

GUÍA DE ESTUDIO

Física

Código: 61021097. 1^{er} curso, 2º cuatrimestre. 6 ECTS.

Grado en Matemáticas

I. PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

II. ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIO DE LOS CONTENIDOS

La finalidad de esta Guía de Estudio es orientar a los alumnos matriculados en la asignatura FÍSICA del Grado en Matemáticas para el estudio de la misma. Esta Guía de Estudio estará a disposición de los estudiantes y de los profesores tutores en el espacio virtual dentro de la plataforma aLF. Consta de dos partes:

Parte I: Plan de trabajo y cronograma

Parte II: Orientaciones para el estudio de los contenidos.

En la primera parte se presenta de forma esquematizada la estructura y contenidos de la asignatura, y se propone un **plan de trabajo** ajustado a un **cronograma** orientativo. Los contenidos teóricos se presentan de manera ordenada junto con una secuencia temporal de las actividades y prácticas propuestas, conformando un cronograma orientativo que indica cuándo realizar las distintas actividades, así como el tiempo estimado de dedicación en base a los créditos totales (6 ECTS). Pretende ser una ayuda que permita establecer una planificación, respetando la autonomía y el desarrollo de una estrategia personal del estudiante.

En la segunda parte se recogen detalles específicos referidos a los contenidos del programa y las orientaciones apropiadas para el estudio de cada tema. La finalidad de este apartado es guiar a los estudiantes durante el desarrollo del curso para facilitar el estudio autónomo de los contenidos recogidos en la bibliografía básica de la asignatura. Para cada tema se presentan los siguientes apartados:

CONTENIDOS

En este apartado se presenta una relación de los contenidos concretos del tema.

INTRODUCCIÓN

Se centra el tema en el contexto del programa, relacionándolo con lo que se ha estudiado anteriormente o con lo que se va a estudiar. Se introducen los contenidos y las preguntas básicas que deben plantearse y que se resolverán a medida que se estudia el capítulo.

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Se exponen los resultados específicos que el estudiante ha de conseguir después de trabajar con los contenidos del tema.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

El objetivo de este apartado es ayudar a aproximarse eficazmente al estudio del tema y orientar hacia los objetivos particulares del trabajo recomendado.

CONCEPTOS CLAVE

Se resumen los conceptos clave del tema.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y/O REQUERIDAS

Se comentan las actividades que deberá realizar el estudiante para conseguir los objetivos de cada tema, así como para la evaluación final de la asignatura.

I. PLAN DE TRABAJO y CRONOGRAMA

PROGRAMA TEÓRICO DE LA ASIGNATURA

Tal y como se presenta en la Guía de la Asignatura, el programa de la asignatura es el siguiente:

TEMA 0 (repaso)

- **Sistemas de medida y Unidades.**

- **Cinemática vectorial.** Movimiento en una, dos y tres dimensiones. Conceptos de posición, desplazamiento, velocidad instantánea, velocidad media, velocidad relativa, aceleración instantánea y aceleración media. Integración de las ecuaciones de movimiento.

- **Tipos de movimiento.** Movimiento con velocidad constante y con aceleración constante. Movimiento parabólico y movimiento circular.

TEMA 1: Dinámica clásica

- **Leyes de Newton.** Conceptos de inercia, masa y fuerza. Sistemas de referencia inerciales y no inerciales. Primera, segunda y tercera ley de Newton.

- **Aplicaciones de las leyes de Newton.** Resolución de problemas mediante las leyes de Newton. Tipos de fuerzas: peso, fuerzas de contacto (fuerza normal, fuerza de rozamiento y ley de Hooke) y fuerza centrípeta.

TEMA 2: Principios de conservación de la mecánica clásica

- **Conservación de la energía mecánica.** Trabajo y energía. Trabajo realizado por una fuerza. Energía cinética. Teorema trabajo-energía cinética. Potencia. Energía potencial. Fuerzas conservativas y no conservativas. Principio de conservación de la energía mecánica. Pérdida de energía por rozamiento.

- **Conservación del momento lineal.** Centro de masas. Dinámica del centro de masas (segunda ley de Newton para un sistema de partículas). Momento lineal. Conservación del momento lineal en sistemas aislados. Energía cinética de un sistema de partículas. Impulso y fuerza media. Colisiones. Colisiones perfectamente elásticas e inelásticas.

- **Conservación del momento angular.** Cinemática y dinámica de la rotación de un cuerpo rígido. Momento de inercia. Energía cinética de la rotación. Momento de una fuerza. Segunda ley de Newton para la rotación. Momento angular de una partícula que se mueve y de un sólido rígido que gira. Conservación del momento angular.

TEMA 3: Gravitación

Leyes de Kepler. Ley de la gravitación de Newton. Campo y energía potencial gravitatoria. Campo gravitatorio de distribuciones de masa con simetría esférica.

