1er parcial: 9 de Febrero de 1996 (Viernes) a las 16:00 h.
- 2º parcial: 10 de Junio de 1996 (Lunes) a las 9:00 h.

El “test” consistirá de 30 o más cuestiones teórico-prácticas de tipo elemental. *Sólo podrán acceder a los exámenes parciales los alumnos que hayan superado la puntuación mínima requerida en esta prueba.* El resultado del test servirá además para obtener puntuación complementaria, que se sumará a las notas obtenidas por curso o en el examen final (apartado 4.4).

Cada examen parcial puntuará sobre 50 puntos, consistiendo en un ejercicio teórico-práctico (sobre 10 puntos) y 3 ó 4 ejercicios prácticos (sobre 40 puntos, pudiendo haber un problema “doble” que puntúe sobre 20). El primer parcial cubrirá los temas del 1 al 7 del programa, y el segundo del 8 al 15.

Para presentarse al 2º parcial se requerirá haber obtenido una nota mínima de compensación de 15 puntos en el 1er. parcial.

La nota por curso se calculará dividiendo por 10 la puntuación conjunta de los dos parciales (sobre 100), y añadiendo los puntos complementarios del seminario y del test (ver apartado 4.4). El aprobado por curso se establece en 5.0 (sobre 10), debiendo asimismo haber obtenido el mínimo de compensación (15 puntos sobre 50) en cada uno de los dos parciales.

## 4.3 Finales

Los exámenes finales se realizarán en las fechas siguientes:

- 28 de Junio 1996 (Viernes) a las 9:00 h. (ordinario de Junio)
- 19 de Enero de 1996 (Viernes) a las 9:00 h. (extraordinario de Febrero)
- 16 de Septiembre de 1996 (Lunes) a las 9:00 h. (extraordinario de Septiembre)

Estos se puntuarán sobre un total de 60 puntos, consistiendo en 2 ejercicios teórico-prácticos (20 puntos) y 3 ó 4 ejercicios prácticos (40 puntos, pudiendo haber un problema “doble” que puntúe sobre 20). La nota del final se calculará dividiendo esta puntuación por 6 y añadiendo los puntos complementarios del seminario y del test (apartado 4.4), siendo necesario 5.0 puntos (sobre 10) para aprobar la asignatura.

En el examen final de Junio se permitirá una segunda oportunidad para aprobar por curso por compensación a los alumnos que hayan realizado los dos parciales y tengan un parcial aprobado (es decir, 25 puntos o más sin contar los puntos adicionales). En este caso realizarán un examen final especial de compensación, consistente en los mismos ejercicios del examen final ordinario salvo el ejercicio de teoría correspondiente al parcial pendiente. La puntuación total de este examen de compensación será entonces sobre 50 puntos, al igual que los parciales. Debe tenerse en cuenta que en este caso los problemas a realizar en el examen de compensación son los mismos del examen final, cubriendo por tanto toda la asignatura y no sólo el parcial pendiente. La nota que se obtenga en el examen de compensación se tendrá en cuenta de la misma manera que si fuera un parcial, sumándose con el otro parcial y los puntos complementarios y permitiendo compensar para el aprobado siempre que aquella sea al menos de 15 puntos.

## 4.4 Puntos Complementarios

Adicionalmente a la calificación de los exámenes, el seminario y el test podrán suponer puntos complementarios con arreglo a los siguientes criterios:

- El seminario de mecánica computacional añadirá un máximo de 0.6 ptos. (sobre 10) a la nota obtenida por curso o en los exámenes finales. En el caso especial del proyecto la puntuación máxima será de 1.2 puntos.
- La prueba de test añadirá un máximo de 0.6 puntos (sobre 10) a la nota conjunta del curso o del examen final.
- La puntuación complementaria total por las dos fuentes anteriores no podrá exceder en ningún caso de 0.8 ptos. En el caso especial del proyecto el máximo será de 1.2 puntos, aunque en este caso sólo 0.8 puntos servirán para aprobar, contando el resto únicamente para subir nota.

- Los puntos complementarios debidos al seminario se conservarán indefinidamente para otras convocatorias, caso de no aprobar en esta. Los puntos del test se conservarán sólo para las convocatorias de Junio y Septiembre del curso correspondiente, pero no para el curso siguiente ni para el examen de Febrero.

