

COLEGIO DE FÍSICA

AREA 1 FÍSICO-MATEMÁTICAS
Grado 4° Clave 1401 Plan 96

GUÍA DE ESTUDIO
FÍSICA III

Autores: Ricardo Anibas Castillo
Oscar Ocampo Cervantes
Rafael Moreno y Albarrán
Jesús Martínez Camaño
Javier Padilla Robles
Isauro Figueroa Rodríguez

Coordinador: Isauro Figueroa Rodríguez

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional Preparatoria
Directora General: Mtra. Silvia E. Jurado Cuéllar
Secretario Académico: Biól. Alejandro Martínez Pérez

Diseño de portada: DCV. Cintia Amador Saloma
Actualización de la edición: DCG. Edgar Rafael Franco Rodríguez
3ª edición: 2011
© Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional Preparatoria
Dirección General
Adolfo Prieto 722, Col. Del Valle
C. P. 03100, México, D. F.
Impreso en México
ISBN (en trámite)

PRESENTACIÓN

La Escuela Nacional Preparatoria ha trabajado durante casi 145 años en la formación de jóvenes llenos de ideales y metas por cumplir, con deseos de superación y comprometidos con su país, a quienes tenemos que guiar y conducir hacia el logro de sus éxitos académicos, factores que reforzarán su seguridad personal.

Las herramientas que adquieran los estudiantes, durante esta etapa escolar, serán fundamentales, columna vertebral que sostenga sus estudios profesionales, con lo que el desarrollo de habilidades y actitudes se verá reflejado en su futuro próximo.

Es nuestra responsabilidad dotar a los alumnos de todos los materiales didácticos que ayuden a enfrentar los retos de adquisición del aprendizaje, para que continúen con sus estudios de manera organizada, armónica y persistente.

Por lo mismo, los profesores que integran esta dependencia universitaria, trabajan de manera colegiada; ponen toda su energía en desarrollar las Guías de estudio para aquellos alumnos que, por cualquier razón, necesitan presentar un examen final o extraordinario y requieren elementos de apoyo para aprobarlos y concluir sus estudios en la Preparatoria.

La presente *Guía de estudio* es un elemento didáctico que facilita la enseñanza y el aprendizaje. Se puede utilizar de manera autodidacta o con la ayuda de los muchos profesores que a diario brindan asesorías en cada uno de los planteles de la Escuela Nacional Preparatoria.

Continuaremos buscando más y mejores elementos didácticos: presenciales y en línea, con el objetivo de ayudar a nuestros alumnos a que aprueben y egresen del bachillerato.

Sólo me resta desearles éxito en su camino personal y profesional.

Juntos por la Escuela Nacional Preparatoria.

Mtra. Silvia E. Jurado Cuéllar
Directora General

ÍNDICE

A los alumnos	7
Estrategias de aprendizaje	9
Temario de Estudio	13
Guía conceptual	15
Capítulo 1. Interacciones mecánicas, fuerza y movimiento	15
Introducción	
Objetivos	
1.1. Interacciones. Tercera ley de Newton.....	15
a) El concepto de fuerza	
b) Equilibrio de fuerzas concurrentes sobre un cuerpo	
c) Método del paralelogramo	
1.2. Velocidad media. Movimiento rectilíneo uniforme	23
a) Concepto de velocidad media	
b) Características y su representación gráfica	
1.3. Movimiento con velocidad variable	26
a) Concepto de aceleración	
b) Movimiento uniformemente acelerado (caída libre y tiro vertical): características y su representación gráfica	
1.4. Primera Ley de Newton	28
1.5. Segunda Ley de Newton	29
a) Peso de un cuerpo	
1.6. Presión	31
a) Presión atmosférica	
b) Densidad	
1.7. Presión hidrostática. Principio de Arquímedes. Principio de Pascal.....	33
1.8. Solución: Problemas para la reflexión.....	36
1.9. Autoevaluación 1	37
Capítulo 2. Interacciones térmicas, procesos termodinámicos y máquinas térmicas	40
Introducción	
Objetivos	
2.1. Trabajo y potencia mecánica	40
2.2. Transferencia y conservación de la energía mecánica. Procesos disipativos	40
a) Energía mecánica: cinética y potencial	
b) Principio de conservación de la energía mecánica	
c) Primera ley de la termodinámica	
2.3. Equilibrio térmico	46
a) Calor y temperatura	
b) Escalas termométricas: Kelvin y Celsius	
c) Ley cero de la termodinámica	