TEMA 4: Campo electromagnético

- **Campo electrostático.** Carga eléctrica y ley de Coulomb. Conductores y aislantes. El campo eléctrico. Líneas del campo eléctrico. Movimientos de cargas puntuales en campos eléctricos. Cálculo del campo eléctrico creado por distribuciones discretas o continuas de carga. Ley de Gauss.

- **Campo magnético.** Fuerza ejercida por un campo magnético sobre una carga puntual o elemento de corriente. Movimientos de cargas en campos electromagnéticos.

- **Fuentes del campo magnético.** Campo magnético creado por cargas puntuales en movimiento. Campo magnético creado por corrientes eléctricas: ley de Biot y Savart. Ley de Gauss para el magnetismo. Ley de Ampère y aplicaciones.

TEMA 5: Relatividad especial

Relatividad newtoniana. Postulados de Einstein. Transformaciones de Lorentz: dilatación del tiempo y contracción de longitudes. Simultaneidad y sucesos simultáneos. Transformación relativista de velocidades. Momento lineal relativista. Energía relativista.

MATERIALES

Texto básico

La asignatura puede ser estudiada con ayuda de cualquier libro de Física General que cubra el programa reseñado anteriormente. En cualquier biblioteca de la Uned podrá encontrar muchos libros que satisfacen esa condición. Sin embargo, atendiendo al nivel y calidad de la exposición teórica, al número de ejemplos resueltos, y al número de cuestiones, ejercicios y problemas planteados al final de cada capítulo y con solución dada, desde el Equipo Docente hemos propuesto el siguiente libro como texto básico:

- P.A. TIPLER y G. MOSCA, *Física para la Ciencia y la Tecnología* (6ª Edición), Editorial Reverté, Barcelona, 2010.

Esta edición se presenta en dos formatos:

1. Dividido en tres volúmenes: **Vol. 1** (Mecánica. Oscilaciones y ondas. Termodinámica), **Vol. 2** (Electricidad y magnetismo. Luz) y un tercer volumen denominado **Física Moderna**.
2. Dividido en seis partes: **Vol. 1A** (Mecánica), **Vol. 1B** (Oscilaciones y ondas), **Vol. 1C** (Termodinámica), **Vol. 2A** (Electricidad y magnetismo), **Vol. 2B** (Luz) y un tercer volumen denominado **Física Moderna**.

En el temario de la asignatura no entra la parte de Oscilaciones y ondas, Termodinámica y Luz, por lo que sólo son necesarios los volúmenes 1A y 2A de la segunda opción, con la salvedad que explicamos a continuación.

Como se puede comprobar, en el temario de la asignatura aparece un tema de **Relatividad especial (TEMA 5)**, que no está incluido ni en el Vol. 1A ni en el Vol. 2A. Este tema aparece desarrollado en el volumen titulado **Física Moderna (Capítulos R y 39)**. Sin embargo, desde el Equipo Docente consideramos que este capítulo aislado no justifica la compra de todo el volumen, por lo que recomendamos su estudio utilizando los ejemplares del libro que podrá encontrar en cualquier biblioteca de la Uned. Dejamos esta elección al criterio del estudiante. **Además, es importante resaltar que cualquier edición anterior del libro es perfectamente válida para el estudio de la asignatura**

La correspondencia entre los temas del programa y los capítulos del texto básico (en su 6ª edición) es la siguiente:

TEMA 0 (repaso):

- Capítulo 1. Medida y vectores
- Capítulo 2. El movimiento en una dimensión
- Capítulo 3. Movimiento en dos y tres dimensiones

TEMA 1: Dinámica clásica

- Capítulo 4. Leyes de Newton
- Capítulo 5. Aplicaciones adicionales de las leyes de Newton
 - (excepto: 5.2 Fuerzas de arrastre
 - 5.4 Integración numérica: el método de Euler)

TEMA 2: Principios de conservación de la mecánica clásica

- Capítulo 6. Trabajo y energía cinética
- Capítulo 7. Conservación de la energía
 - (excepto: 7.4 Masa y energía
 - 7.5 Cuantización de la energía)
- Capítulo 8. Conservación del momento lineal
 - (excepto: 8.4 Colisiones en el sistema de referencia del centro de masas
 - 8.5 Sistema de masa variable: la propulsión de los cohetes)
- Capítulo 9. Rotación
 - (excepto: 9.3 Cálculo del momento de inercia
 - 9.6 Objetos rodantes)
- Capítulo 10. Momento angular
 - (excepto: Giroscopio (en la Sección 10.2)
 - Demostraciones de las ecuaciones 10.10-10.15 (Sección 10.3)
 - 10.4 Cuantización del momento angular)

TEMA 3: Gravitación

- Capítulo 11. Gravedad
 - (excepto: 11.5 Cálculo del campo gravitatorio de una corteza esférica por integración)

TEMA 4: Campo electromagnético

- Capítulo 21. Campo eléctrico I: distribuciones discretas de carga
- Capítulo 22. Campo eléctrico II: distribuciones continuas de carga
 - (excepto: 22.6 Equivalencia de la ley de Gauss y la ley de Coulomb en Electroestática)

