

Mecánica (Curso 96-97)

Objetivos, Normas y Programa de la Asignatura

1 Clases

Se impartirán 5 horas de clase semanales, 3 de *teoría* y 2 de *prácticas*. Cada alumno deberá asistir a clase en el grupo (A, B, ó C) que le ha sido asignado al matricularse. El horario de clase está indicado en la guía del curso editada por la escuela, resumiéndose a continuación el correspondiente a la asignatura de mecánica.

hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30				A	A
9:30					B
10:45		A	B(P)	B	B
11:45			A(P); B(P)		
12:45			A(P)		
15:30					C
16:30					C
18:30	C(P)	C(P)	C		

A su vez, el grupo A se subdividirá en dos (A.1, A.2) y el C en tres (C.1, C.2, C.3) en función de las primeras letras del apellido. En el cuadro siguiente se indican los profesores de cada grupo y las aulas correspondientes:

Grupo	Alumnos	Profesor de teoría	Aula	Profesor de prácticas	Aula
A.1	A – N	J.M. Goicolea	22	F. Mtez. Cutillas	22
A.2	(Lista)	J.C. García Orden	17	J.C. García Orden	17
B	O – Z + Traslado	J.M. Navas	24	J.M. Navas	24
C.1	A – GAR	F. Gabaldón	19	F. Gabaldón	19
C.2	GAS – O	A. Mtez. Reyes	26	A. Mtez. Reyes	26
C.3	P – Z	E. Laso	23	J.J. Arribas	23

(provisionalmente el grupo A.2 se juntará con el A.1 hasta que se incorpore un nuevo profesor a finales de octubre)

En las clases de *teoría* se desarrollará el temario de la asignatura (apartado 6). Asimismo se realizarán ejercicios básicos de aplicación, evitando un enfoque puramente teórico.

En las clases de *prácticas* se resolverán 20 prácticas de 5 problemas cada una (apartado 7). 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 desarrollará los ejercicios y resolverá las dudas surgidas, dentro del tiempo disponible. Asimismo, y como novedad en este curso, en algunas clases prácticas se propondrán problemas que los alumnos deberán resolver durante la clase y entregar con objeto de ser corregidos y evaluados. La valoración de estos ejercicios para el aprobado por curso se detalla en el apartado 4.2.

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 detalla en el apartado 6.

BLOQUE	Temas	Horas teoría	Horas prácticas	Horas totales
I Axiomática y Principios	1,2	6	6	12
II Cinemática	4	6	5	11
III Dinámica de Sistemas	5,6,8	15	9	24
IV Dinámica Analítica	7,13	10	8	18
V Dinámica Sólido Rígido	9,10,11	20	12	32
VI Oscilaciones lineales	3,12	11	6	17
VII Estática	14,15	12	9	21
TOTAL		80	55	135

Durante el primer cuatrimestre, correspondiente al primer examen parcial, se impartirán los temas del 1 al 8. Los temas del 9 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, 1995). Servicio de publicaciones. Apuntes de teoría ceñidos al programa del curso.
- *Mecánica teórica de los sistemas de sólidos rígidos* (J.A. Fernández Palacios, 1989). Contiene ejercicios y material adicional para ampliar el estudio.

Como textos complementarios de consulta se recomiendan:

- *Problemas resueltos de mecánica (cursos 93-94, 94-95 y 95-96)* (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, voluntariamente y de forma complementaria a las clases de la asignatura, un seminario sobre *Mecánica Computacional*. El objeto es facilitar, mediante aplicaciones prácticas en el ordenador, la comprensión de algunos conceptos de la asignatura, así como familiarizarse con los ordenadores dentro del ámbito de la mecánica. Se empleará el programa Maple en ordenadores personales disponibles en las aulas de informática de la escuela. El seminario constará de cuatro sesiones, de unas 2 h de duración cada una:

1. Introducción a Maple. Cálculo numérico. Algebra simbólica por ordenador. Aplicaciones a dinámica de la partícula.
2. Planteamiento y resolución automática de las ecuaciones de Lagrange para dinámica de sistemas.
3. Dinámica del sólido rígido.
4. Vibraciones lineales en sistemas con n grados de libertad.