2.4. Conductividad calorífica y capacidad térmica específica	48
a) Capacidad térmica específica	
b) Formas de transmisión del calor	
c) Experimento de Joule	
d) energía interna y 1er. Ley de la termodinámica	
2.5. Transferencia de energía. Ondas	52
a) Características de las ondas mecánicas	
2.6. Eficiencia de máquinas mecánicas, térmicas y bioquímicas	54
a) Eficiencia de las máquinas térmicas	
b) Segunda ley de la termodinámica	
2.7. Solución: Problemas para la reflexión.....	56
2.8. Autoevaluación 2	57
Capítulo 3. Interacciones eléctricas y magnéticas. Fenómenos luminosos	59
Introducción	
Objetivos	
3.1 Circuitos eléctricos resistivos. Potencia eléctrica	59
a) Ley de Ohm	
b) Potencia eléctrica	
c) Resistencia equivalente en circuitos mixtos	
3.2. Efectos cualitativos entre cuerpos cargados eléctricamente	63
a) Formas de electrización: inducción, contacto y fricción	
b) Funcionamiento del electroscopio	
c) Ley de Coulomb	
d) Campo eléctrico y sus características	
3.3. Campo magnético	66
a) Interacción entre imanes	
b) Experimento de Oersted. Regla de la mano derecha	
c) Ley de Ampère	
d) Fuerza magnética sobre cables conductores de corriente	
e) Fuerza sobre una carga en movimiento	
3.4. Inducción electromagnética. Inducción de campos	69
a) Ley de Faraday	
3.5. Ondas electromagnéticas	70
a) Características del espectro electromagnético	
b) La luz: interferencia, difracción, reflexión, refracción y polarización	
3.6. Solución: Problemas para la reflexión.....	74
3.7. Autoevaluación 3	75
Capítulo 4. Estructura de la materia.....	77
Introducción	
Objetivos	
4.1. La teoría atómica electricidad	77
a) Tubos de descarga	
b) El experimento de Thomson	
c) El experimento de Millikan	
4.2. La teoría atómica de la radiación	80
a) El efecto fotoeléctrico	
4.3. Modelos atómicos.....	80

a) El experimento de Rutherford	
4.4 Física nuclear	82
a) Decaimiento radiactivo	
b) Detectores de radiactividad	
c) Aplicaciones de la radiactividad	
d) Fisión y fusión nuclear	
4.5 Autoevaluación 4	87
Examen tipo extraordinario	89
Respuestas a los instrumentos de evaluación	93
a) Autoevaluación	
b) Examen tipo extraordinario	
Para saber más	95
Bibliografía	

A LOS ALUMNOS

La *Guía de Estudio* que está en tus manos es producto de la labor académica realizada por profesores que imparten la asignatura de **Física III**, en la Escuela Nacional Preparatoria.

Este equipo de trabajo, tiene el propósito de *orientarte, aconsejarte y proporcionarte un apoyo*, para que cuando te presentes al Examen Extraordinario de **Física III**, tengas bases suficientes para contestarlo correctamente.

Esta Guía de Estudio, está estructurada en seis partes: Estrategias de aprendizaje, temario de estudio, guía conceptual, examen tipo extraordinario, respuestas a los instrumentos de evaluación y para saber más.

Las *Estrategias de Aprendizaje*, te ofrecen un horizonte hacia un aprendizaje independiente y autónomo. Para ello, conocerás estrategias para la lectura, para identificar ideas principales, elaborar y organizar información, y para mejorar la retención. Adopta aquellas que te resulten más eficientes, dependiendo de los contenidos que vas a estudiar.

En el *Temario de Estudio*, se describen los contenidos que se evaluarán en el examen. El Colegio, después de revisar el Programa de la Asignatura, consideró que éstos, son los contenidos necesarios para acreditar la asignatura con una buena formación y visión integrada de la disciplinaria.