Capítulo 26. El campo magnético

(excepto: 26.4 Efecto Hall)

Capítulo 27. Fuentes del campo magnético

(excepto: 27.5 El Magnetismo en la materia)

TEMA 5: Relatividad especial

Capítulo R. Relatividad especial

Capítulo 39. Relatividad

(excepto: 39.8 Relatividad General)

Material complementario y de apoyo

Es muy conveniente que el estudiante complemente el estudio de los contenidos teóricos del programa con la realización de ejercicios y problemas. Para ayudarle en esta tarea el equipo docente pondrá a disposición de todos en el curso virtual de la asignatura una completa colección de problemas detalladamente resueltos, incluyendo los exámenes resueltos de años anteriores. Un excelente libro de cuestiones, ejercicios y problemas resueltos para poner a prueba los conocimientos teóricos adquiridos es:

S. BURBANO, E. BURBANO y C. GRACIA MUÑOZ, *Problemas de Física* (27ª Edición). Editorial Tébar, Madrid, 2004 (cualquier otra edición del libro es perfectamente válida).

Cronograma y tiempos estimados

TEMAS		CONTENIDOS TEÓRICOS	ACTIVIDADES PRÁCTICAS	TIEMPO ESTIMADO ORIENTATIVO
0	TEMA 0 (repaso)	Trabajo de contenidos teóricos, tutorías presenciales (C.A.) y on line. Estudio autónomo TEXTO BÁSICO TUTORÍAS 5 h	Resolución de ejercicios y problemas Actividades evaluables opcionales propuestas por el Equipo Docente 3 h	8 h
I	TEMA 1: Dinámica clásica	Trabajo de contenidos teóricos, tutorías presenciales (C.A.) y on line. Estudio autónomo TEXTO BÁSICO TUTORÍAS 15 h	Resolución de ejercicios y problemas Actividades evaluables opcionales propuestas por el Equipo Docente 12 h	27 h
II	TEMA 2: Principios de conservación de la mecánica clásica	Trabajo de contenidos teóricos, tutorías presenciales (C.A.) y on line. Estudio autónomo TEXTO BÁSICO TUTORÍAS 40 h	Resolución de ejercicios y problemas Actividades evaluables opcionales propuestas por el Equipo Docente 20 h	60 h
III	TEMA 3: Gravitación	Trabajo de contenidos teóricos, tutorías presenciales (C.A.) y on line. Estudio autónomo TEXTO BÁSICO TUTORÍAS 5 h	Resolución de ejercicios y problemas Actividades evaluables opcionales propuestas por el Equipo Docente 5 h	10 h
IV	TEMA 4: Campo electromagnético	Trabajo de contenidos teóricos, tutorías presenciales (C.A.) y on line. Estudio autónomo TEXTO BÁSICO TUTORÍAS 30 h	Resolución de ejercicios y problemas Actividades evaluables opcionales propuestas por el Equipo Docente 15 h	45 h
V	TEMA 5: Relatividad especial	Trabajo de contenidos teóricos, tutorías presenciales (C.A.) y on line. Estudio autónomo TEXTO BÁSICO TUTORÍAS 10 h	Resolución de ejercicios y problemas Actividades evaluables opcionales propuestas por el Equipo Docente 5 h	15 h
6 créditos (ECTS)		105h (64%)	60 h (36%)	165 h

II. ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIO DE LOS CONTENIDOS

El objetivo principal de esta asignatura es la comprensión de los conceptos y principios fundamentales de la física, y de las leyes matemáticas en las que están formulados. Como el temario es muy amplio, es necesario que el estudio de los capítulos se haga con el ánimo de comprender y no de memorizar. Por esta razón recomendamos una lectura sosegada de los contenidos teóricos de los capítulos, y mucha práctica con los ejemplos y problemas planteados en los diferentes materiales del curso (texto básico, colecciones de problemas del curso virtual, bibliografía complementaria...). En realidad, los conceptos físicos que se estudiarán son bastante simples y los principios o leyes que deberemos utilizar para formular y resolver matemáticamente un problema físico son muy reducidos, por lo que es muy importante conseguir un buen nivel de comprensión.

.

TEMA 0 (repaso)

CONTENIDOS

- Sistemas de medida y Unidades.

- **Cinemática vectorial.** Movimiento en una, dos y tres dimensiones. Conceptos de posición, desplazamiento, velocidad instantánea, velocidad media, velocidad relativa, aceleración instantánea y aceleración media. Integración de las ecuaciones de movimiento.

- **Tipos de movimiento.** Movimiento con velocidad constante y con aceleración constante. Movimiento parabólico y movimiento circular.

INTRODUCCIÓN

Se trata éste de un tema de repaso en el que se revisan conceptos muy básicos que ya deberían haber sido estudiados. En definitiva se trata de una “puesta a punto” para poder comenzar con garantías el estudio de la asignatura.