En cada sesión se propondrá un ejercicio que los alumnos deberán resolver posteriormente por su cuenta en el ordenador y entregar.

Para poder inscribirse en el seminario será necesario tener todas las asignaturas de primer curso aprobadas, así como poseer los conocimientos básicos imprescindibles de ordenadores personales (Windows). Los alumnos repetidores que se hubieran apuntado al seminario en cursos anteriores no podrán volver a realizarlo. 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 un trabajo más especializado, de iniciación a la investigación, en colaboración con algún profesor o investigador de la cátedra. Se seleccionará un grupo reducido de alumnos para realizar estos proyectos, que requerirán una dedicación aproximada de unas 60 h a lo largo del curso.

La realización del seminario y del proyecto podrá proporcionar puntos complementarios que se sumarán a las notas del curso, en las condiciones que se detallan en el apartado 4.4.

4 Evaluación

4.1 Cuestiones Generales

La asignatura podrá aprobarse bien por curso (test, 2 exámenes parciales, y ejercicios de prácticas), o bien en los exámenes finales de Junio (ordinario) y Septiembre o Febrero (extraordinarios).

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 de la mecánica 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 problemas de prácticas del curso. En los ejercicios prácticos se permitirá consultar los apuntes publicados de teoría o el libro de texto. Esto no será posible en los ejercicios teórico-prácticos por motivos obvios.

4.2 Aprobado por curso; Exámenes parciales

Para el aprobado por curso se contarán los puntos obtenidos en los exámenes parciales, los problemas resueltos en clases de prácticas, y la puntuación complementaria del seminario y del test. Los exámenes parciales se realizarán en las fechas siguientes:

- Test: 22 de Enero de 1997 (Miércoles) a las 18:30 h.
- 1er parcial: 29 de Enero de 1997 (Miércoles) a las 9:00 h.
- 2º parcial: 9 de Junio de 1997 (Lunes) a las 9:00 h.

El “test” consistirá de 30 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 (15 puntos)*. El resultado del test servirá además para obtener hasta 0.6 puntos (sobre 10) de puntuación complementaria, que se sumará a las notas obtenidas por curso o en el examen final (apartado 4.4).

Cada examen parcial puntuará sobre un total de 50 puntos, consistiendo en un ejercicio teórico-práctico (10 puntos) y 3 ó 4 ejercicios prácticos (40 puntos, pudiendo haber un problema “doble” que puntúe sobre 20). El primer parcial cubrirá los temas del 1 al 8 del programa, y el segundo del 9 al 15. Para presentarse al 2º parcial se

requerirá haber obtenido una nota mínima para compensación en el 1er. parcial de 15 puntos.

Diferentemente a cursos anteriores, en algunas clases de prácticas (al menos 4 en cada cuatrimestre) se propondrán problemas que los alumnos deberán resolver durante la clase y entregar al profesor. Cada problema será corregido por el profesor del grupo y puntuado sobre 5. La puntuación así obtenida (sobre un máximo de 40 puntos) contará para el aprobado por curso. Cada profesor anunciará en su grupo con una antelación no mayor de una semana la realización de estos problemas. Cada alumno deberá realizarlo y entregarlo *obligatoriamente en la fecha y en el grupo que le corresponde*.

La nota por curso (sobre 10) se obtendrá según la siguiente fórmula:

$$N_c = \min \left(\frac{9}{100}(P_1 + P_2) + \frac{P_{\text{prac}}}{20} + P_{\text{comp}}, 10 \right) \quad (1)$$

siendo:

- P_1, P_2 las notas de los dos parciales (sobre 50 cada uno)
- P_{prac} , la puntuación obtenida en los problemas de prácticas (sobre 40)
- P_{comp} la puntuación complementaria debida al test y al seminario (máximo 0.8, ver apartado 4.4).