En la *Guía Conceptual*, se hace un breve desglose de los contenidos que se muestran en el Temario de Estudio, queda claro que ésta no pretende ser un libro donde encontrarás la respuesta a todas tus dudas, simplemente te orienta sobre los conceptos y leyes que se evaluarán en el examen. Además, se organiza por capítulos siguiendo el orden del Programa de la Asignatura. Se incluyen una serie de reactivos intercalados (Problemas para la reflexión) a lo largo de la Guía con sus respuestas, y un instrumento de autoevaluación al final de cada capítulo.

El *Examen Tipo Extraordinario*, constituye una parte importante de la Guía, se presentan reactivos similares a los que se desarrollarán en el Examen Extraordinario, organizados por niveles cognitivos (conocimiento, comprensión y aplicación), que puedes resolver y de esta forma practicar para tener así una aproximación confiable a tus posibilidades de acreditar el examen.

En las *Respuestas a los Instrumentos de Evaluación*, se incluyen las respuestas a todos los reactivos que se proponen a lo largo de la Guía (Problemas para la reflexión, Autoevaluación y Examen Tipo Extraordinario), para que puedas dar seguimiento al dominio de los contenidos. A su vez, para que puedas reforzar aquellos temas en los que tu aprendizaje es deficiente y al mismo tiempo corregir los errores cometidos.

En *Para Saber Más*, se propone una bibliografía actualizada, con la seguridad de que el libro que elijas cubre todo el Temario de Estudio. En general, se encuentran en la biblioteca de tu plantel. Sin temor a equivocarnos, los encontraras en una biblioteca

pública cercana a tu casa, o bien, quizás sea el momento de adquirir un libro; los títulos propuestos se localizan en cualquier librería. Con esto, queda claro que en el momento de estudiar, necesitas la Guía de Estudio y un libro de Física.

No obstante, tales esfuerzos cumplirán su objetivo en la medida en que también haya de tu parte una decisión firme para invertir tiempo y esfuerzo en tu propia preparación, estudiando y realizando las actividades que se te proponen.

Te invitamos a que con dedicación y entusiasmo te prepares a conciencia y logres la meta de superar exitosamente **el examen**.

Por último, te recordamos que en tu plantel se imparten asesorías y cursos para preparar el examen. Si necesitas ayuda, consulta las fechas y horarios en los que puedes asistir.

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE¹

Hay muchas maneras de estudiar o preparar un examen. En esta sección te recomendamos algunas estrategias de aprendizaje que te servirán para:

- Identificar, entender, organizar, recordar y aplicar lo aprendido
- Descubrir los factores que apoyan tu aprendizaje y utilizarlos en tu beneficio
- Asumir una actitud positiva y responsable hacia el estudio

Es probable que estas estrategias ya te sean conocidas, quizás en alguna ocasión las aplicaste con resultados favorables en tu aprendizaje. Para que las recuerdes o en tu caso las conozcas, te mostramos cinco estrategias que te ayudarán a promover el aprendizaje:

1. Para la lectura

• *Hojeada rápida*

Es una lectura superficial o primera lectura. Te ayudará a elaborar una idea global de lo que debes estudiar y a recordar lo que sabes acerca de lo que se trata en el texto, en preparación de una segunda lectura, más detenida y analítica.

• *Lectura selectiva*

También es lectura rápida y superficial pero, a diferencia de la anterior, no se ocupa de lo esencial. Más bien, te apoya para buscar algo particular. Se emplea para localizar:

- Hechos (fechas, lugares, personajes).
- Conceptos de interés particular. Por ejemplo, conceptos relacionados con la transferencia del calor, como son: conducción, convección y radiación.
- Principios teóricos que se utilizan para la explicación de una ley, como la segunda ley de Newton y sus conceptos.
- Pasos específicos en la realización de un procedimiento, como despejar una ecuación.