## 4.5 Soluciones y Revisiones

Con posterioridad a cada examen, se publicarán en el tablón las soluciones de los ejercicios del mismo y se dejará una copia en el servicio de publicaciones. Los alumnos podrán solicitar revisión de la corrección para los ejercicios en los que estimen que la evaluación realizada no ha sido correcta. Las solicitudes se realizarán por escrito en el plazo y modo que se publicará con el resultado del examen, especificando los ejercicios que desean se les revise y una justificación precisa del motivo de la solicitud, a la vista de las soluciones publicadas. Una vez efectuadas las revisiones, se publicará la resolución de las mismas por escrito, fijándose asimismo un día para atender personalmente a los alumnos que deseen consultar su ejercicio con el profesor encargado o sigan disconformes con dicha revisión.

## 5 Tutorías

Cada profesor estarán disponible, durante su horario de tutoría, para atender las dudas o consultas de los alumnos de su grupo relacionadas con la asignatura. El cuadro de horarios es:

Juan José Arribas	Lunes	19:30 a 21:30
	Martes	19:30 a 21:30
	Viernes	16:30 a 18:30
Rafael Benito	Lunes	19:30 a 21:30
	Martes	19:30 a 21:30
Felipe Gabaldón Castillo	Lunes	16:00 a 18:00
	Martes	16:00 a 18:00
	Miércoles	16:00 a 18:00
Jose M <sup>a</sup> Goicolea Ruigómez	Miércoles	9:45 a 12:45
	Viernes	9:30 a 12:30
Enrique Laso	Miércoles	19:30 a 21:30
	Viernes	17:30 a 19:30
Francisco Martínez Cutillas	Miércoles	8:00 a 11:45
Antonio Martínez Reyes	Martes	16:00 a 18:00
	Miércoles	9:45 a 10:45
	Jueves	9:45 a 10:45
		16:00 a 18:00
Jose M <sup>a</sup> Navas Borrego	Jueves	9:30 a 13:30
	Viernes	11:45 a 13:45
Federico Nieto Sarabia (curso de adaptación)	Lunes	18:00 a 20:30
	Jueves	15:30 a 17:00
	Viernes	15:30 a 16:30

José M Goicolea  
Catedrático, responsable de la asignatura

# Programa de la asignatura de Mecánica

## Objetivos docentes de la asignatura

- Conocer y aplicar los teoremas generales y métodos de la dinámica de sistemas mecánicos (cantidad de movimiento, momento cinético, energía, trabajos virtuales y D'Alembert, sistema del centro de masa, ...)
- Conocer y aplicar los métodos de la cinemática para descripción del movimiento de sistemas y sólidos, así como para el cálculo de las magnitudes cinéticas.
- Conocer y aplicar los métodos de análisis dinámico y de pequeñas oscilaciones en sistemas con uno o varios grados de libertad.
- Conocer y aplicar los métodos de la cinemática y de la dinámica de los sólidos rígidos, en 2 y 3 dimensiones.
- Conocer y aplicar los métodos de la dinámica analítica de Lagrange y Hamilton.
- Conocer y aplicar los métodos de la estática en sistemas generales, ensamblajes de piezas rígidas e hilos.
- Desarrollar una capacidad de análisis aplicando los modelos matemáticos de la mecánica a la resolución de problemas.

## Temario

### 1 Principios de la Mecánica (2h)

- La causalidad determinista
- Sistemas de referencia; Espacio y tiempo
- Masa y Fuerza
- Principio de la relatividad de Galileo
- Leyes de Newton
- Ley de la gravitación universal
- Masa gravitatoria y masa inerte

## **2 Dinámica del punto material (3h)**

- Teoremas de la cantidad de movimiento, momento cinético, y energía cinética
- Expresiones de la velocidad y aceleración en distintas coordenadas
- Aplicaciones: Punto material ligado, mov. de proyectiles en el vacío

## **3 Oscilaciones lineales con 1 grado de libertad (4h)**

- El oscilador armónico simple
- Oscilaciones con amortiguamiento
- Vibraciones forzadas
- Resonancia
- Análisis mediante series de Fourier
- Análisis de transitorios mediante la función de Green
- Métodos numéricos; Runge-Kutta.

## **4 Cinemática de sistemas rígidos (6h)**

- Derivación de vectores en sistemas móviles
- Expresión de la velocidad y aceleración en sistemas móviles
- Campo de velocidades del sólido rígido. Axoides
- Campo de aceleraciones
- Composición de movimientos
- Movimiento plano. Curvas polares. Aceleraciones.