Un aspecto fundamental en cualquier problema de física es conocer y saber operar con las unidades de las magnitudes físicas con las que estamos tratando. Para ello es muy importante ser consistentes y trabajar en un mismo sistema de unidades (por ejemplo el sistema internacional: SI). También es importante conocer las reglas de conversión entre diferentes unidades de una misma magnitud.

Otro punto crucial en física es saber calcular la dimensión de una magnitud física. Por ejemplo, si la velocidad de una partícula se calcula dividiendo el espacio recorrido por el tiempo empleado en hacerlo, la dimensión de la velocidad, $[v]$, será L/T . Este análisis dimensional nos ayuda a expresar todas las magnitudes físicas en función de un pequeño número de unidades fundamentales. Sabemos que la presión es la fuerza por unidad de superficie ($P=F/S$), y que la fuerza es masa por aceleración ($F=m \cdot a$), de modo que la dimensión de la presión será $[P]=[F]/[S]=M \cdot [a]/L^2=M/(L \cdot T^2)$. En el sistema internacional la unidad de presión es el Pascal, que es igual a $1 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$. Muchas veces, un simple análisis dimensional de las magnitudes que aparecen en una ecuación nos puede decir si ésta es correcta o no.

La observación del movimiento de los cuerpos dio lugar al nacimiento de la física. Por esta razón es fundamental para iniciar un curso de física conocer bien las leyes del movimiento, esto es, las leyes de la cinemática. Estas leyes relacionan magnitudes como la posición, la velocidad y la aceleración de un cuerpo en cualquier instante de tiempo y en cualquier dimensión del espacio. Para entenderlas bien y poder aplicarlas en la solución de un problema será necesario dominar algunas herramientas básicas del cálculo, como la derivada o la integral, así como operaciones básicas con vectores y algunas relaciones trigonométricas. En este capítulo de repaso se revisarán todos estos conceptos y se aplicarán para calcular las ecuaciones de algunos ejemplos típicos de movimiento en una, dos y tres dimensiones: movimiento con aceleración constante, movimiento parabólico y movimiento circular.

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Al finalizar el estudio de este tema el estudiante será capaz de:

- Cambiar de unidades.

- Realizar un análisis dimensional de una expresión.
- Integrar o derivar las ecuaciones del movimiento de una partícula en cualquier dimensión (posición, velocidad y aceleración en función del tiempo) conociendo las condiciones del movimiento.
- Resolver problemas de cuerpos que se mueven con velocidad constante; con aceleración constante; tiro parabólico (movimiento de proyectiles); movimiento circular.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

Para esta “puesta a punto” recomendamos la lectura de los Capítulos 1, 2 y 3 del texto básico. También es importante repasar (si no se tienen “muy frescas”) algunas herramientas del cálculo como el límite, la derivada y la integral, las propiedades generales de los vectores y las principales relaciones trigonométricas.

CONCEPTOS CLAVE

Unidades, conversión de unidades, análisis dimensional; desplazamiento y posición de una partícula; velocidad media, instantánea y relativa; aceleración media e instantánea, aceleración centrípeta y tangencial.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y/O REQUERIDAS

Trabajo individual de los problemas, ejercicios y cuestiones planteados en el texto básico y en el curso virtual. Ejercicios de autoevaluación publicados en el curso virtual. Actividades opcionales propuestas en el curso virtual.

TEMA 1: Dinámica clásica

CONTENIDOS

- **Leyes de Newton.** Conceptos de inercia, masa y fuerza. Sistemas de referencia inerciales y no inerciales. Primera, segunda y tercera ley de Newton.
- **Aplicaciones de las leyes de Newton.** Resolución de problemas mediante las leyes de Newton. Tipos de fuerzas: peso, fuerzas de contacto (fuerza normal, fuerza de rozamiento y ley de Hooke) y fuerza centrípeta.

INTRODUCCIÓN

Una vez que hemos estudiado cómo se mueven los cuerpos y que conocemos los conceptos físicos y las leyes matemáticas que describen su movimiento, nos enfrentamos en este tema a la primera pregunta que se haría un físico: ¿por qué se mueven? Y si ya sabemos el por qué, ¿cómo podemos formular matemáticamente la ley del movimiento a partir de las causas que lo producen?

La respuesta está en las leyes de Newton. Hablar de física clásica (es decir, de la física que vemos) es hablar de las tres leyes del movimiento de Newton. Como veremos en este capítulo, las fuerzas son las responsables del cambio en el movimiento de los cuerpos. La mecánica clásica (también referida como dinámica clásica) relaciona las fuerzas que se ejercen los cuerpos entre sí, y también relaciona los cambios en el movimiento de un objeto con las fuerzas que actúan sobre él. Estas ideas se formalizan matemáticamente en las tres leyes del movimiento de Newton.

Así veremos que conocida la causa (la fuerza), independientemente de su origen, podremos obtener matemáticamente una medida del cambio del movimiento, la aceleración, a partir de la cual podemos integrar el resto de ecuaciones del movimiento (velocidad y posición en función del tiempo) utilizando las leyes de la cinemática estudiadas en el capítulo anterior.