• *Lectura comprensiva*

Para alcanzar la comprensión plena del contenido, la lectura debe ser lenta y cuidadosa. Esto requiere de un esfuerzo intelectual importante para encontrar:

- Las ideas principales
- Las relaciones entre las ideas centrales
- La relación de estas ideas con los detalles de apoyo

2. Para identificar ideas principales y detalles

• *El subrayado*

Conviene subrayar sólo una idea importante en cada párrafo:

- Títulos y subtítulos
- Palabras clave, es decir, las palabras que representan lo que se habla en todo el párrafo (definiciones, explicaciones, argumentaciones, etc.)
- Las relaciones entre las palabras clave, por ejemplo: relaciones causa-efecto, relaciones que describen contraste entre las ideas, las que identifican relaciones de antecedente-consecuente, etc.

¹ Las estrategias tienen que ver con las investigaciones de Sandra Castañeda F. y Miguel López O. En la propuesta que hacen en "Modelamiento cognoscitivo de mecanismos de aprendizaje: de novato a experto". Revista Mexicana de Psicología. 1990, Vol. 7, Núm. 1 y 2, Páginas: 157-171.

- *Elaborar notas*

Para localizar con rapidez información útil:

- Aclara las ideas centrales del contenido, escribiendo su definición.
- Compara conceptos difíciles de diferenciar, escribiendo su distinción específica.
- Relaciona detalles relevantes con las ideas principales, escribiendo el tipo de relación específica.
- Relaciona personajes, hechos y lugares con situaciones que los presentan de una manera integrada.
- Relaciona los pasos a seguir con el procedimiento correspondiente.
- Escribe palabras u oraciones breves que resuman, concluyan, deduzcan o induzcan alguna idea.

3. Para elaborar la información

Se trata de que inventes palabras o expresiones que sirvan como puentes o enlaces entre lo que ya sabes y lo nuevo que estás aprendiendo, haciendo que el material sea más comprensible y más fácil de recordar.

Agrega algo a la información, para hacerla más comprensible: un título, una oración, una imagen mental, una analogía, etc.

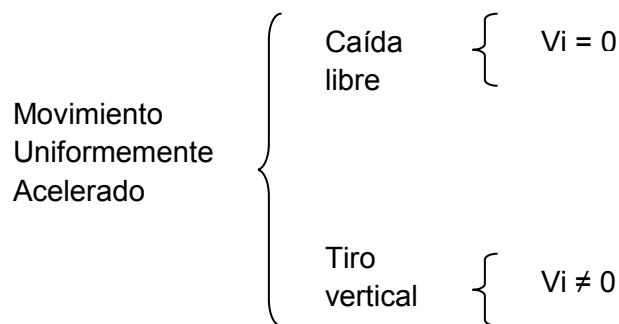
Las imágenes te ayudarán a comparar ideas, objetos y acciones; también te ayudarán a presentar gráficamente los pasos que se dan en una secuencia de movimientos o procedimientos, etc.

4. Para organizar la información

Se aplican para estructurar el contenido de estudio y organizar la información clave, como son los conceptos e ideas principales, buscando que te apoyen en la comprensión y aprendizaje. Hay varias estrategias de organización:

- *Elaboración de esquemas*

- a) Esquemas de llave. Distribuyen las ideas del material según su relación de pertenencia. Por lo común, la más general se emplea como título. Se pone a la izquierda y a continuación, a la derecha, las partes en las que se divide la idea general.