Para el aprobado por curso deberá obtenerse al menos 15 puntos (sobre 50) en cada parcial, un total de 35 entre los dos ($P_1 + P_2 \geq 35$), y una nota conjunta $N_c \geq 5$.

4.3 Exámenes finales

Los exámenes finales se realizarán en las fechas siguientes:

- Examen final ordinario: 27 de Junio 1997 (Viernes) a las 9:00 h.
- Examen final extraordinario: 29 de Enero de 1997 (Miércoles) a las 9:00 h.
- Examen final extraordinario: 16 de Septiembre de 1996 (Martes) a las 9:00 h.

Cada examen final se puntuará sobre 60 puntos. Consistirá 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 según la fórmula:

$$N_f = \min \left(\frac{P_f}{6} + P_{\text{comp}}, 10 \right) \quad (2)$$

siendo:

- P_f la nota del examen final (sobre 60),
- P_{comp} la puntuación complementaria debida al test y al seminario (máximo 0.8, ver apartado 4.4).

En los exámenes finales no se tendrá en cuenta directamente la puntuación obtenida en los problemas de prácticas, que valdrán sólo para el aprobado por curso. El aprobado se obtendrá con $N_f \geq 5$.

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, tengan un parcial aprobado (es decir, 25 puntos o más sin contar los puntos adicionales) y al menos 15 puntos en el otro. En este caso podrán realizar un examen final especial de compensación, consistente en los mismos ejercicios del examen final ordinario salvo el ejercicio de teoría correspondiente al parcial que hayan aprobado. 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, según la fórmula (1) y el resto de las condiciones expuestas en el apartado 4.2.

El examen final de febrero (29/01/97) coincide en fecha con el primer parcial. Los alumnos que realicen el examen de febrero, en caso de suspender, podrán solicitar que les sea considerado como sustitutivo del primer parcial. En este caso, se considerará como nota correspondiente al parcial la de 5 ejercicios del examen (todos salvo la teoría correspondiente al 2º parcial). Las normas de compensación serán idénticas a las que rigen para los parciales, en concreto deberán obtener al menos 15 puntos en los 5 ejercicios citados para poder realizar el 2º parcial.

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. a la nota conjunta (sobre 10) del curso o del examen final.
- La prueba de test añadirá un máximo de 0.6 puntos a la nota conjunta (sobre 10) 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 (aptdo. 3) 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.

- En el caso de no aprobar, los puntos complementarios debidos al seminario se conservarán indefinidamente para otras convocatorias. 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 las soluciones de los ejercicios 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 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 sigan disconformes con dicha revisión o deseen consultar su ejercicio con el profesor encargado.

5 Tutorías y Consultas

5.1 Internet

Toda la información de la asignatura, incluyendo estas normas, el programa, los problemas de prácticas y los ejercicios resueltos de los exámenes están disponibles a través de internet en el servidor *www* de la cátedra:

<http://filemon.mecanica.upm.es/mecanica.html>

Los alumnos que lo deseen pueden consultar estas páginas y enviar preguntas, comentarios o sugerencias por correo electrónico.

5.2 Tutorías

Durante el horario de tutorías cada profesor atenderá las dudas o consultas de los alumnos de su grupo relacionadas con la asignatura. El cuadro de horarios es:

Juan José Arribas (jjja@www.tgi.es)	Lunes	19:30 a 21:30
	Martes	19:30 a 21:30
	Viernes	16:30 a 18:30
Felipe Gabaldón Castillo (gabaldon@filemon.mecanica.upm.es)	Lunes	16:00 a 18:00
	Martes	16:00 a 18:00
	Miércoles	16:00 a 18:00
Juan Carlos García Orden (jcgarcia@filemon.mecanica.upm.es)	Miércoles	9:30 a 11:30
	Jueves	9:30 a 13:30
Jose M ^a Goicolea Ruigómez (goicolea@filemon.mecanica.upm.es)	Martes	8:30 a 10:30
	Viernes	9:30 a 13:30
Enrique Laso (elaso@www.tgi.es)	Miércoles	19:30 a 21:30
	Viernes	17:30 a 19:30
Francisco Martínez Cutillas (martinez@principia.es)	Martes	12:30 a 13:30
	Miércoles	8:30 a 11:30
Antonio Martínez Reyes	Martes	16:00 a 18:00
	Miércoles	16:00 a 18:00
	Jueves	16:00 a 18:00
Jose M ^a Navas Borrego (jnavas@caminos.recol.es)	Jueves	8:30 a 10:30 y 11:45 a 13:45
	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

6 Programa de la asignatura de Mecánica

6.1 Objetivos docentes

- 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 prácticos.

6.2 Temario

Para cada tema se indica entre paréntesis las horas de clase de teoría que se dedicarán al mismo.

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 (4h) Teoremas de la cantidad de movimiento, momento cinético, y energía cinética; Expresiones de la velocidad y aceleración en distintas coordenadas; Aplicaciones: Punto material ligado, Proyectiles en el vacío y en medios resistentes.

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) Sistema de 2 cuerpos y su reducción; Propiedades del movimiento y ecuaciones diferenciales; Ecuación general y tipos de órbitas; Potencial, energía y potencial efectivo; Unidades astronómicas; leyes de Kepler; Sistema de 3 cuerpos.

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 superficie de la tierra.

7. Dinámica Analítica (7h) Ecuaciones de Lagrange a partir del Principio de D'Alembert; Generalización para fuerzas no conservativas; Integrales primeras y coordenadas cíclicas; El principio de Hamilton; 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; Ejemplos: Turborreactores y cohetes.

9. Dinámica del Sólido Rígido (9h) Rotación alrededor de un eje; Momentos de inercia; Rotación con un punto fijo; 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; Ecuaciones de Euler.

10. Aplicaciones de la Dinámica del Sólido (7h) Reacciones en ejes y puntos fijos; El movimiento por inercia (Poinsot); Ejes permanentes de rotación; Ecuaciones diferenciales del movimiento por inercia; El giróscopo: ecuaciones diferenciales e integrales primeras, efecto giroscópico; Péndulo esférico; Ejemplos y ejercicios.

11. Dinámica de Impulsiones (4h) Concepto de impulsiones y expresión mediante la delta de Dirac; Axiomática y teorema fundamental; Aplicación del principio 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 (7h) Linealización de las ecuaciones para pequeñas oscilaciones; 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 (7h) Existencia y unicidad del equilibrio; Estabilidad del equilibrio; Fuerzas conservativas: teorema de Torricelli; Equilibrio en sistemas no lineales; Resistencias pasivas; 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; Tambor rugoso.

7 Prácticas

1er Cuatrimestre

1. Cinemática / Dinámica de la Partícula (amr)
2. Dinámica de la Partícula (jmn)
3. Oscilaciones con 1 g.d.l. (fm)
4. Cinemática del Sólido / Sistemas de Vectores Deslizantes (jmn)
5. Cinemática del Sólido (amr)
6. Dinámica de Sistemas: Fuerzas centrales y órbitas (fg)
7. Dinámica de Sistemas (el)
8. Dinámica de Sistemas (jg)
9. Dinámica Analítica (Lagrange) (fg)
10. Dinámica Analítica (Lagrange) / Masa variable (jg)

2º Cuatrimestre

11. Dinámica del Sólido
12. Dinámica del Sólido
13. Dinámica del Sólido
14. Dinámica del Sólido / Impulsiones
15. Impulsiones
16. Oscilaciones con n G.D.L.
17. Oscilaciones con n G.D.L. / Dinámica Analítica (Hamilton)
18. Estática
19. Estática / Cables
20. Cables

José M^a Goicolea
Catedrático, responsable de la asignatura