El principal objetivo de este tema será comprender las tres leyes del movimiento de Newton. Con ellas podremos resolver problemas que impliquen objetos en movimiento o en reposo sobre los que actúan fuerzas. Para ello es muy importante, por un lado, saber reconocer las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y la dirección en la que se aplican. Por esa razón se estudiarán las fuerzas “cotidianas” que actúan en los cuerpos macroscópicos, es decir, en los cuerpos que vemos, como el peso, las fuerzas de contacto (fuerza normal, fuerza de rozamiento y fuerzas elásticas) y la fuerza centrípeta, y cómo se formulan matemáticamente. Por otro lado es necesario plantear correctamente las ecuaciones del movimiento, para lo cual resulta muy útil descomponer las fuerzas en las diferentes direcciones del espacio y aplicar las leyes de Newton separadamente para cada dirección. Por esta razón los diagramas de fuerzas representan un paso previo casi obligatorio a la hora de plantear las ecuaciones del movimiento.

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Al finalizar el estudio de este tema el estudiante será capaz de:

- Aplicar las leyes de Newton para resolver el movimiento de cuerpos sobre los que actúan fuerzas.

- Reconocer y formular matemáticamente las distintas fuerzas que pueden actuar sobre un cuerpo macroscópico.
- Plantear correctamente el diagrama de fuerzas de un sistema aislado.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

Para el estudio de este tema recomendamos el estudio de los Capítulos 4 y 5 del texto básico (**excepto las secciones 5.2 Fuerzas de arrastre y 5.4 Integración numérica: el método de Euler**).

La principal dificultad a la hora de resolver un problema de física aplicando las leyes de Newton reside en reconocer las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo y representarlas correctamente en un diagrama de fuerzas. Una vez planteado este diagrama, la formalización matemática en ecuaciones de movimiento utilizando las leyes de Newton y su resolución suele ser trivial. Por esta razón es muy importante que el estudiante trabaje con los problemas, ejercicios y cuestiones planteados en el texto básico y en el curso virtual, para de esta forma familiarizarse con los diferentes escenarios que se pueden dar en los problemas de mecánica clásica.

CONCEPTOS CLAVE

Leyes de Newton, fuerza, masa, inercia; peso, fuerzas de contacto, ley de Hooke, fuerza de rozamiento (estático y cinético), fuerza centrípeta.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y/O REQUERIDAS

Trabajo individual de los problemas, ejercicios y cuestiones planteados en el texto básico y en el curso virtual. Ejercicios de autoevaluación publicados en el curso virtual. Actividades opcionales propuestas en el curso virtual.

TEMA 2: Principios de conservación de la mecánica clásica

CONTENIDOS

- **Conservación de la energía mecánica.** Trabajo y energía. Trabajo realizado por una fuerza. Energía cinética. Teorema trabajo-energía cinética. Potencia. Energía potencial. Fuerzas conservativas y no conservativas. Principio de conservación de la energía mecánica. Pérdida de energía por rozamiento.

- **Conservación del momento lineal.** Centro de masas. Dinámica del centro de masas (segunda ley de Newton para un sistema de partículas). Momento lineal. Conservación del momento lineal en sistemas aislados. Energía cinética de un sistema de partículas. Impulso y fuerza media. Colisiones. Colisiones perfectamente elásticas e inelásticas.

- **Conservación del momento angular.** Cinemática y dinámica de la rotación de un cuerpo rígido. Momento de inercia. Energía cinética de la rotación. Momento de una fuerza. Segunda ley de Newton para la rotación. Momento angular de una partícula que se mueve y de un sólido rígido que gira. Conservación del momento angular.

INTRODUCCIÓN

Una de los resultados más espectaculares de la física son los principios o leyes de conservación. Estos principios establecen que en determinadas condiciones ciertas magnitudes se conservan, lo cual resulta muy útil a la hora de resolver un gran número de problemas de la física clásica sin tener que plantear y resolver las ecuaciones de Newton del movimiento. En este tema vamos a estudiar los tres principios más importantes: el principio de conservación de la energía mecánica, el principio de conservación del momento lineal y el principio de conservación del momento angular.

Es importante darse cuenta de que estos principios son universales y que se cumplen siempre que se dan las condiciones apropiadas. Por ejemplo, el principio de conservación del momento angular, al igual que el principio de conservación del momento lineal, es una ley fundamental de la naturaleza que se aplica incluso en el dominio atómico donde falla la mecánica newtoniana. El principio de conservación de la energía mecánica también puede ser generalizado a un principio de conservación de la energía total si incluimos otros tipos de energía como la transferencia de calor en sistemas termodinámicos (energía térmica) o la equivalencia masa-energía en problemas relativistas.