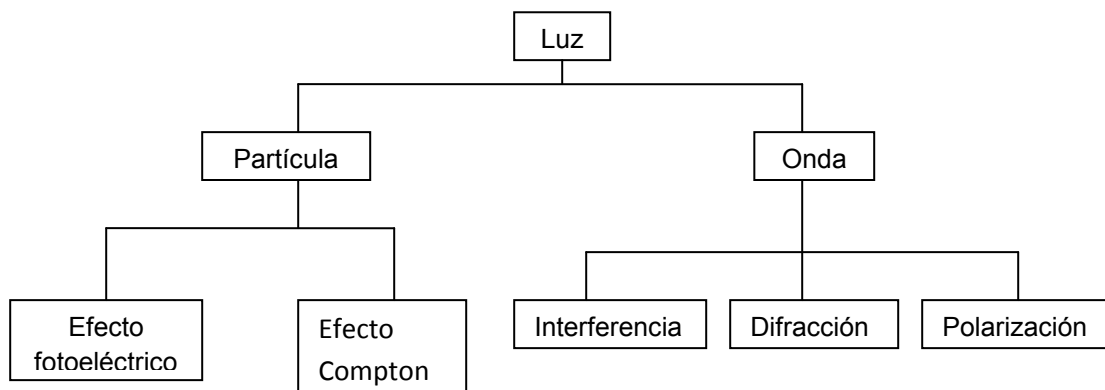


- b) Esquemas numéricos. Son útiles para ordenar índices de trabajos y organizar tus apuntes. Por ejemplo el siguiente:

FÍSICA

1. Movimiento rectilíneo uniforme.
 - 1.1. Características del movimiento
 - 1.2. Gráficas de movimiento
 - 1.3. Resolución de problemas

- c) Esquemas de subordinación. Te ayudan a identificar y expresar relaciones de jerarquía entre los conceptos



- **Establecer relaciones entre ideas**

Estrategias de agrupamiento. Te sirven para establecer relaciones que muestren las ideas o hechos que deben ponerse juntos, atendiendo a que comparten características, tienen rasgos similares, funciones parecidas o aspectos comunes. Por ejemplo, puedes hacer una lista de palabras clave de acuerdo con las funciones que cumplen en el texto: verbos, adjetivos, preposiciones, adverbios. O bien, agrupar procedimientos según el tipo de problema que solucionan. Por ejemplo:

Cantidades	
Escalares	Vectoriales
Masa	Fuerza
Volumen	Aceleración
Temperatura	Velocidad
Energía	Desplazamiento

- **Establecer secuencia temporal**

Estas estrategias son fáciles de usar y puedes aplicarlas para establecer cadenas temporales, donde los acontecimientos se relacionen en términos de antecedentes y consecuentes sin implicar una relación de causa-efecto.

- **Establecer secuencia causal**

Se refiere al tipo de relación en donde uno de los elementos es la causa de que otro ocurra, indicando el antecedente y luego la consecuencia o efecto. Por ejemplo, si se aplica corriente eléctrica (causa) a un alambre, entonces aumentará su temperatura (efecto), entre otras cosas.

- **Comparación**

Identifican diferencias y semejanzas entre objetos o entre acontecimientos. Por ejemplo, una característica de los líquidos encerrados en un recipiente es que la presión que ejercen aumenta con la profundidad, en tanto que una característica de un gas es que la presión que ejercen en cualquier punto de la superficie que lo limita tiene la misma magnitud.

- **Relaciones de descripción**

Dan información minuciosa acerca del tema presentado. Pueden precisar atributos de varias maneras: forma, tamaño, función, estructura, color, uso. Por ejemplo, la mecánica clásica conocida como la mecánica de Newton se caracterizó por su aplicación a los objetos celestes.

- *Resumen*
Puede aplicarse a diversos contenidos y consisten en efectuar los pasos siguientes:
 - a) Eliminar el material innecesario o repetido.
 - b) Sustituir términos, conceptos o acciones por otros de un grado mayor de generalidad, es decir, supraordinados.
Por ejemplo sustituir madera, plástico, vidrio y cerámica, por un concepto que los incluye a todos por ser más general (supraordinado): el de materiales aislantes. También se puede emplear esta estrategia para resumir acciones, integrando las que sean de menor generalidad.
 - c) Elaborar una síntesis, seleccionando las ideas centrales o, en su caso, construir oraciones con la información principal, sin entrar en precisiones.