## **5 Movimiento bajo Fuerzas Centrales. Orbitas Gravitatorias (4h)**

- Reducción del sistema binario
- Propiedades del movimiento y ecuaciones diferenciales
- Ecuación general y tipos de órbitas
- Potencial, energía y potencial efectivo
- Unidades astronómicas; leyes de Kepler
- Estudio del sistema ternario

## **6 Principios generales de la Dinámica de sistemas (10h)**

- Morfología de los sistemas; Enlaces
- Principios de la cantidad de movimiento, momento cinético y energía cinética
- Sistema del centro de masa
- Principio de los trabajos virtuales
- Principio de D'Alembert
- Dinámica en sistemas no inerciales. Ejes ligados a la sup. de la tierra

## **7 Dinámica Analítica (5h)**

- Ecuaciones de Lagrange a partir del Principio de D'Alembert
- Generalización para fuerzas no conservativas
- Integrales primeras y coordenadas cíclicas
- El principio de Hamilton
- El cálculo de variaciones
- Ecuaciones de Lagrange a partir del principio de Hamilton
- Sistemas anholónomos; Multiplicadores de Lagrange

## **8 Sistemas de Masa Variable (1h)**

- Teorema fundamental
- Aplicación de los teoremas generales de sistemas
- Aplicación: Turborreactores y cohetes

## **9 Dinámica del Sólido Rígido (7h)**

- Rotación alrededor de un eje. Momentos de inercia.
- Rotación con un punto fijo. El tensor de inercia.
- Expresión de la energía cinética
- Propiedades y componentes del tensor de inercia
- Campo tensorial de inercia
- Rotación finita del sólido. Angulos de Euler.
- Expresiones de la velocidad angular
- Las ecuaciones de Euler

## **10 Aplicaciones de la Dinámica del Sólido (7h)**

- Reacciones en ejes y puntos fijos
- El movimiento de Poinsot; ejes permanentes de rotación; ecuaciones diferenciales del movimiento.
- El giróscopo; ecuaciones diferenciales e integrales primeras; efecto giroscópico; el péndulo esférico.
- Ejemplos y ejercicios.

## **11 Dinámica de Impulsiones (5h)**

- Concepto de impulsiones y expresión mediante la delta de Dirac
- Axiomática de impulsiones y teorema fundamental
- Aplicación del teorema de los trabajos virtuales
- Aplicación de los teoremas generales de la dinámica
- Balance de energía; Coeficiente de restitución
- Choque directo; Impulsiones tangenciales
- Dinámica analítica de impulsiones

## **12 Oscilaciones Lineales con varios grados de Libertad (6h)**

- Linealización de las ecuaciones; Ecuación matricial
- Oscilaciones libres sin amortiguamiento; problema de autovalores
- Frecuencias propias y modos normales de vibración
- Análisis modal y coordenadas normales
- Oscilaciones con amortiguamiento
- Oscilaciones forzadas sin amortiguamiento; Resonancia
- Oscilaciones forzadas con amortiguamiento; régimen permanente
- Métodos para la obtención de modos y frecuencias propias

## **13 Ecuaciones de Hamilton (3h)**

- La transformada de Legendre
- Ecuaciones canónicas o de Hamilton
- Coordenadas cíclicas e integrales primeras
- El método de Routh
- Breve idea de las transformaciones canónicas

## **14 Equilibrio (5h)**

- Existencia y unicidad del equilibrio. Condición de Lipschitz.
- Estabilidad del equilibrio
- Fuerzas conservativas; teorema de Torricelli
- Equilibrio en sistemas no lineales
- Resistencias pasivas; clasificación
- Estática de sistemas de piezas rígidas. Aplicación del Principio de los trabajos virtuales
- Sistemas de barras articuladas; métodos de los nudos y de las secciones

## **15 Estática de Hilos (5h)**

- Ecuaciones de equilibrio
- Configuraciones de equilibrio: Catenaria, Parábola.
- Efecto de las cargas puntuales
- Hilo apoyado sobre una superficie; caso del tambor rugoso.

# Programa de Prácticas de Mecánica

## 1er Cuatrimestre

1. CINEMATICA / DINAMICA PARTICULA
2. DINAMICA PARTICULA
3. OSCILACIONES 1 G.D.L.
4. CINEMATICA SOLIDO / S. VECT. DESL.
5. CINEMATICA SOLIDO
6. DINAMICA SISTEMAS: ORBITAS, F. CENTRALES
7. DINAMICA SISTEMAS
8. DINAMICA SISTEMAS
9. DINAMICA ANALITICA (LAGRANGE)
10. DINAMICA ANALITICA (LAGRANGE)

## 2º Cuatrimestre

11. MASA VARIABLE / DINAMICA SOLIDO
12. DINAMICA SOLIDO
13. DINAMICA SOLIDO
14. DINAMICA SOLIDO / IMPULSIONES
15. IMPULSIONES
16. OSCILACIONES  $n$  G.D.L.
17. OSCILACIONES  $n$  G.D.L. / HAMILTON
18. ESTATICA
19. ESTATICA / CABLES
20. CABLES