Para comprenderlos correctamente es necesario recurrir a magnitudes y conceptos fundamentales en física. Tal es el caso del trabajo, energía cinética y energía potencial implícitos en el principio de conservación de la energía mecánica. O el concepto de centro de masas y momento lineal que permiten formular el principio de conservación del momento lineal. Gracias a estos nuevos conceptos podemos describir y estudiar fácilmente la dinámica de un sistema compuesto de muchas partículas sin tener que resolver las ecuaciones del movimiento de cada partícula. Un ejemplo de ello son los problemas de colisiones.

En muchos problemas importantes de la física los cuerpos rotan alrededor de un eje o simplemente describen un movimiento de rotación alrededor de un punto. El movimiento de rotación está presente en todas partes y para resolver este tipo de problemas es fundamental describirlo correctamente. Veremos que también se pueden formular leyes de Newton para la rotación: basta reemplazar las fuerzas por sus momentos, las masas por los momentos de inercia y la aceleración lineal por la

aceleración angular. De este modo también podremos plantear las ecuaciones de la rotación y resolver el problema, y también llegaremos a un principio de conservación equivalente al del momento lineal, el principio de conservación del momento angular.

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Al finalizar el estudio de este tema el estudiante será capaz de:

- Calcular el trabajo realizado por una fuerza sobre un cuerpo y su incremento de energía cinética. Calcular la potencia suministrada por la fuerza.
- Reconocer cuándo una fuerza es conservativa y comprender el significado físico de la función energía potencial asociada a la fuerza. Conocer las condiciones de equilibrio y diferenciar entre equilibrio estable e inestable.
- Aplicar el principio de conservación de la energía mecánica para resolver problemas de dinámica clásica.
- Saber calcular el centro de masas de un sistema discreto de partículas y conocer las leyes de su movimiento.
- Saber calcular el momento lineal de un sistema de partículas, su energía potencial y la energía cinética.
- Aplicar el principio de conservación del momento lineal para resolver problemas de sistemas de partículas.
- Resolver problemas de colisiones.
- Definir el concepto de momento de inercia de un sistema de partículas discreto o de un sistema continuo.
- Aplicar la segunda ley de Newton para la rotación para resolver el movimiento de objetos que rotan alrededor de un eje bajo la acción de fuerzas que producen momentos.
- Calcular el momento angular de una partícula, de un sistema de partículas y de un sistema que gira alrededor de un eje de simetría.
- Aplicar el principio de conservación del momento angular para resolver problemas de física.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

Para el estudio de este tema recomendamos el estudio de los siguientes capítulos del texto básico:

Capítulo 6. Trabajo y energía cinética

Capítulo 7. Conservación de la energía

(excepto: 7.4 Masa y energía

7.5 Cuantización de la energía)

Capítulo 8. Conservación del momento lineal

(excepto: 8.4 Colisiones en el sistema de referencia del centro de masas

8.5 Sistema de masa variable: la propulsión de los cohetes)

Capítulo 9. Rotación

(excepto: 9.3 Cálculo del momento de inercia

9.6 Objetos rodantes)

Capítulo 10. Momento angular

(excepto: Giroscopio (en la Sección 10.2)

Demostraciones de las ecuaciones 10.10-10.15 (Sección 10.3)

10.4 Cuantización del momento angular

Este tema abarca varios capítulos del texto básico en los que se introducen un gran número de conceptos, magnitudes y leyes físicas nuevas. Es por eso que queremos hacer énfasis de nuevo en que lo importante es tener claro los conceptos asociados a los principios de conservación, dejando a parte los detalles del formalismo. Por eso recomendamos en este tema muy especialmente una lectura de comprensión y no de memorización, y la realización de muchos ejercicios. Será necesario (para aquellos que no lo tengan fresco) repasar el producto escalar y el producto vectorial entre dos vectores.

CONCEPTOS CLAVE

Trabajo, energía cinética, fuerzas conservativas, energía potencial, equilibrio, potencia; centro de masas, momento lineal, impulso, fuerza media, colisiones elásticas e inelásticas; velocidad angular y aceleración angular, energía cinética de rotación, momento de inercia; momento de una fuerza, momento angular.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y/O REQUERIDAS

Trabajo individual de los problemas, ejercicios y cuestiones planteados en el texto básico y en el curso virtual. Ejercicios de autoevaluación publicados en el curso virtual. Actividades opcionales propuestas en el curso virtual.

TEMA 3: Gravedad

CONTENIDOS

Leyes de Kepler. Ley de la gravitación de Newton. Campo y energía potencial gravitatoria. Campo gravitatorio de distribuciones de masa con simetría esférica.

INTRODUCCIÓN

La fuerza gravitatoria es una de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza. Es la fuerza de atracción mutua entre los cuerpos con masa y se hace tanto más importante cuanto mayor sea la masa de los mismos. Por esa razón es la fuerza que controla la evolución del Universo, entendido desde un punto de vista cosmológico.