- *Solución de problemas*
Consiste en dos pasos:
 - a) Decidir qué hacer:
 - Seleccionar las operaciones correctas
 - Identificar la información importante
 - Ignorar la información irrelevante
 - Estar al tanto de la información que se haya omitido
 - Estudiar las respuestas correctas para ver si se procedió acertadamente
 - b) Aplicar los conocimientos
 - Buscar formas de solución adecuadas al tipo de problema e información con que se cuenta
 - Efectuar operaciones que sean necesarias (hacer cálculos, aplicar fórmulas o resolver ecuaciones)
 - Revisar los resultados y verificar si son la solución al problema

5. Para mejorar la retención y recuperación de lo aprendido

- *El repaso y la lectura*
Cada repaso o relectura eleva el índice de recuperación de la información. Los repasos deben ser al menos dos y tener un intervalo óptimo de ocho horas entre uno y otro
- *Recuperar información*
Para recuperar de tu memoria los conocimientos ya aprendidos, efectúa ejercicios de reconocimiento de lo que ya sabes de cada contenido. El reconocimiento es un proceso relativamente sencillo. Por ejemplo, al ver a una persona nos damos cuenta de inmediato si se trata de algún conocido; de igual manera, ante un examen de opción múltiple (como el extraordinario) puedes reconocer entre varias respuestas cuál es la correcta.

La dificultad del reconocimiento depende, en gran parte:

- Del dominio que se tenga sobre el contenido que se está evaluando
- Del grado de dificultad de lo que se tenga que reconocer
- Del grado de dificultad de la tarea a realizar

Por último, te recomendamos buscar un lugar tranquilo, donde te sientas seguro para estudiar (quizás escuchando música instrumental y tomando café). Toma pausas en tu preparación, por ejemplo, distraerte un rato, asistir a una fiesta o simplemente descansar. En otras palabras, organiza tu tiempo y te darás cuenta que puedes hacer muchas cosas a lo largo del día, hasta estudiar o preparar tu examen.

TEMARIO DE ESTUDIO

Capítulo 1. Interacciones mecánicas, fuerza y movimiento

- 1.1. Interacciones. Tercera ley de Newton.
 - a) El concepto de fuerza
 - b) Equilibrio de fuerzas sobre un cuerpo. Método del paralelogramo
 - c) Resolución de problemas
- 1.2. Velocidad media. Movimiento rectilíneo uniforme.
 - a) Concepto de velocidad media
 - b) Características y su representación gráfica
 - c) Resolución de problemas
- 1.3. Movimiento con velocidad variable.
 - a) Concepto de aceleración
 - b) Movimiento uniformemente acelerado (caída libre y tiro vertical): características y su representación gráfica
 - c) Resolución de problemas
- 1.4. Primera Ley de Newton.
 - a) Movimiento rectilíneo uniforme
 - b) Resolución de problemas
- 1.5. Segunda Ley de Newton.
 - a) Peso de un cuerpo
 - b) Resolución de problemas
- 1.6. Presión.
 - a) Concepto
 - b) Presión atmosférica. Experimento de Torricelli
 - c) Densidad
 - d) Resolución de problemas
- 1.7. Presión hidrostática. Principio de Arquímedes. Principio de Pascal.
 - a) Resolución de problemas

Capítulo 2. Interacciones térmicas, procesos termodinámicos y máquinas térmicas

- 2.1. Trabajo y potencia mecánica.
 - a) Resolución de problemas
- 2.2. Transferencia y conservación de la energía mecánica. Procesos disipativos.
 - a) Energía mecánica: cinética y potencial
 - b) Principio de conservación de la energía mecánica
 - c) Resolución de problemas
- 2.3. Equilibrio térmico.
 - a) Diferencia entre calor y temperatura
 - b) Escalas termométricas: Kelvin y Celsius
 - c) Ley cero de la termodinámica
 - d) Resolución de problemas
- 2.4. Conductividad calorífica y capacidad térmica específica.
 - a) Capacidad térmica específica
 - b) Formas de transmisión del calor: conducción, convección y radiación
 - c) Experimento de Joule
 - d) Energía interna y la Primera ley de la termodinámica
 - e) Resolución de problemas

- 2.5. Transferencia de energía. Ondas.
 - a) Características de las ondas mecánicas
- 2.6. Eficiencia de máquinas mecánicas y térmicas.
 - a) Eficiencia de las máquinas térmicas
 - b) Segunda ley de la termodinámica
 - c) Resolución de problemas