Esta fuerza actúa entre cuerpos separados en el espacio, por lo que se dice que es una fuerza de acción a distancia. Esta idea de *acción a distancia* se formaliza introduciendo el concepto de *campo*. De este modo cualquier cuerpo con masa provoca una condición en el espacio que en este caso se denomina campo gravitatorio. Se trata de concepto muy interesante desde el punto de vista matemático, puesto que se trata de un campo vectorial: el campo gravitatorio creado por una masa en un punto del espacio está definido por un vector aplicado en ese punto. Cualquier masa situada en ese punto sentirá una fuerza (también una magnitud vectorial) debida a ese campo que es proporcional al campo en el punto, es decir, tiene su misma dirección (el coeficiente de proporcionalidad viene dado por la masa del cuerpo).

Al estudiar la fuerza gravitatoria y su campo vamos a utilizar muchos de los conceptos que ya hemos visto. Por ejemplo, se trata de un campo conservativo, por lo que es posible definir una energía potencial gravitatoria y también se puede aplicar el principio de conservación de la energía mecánica. De esta forma podemos calcular la velocidad de escape de un cuerpo. También se trata de una fuerza central: el vector campo (y por tanto el vector fuerza) tienen la misma dirección que la línea de acción que une las dos masas que están interaccionando, de modo que el momento de la fuerza es nulo y el momento angular se conserva. Veremos que aplicando este principio de conservación se pueden deducir importantes propiedades de las órbitas de los cuerpos celestes, como las leyes de Kepler. La ley de gravitación combinada con la segunda ley de Newton nos permite calcular, por ejemplo, las órbitas de los planetas alrededor del Sol, el movimiento de la luna o la aceleración con la que caen los cuerpos (aceleración de la gravedad).

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Al finalizar el estudio de este tema el estudiante será capaz de:

- Predecir el movimiento de los planetas y otros cuerpos celestes, incluyendo objetos artificiales como satélites.
- Calcular la aceleración con la que caen los objetos en diferentes condiciones (altura, planeta,...).
- Deducir la energía potencial gravitatoria y aplicar el principio de conservación de la energía mecánica para resolver problemas de órbitas.
- Calcular la velocidad de escape de un cohete.

- Calcular el campo gravitatorio creado por una distribución de masa con simetría esférica.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

Para el estudio de este tema recomendamos el estudio del Capítulo 11 del texto básico (excepto la sección 11.5: Cálculo del campo gravitatorio de una corteza esférica por integración)

CONCEPTOS CLAVE

Leyes de Kepler; ley de la gravitación universal; energía potencial gravitatoria; velocidad de escape; campo gravitatorio.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y/O REQUERIDAS

Trabajo individual de los problemas, ejercicios y cuestiones planteados en el texto básico y en el curso virtual. Ejercicios de autoevaluación publicados en el curso virtual. Actividades opcionales propuestas en el curso virtual.

TEMA 4: Campo electromagnético

CONTENIDOS

- **Campo electrostático.** Carga eléctrica y ley de Coulomb. Conductores y aislantes. El campo eléctrico. Líneas del campo eléctrico. Movimientos de cargas puntuales en campos eléctricos. Cálculo del campo eléctrico creado por distribuciones discretas o continuas de carga. Ley de Gauss.
- **Campo magnético.** Fuerza ejercida por un campo magnético sobre una carga puntual o elemento de corriente. Movimientos de cargas en campos electromagnéticos.
- **Fuentes del campo magnético.** Campo magnético creado por cargas puntuales en movimiento. Campo magnético creado por corrientes eléctricas: ley de Biot y Savart. Ley de Gauss para el magnetismo. Ley de Ampère y aplicaciones.

INTRODUCCIÓN

En este tema vamos a profundizar un poco más en el concepto de campo estudiando el campo electromagnético. La fuerza electromagnética es otra de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, y aunque se trata de una fuerza de acción a distancia como la gravitatoria, paradójicamente es la responsable de las fuerzas de contacto que observamos a diario (tiene truco, ya que en realidad no hay contacto).

Desde el punto de vista matemático, la formulación de un campo de fuerza es, probablemente, la parte más compleja de este curso de Física (y puede que la más interesante para un matemático). Veremos por ejemplo que un campo de fuerza puede describirse mediante líneas de campo y superficies equipotenciales. Aunque no se estudiará en este curso, podemos asociar al campo electromagnético conceptos similares a los que hemos visto al estudiar el campo gravitatorio, como la energía potencial eléctrica, y como se trata de nuevo de un campo conservativo también podremos formular un principio de conservación para la energía mecánica. El cálculo del campo creado por una distribución continua de carga, bien empleando directamente la ley de Coulomb, bien utilizando la ley de Gauss, también representará un reto matemático. La formulación vectorial inherente al campo electromagnético también se manifiesta en las numerosas leyes y expresiones asociadas al mismo. Tal es el caso de la fuerza que un campo magnético ejerce sobre una carga en movimiento, o el campo magnético creado por una corriente eléctrica (Ley de Biot y Savart).

La complejidad matemática de los campos no se reduce simplemente al aspecto vectorial. Como veremos, aparecerán importantes Leyes (Gauss y Ampère) donde debemos emplear herramientas matemáticas más sofisticadas, como las integrales sobre superficies o las “circulaciones” (integrales sobre caminos cerrados).

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Al finalizar el estudio de este tema el estudiante será capaz de:

- Calcular el campo electrostático (utilizando la ley de Coulomb o la ley de Gauss) creado por una distribución discreta o continua (con una cierta simetría) de carga.

- Representar las líneas del campo electromagnético.
- Describir las propiedades eléctricas de los conductores y de los aislantes.
- Describir el movimiento de cargas puntuales en campos electromagnéticos.
- Calcular la fuerza magnética sobre un elemento de corriente.
- Calcular el campo magnético creado por cargas en movimiento y corrientes eléctricas mediante la ley de Biot y Savart, la ley de Gauss y la ley de Ampère.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

Para el estudio de este tema recomendamos el estudio de los siguientes capítulos del texto básico:

Capítulo 21. Campo eléctrico I: distribuciones discretas de carga

Capítulo 22. Campo eléctrico II: distribuciones continuas de carga

(excepto: 22.6 Equivalencia de la ley de Gauss y la ley de Coulomb en Electrostática)

Capítulo 26. El campo magnético

(excepto: 26.4 Efecto Hall)

Capítulo 27. Fuentes del campo magnético

(excepto: 27.5 El Magnetismo en la materia)

Es muy recomendable abordar el estudio de este tema teniendo claros los conceptos y operaciones básicas con vectores (producto escalar, producto vectorial)

CONCEPTOS CLAVE

Carga eléctrica, conductores, aislantes, Ley de Coulomb, campo eléctrico, dipolo eléctrico, líneas de campo, ley de Gauss; campo magnético, ley de Biot y Savart, ley de Gauss, ley de Ampère.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y/O REQUERIDAS

Trabajo individual de los problemas, ejercicios y cuestiones planteados en el texto básico y en el curso virtual. Ejercicios de autoevaluación publicados en el curso virtual. Actividades opcionales propuestas en el curso virtual.

TEMA 5: Relatividad especial

CONTENIDOS

Relatividad newtoniana. Postulados de Einstein. Transformaciones de Lorentz: dilatación del tiempo y contracción de longitudes. Simultaneidad y sucesos simultáneos. Transformación relativista de velocidades. Momento lineal relativista. Energía relativista.

INTRODUCCIÓN

La última parte del programa de esta asignatura está dedicado al estudio de un tema fascinante, la relatividad especial, cuyo formalismo matemático no es complejo pero que vuelve a poner de nuevo de manifiesto la estrecha interacción entre matemáticas y física.

La relatividad especial se refiere esencialmente a la comparación entre las medidas (longitud, tiempo, masa) realizadas en diferentes sistemas de referencia inerciales que se mueven con velocidad constante unos respecto a otros. En el mundo cotidiano que nos rodea, las velocidades de los objetos son muy pequeñas por lo que los “efectos relativistas” no son visibles. Sin embargo, cuando la velocidad de un sistema de referencia con respecto a otro sistema comienza a hacerse significativa en relación a la velocidad de la luz, aparecen dilataciones en el tiempo y contracciones en las longitudes que miden dos observadores situados uno en cada sistema.

Las consecuencias de la teoría de la relatividad son fundamentales en numerosos fenómenos y procesos físicos. Una de las consecuencias más impactantes y conocidas es la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$, que relaciona directamente masa y energía, y que postula que masa y energía pueden ser consideradas como expresiones de una misma magnitud, una nueva energía denominada *energía relativista* que se obedece el principio de conservación a pesar de que la masa no lo haga. Esta nueva visión de la naturaleza resulta fundamental para poder explicar la física nuclear, por ejemplo.

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Al finalizar el estudio de este tema el estudiante será capaz de:

- Diferenciar la relatividad newtoniana de la relatividad especial.
- Realizar una transformación de Lorentz y calcular la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud.
- Definir y razonar el concepto de simultaneidad.
- Realizar una transformación relativista de velocidades.
- Resolver un problema relativista calculando la velocidad, momento y energía relativista de una partícula.
- Aplicar el principio de conservación de momento y energía relativistas para resolver problemas relativistas.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

Para el estudio de este tema recomendamos el estudio del capítulo 39 del texto básico (y del capítulo R. Relatividad especial), excepto la sección 39.8 Relatividad General.

CONCEPTOS CLAVE

Postulados de Einstein, velocidad de la luz, transformaciones de Lorentz, dilatación del tiempo, contracción de longitudes, sincronización y simultaneidad, momento lineal relativista, energía relativista.

ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y/O REQUERIDAS

Trabajo individual de los problemas, ejercicios y cuestiones planteados en el texto básico y en el curso virtual. Ejercicios de autoevaluación publicados en el curso virtual. Actividades opcionales propuestas en el curso virtual.