Capítulo 3. Interacciones eléctricas y magnéticas. Fenómenos luminosos

- 3.1 Circuitos eléctricos resistivos. Potencia eléctrica.
 - a) Ley de Ohm. Representación gráfica
 - b) Potencia eléctrica
 - c) Resistencia equivalente en circuitos mixtos
 - d) Resolución de problemas
- 3.2. Efectos cualitativos entre cuerpos cargados eléctricamente.
 - a) Formas de electrización: inducción, contacto y fricción
 - b) Funcionamiento del electroscopio
 - c) Ley de Coulomb. Resolución de problemas
 - d) Campo eléctrico y sus características
- 3.3. Campo magnético.
 - a) Interacción entre imanes
 - b) Experimento de Oersted. Regla de la mano derecha
 - c) Ley de Ampère
 - d) Fuerza magnética sobre cables conductores de corriente
 - e) Fuerza sobre una carga en movimiento
- 3.4. Inducción electromagnética. Inducción de campos.
 - a) Ley de Faraday
- 3.5. Ondas electromagnéticas.
 - a) Características del espectro electromagnético
 - b) La luz: interferencia, difracción, reflexión, refracción y polarización

Capítulo 4. Estructura de la materia

- 4.1. La teoría atómica electricidad.
 - a) Tubos de descarga
 - b) El experimento de Thomson
 - c) El experimento de Millikan
- 4.2. La teoría atómica de la radiación.
 - a) El efecto fotoeléctrico
- 4.3. Modelos atómicos.
 - a) El experimento de Rutherford
- 4.4. Física nuclear.
 - a) Decaimiento radiactivo
 - b) Detectores de radiactividad
 - c) Aplicaciones de la radiactividad
 - f) Fisión y fusión nuclear

GUÍA CONCEPTUAL

CAPÍTULO 1 INTERACCIONES MECÁNICAS, FUERZA Y MOVIMIENTO.

Introducción

El hombre desde la antigüedad ha tratado de explicar lo que sucede a su alrededor, el “por qué” y el “cómo” de los hechos. En particular el estudio del movimiento, sus causas y efectos, ha tenido importancia porque ha dado lugar a diferentes explicaciones del universo, a través de las visiones de Aristóteles, Galileo, Newton y Einstein.

Lo anterior a partir de la relación entre el espacio y el tiempo, el planteamiento de las interrogantes de por qué se mueven los cuerpos y cómo se mantienen en movimiento.

En este capítulo se revisará el movimiento sin atender las causas que lo produjeron, es decir la cinemática. También se verá el movimiento a partir de sus causas: la dinámica, la cual comprende, entre otros conceptos, los de velocidad, aceleración y las Leyes de Newton.

Por otro lado, el vivir debajo de una capa de aire tiene su consecuencia y se tiene que estar atento a ella. Al mismo tiempo se tiene que revisar el comportamiento de los cuerpos sumergidos en el agua y el de los fluidos confinados en un recipiente. Esto es el concepto de presión y los Principios de Arquímedes y Pascal.

Objetivos

Que el alumno logre:

- Aplicar las Leyes de Newton.
- Describir el movimiento rectilíneo uniforme.
- Distinguir el movimiento uniformemente acelerado.
- Aplicar los Principios de Arquímedes y Pascal.

1.1. Interacciones. Tercera Ley de Newton.

Fuerza

Cuando dos bolas chocan entre sí sobre una mesa de billar, las dos modifican su movimiento; si con los dedos estiramos una liga esta se deforma y también los dedos sienten un efecto; en los ejemplos mencionados hay dos objetos que se influyen mutuamente, las bolas de billar entre sí y la liga con los dedos. Para el primer caso decimos que entre las bolas existe una interacción la cual produce un cambio en el movimiento en cada bola. Para el caso de la liga y los dedos, hay una interacción que produce una deformación en cada objeto.

Fuerza es la interacción entre dos objetos sobre los cuales se producen cambios en el movimiento y/o en la forma.

Otro ejemplo es el de un imán y un clip, al acercar el imán al clip, sucede que el clip se mueve hacia el imán. Colocando el imán en un hilo y colgándolo como si fuera un péndulo y dejándolo quieto (en reposo), se puede acercar el clip al imán y con toda seguridad se

verá que el imán se mueve hacia el clip. Entonces se puede decir que hay una fuerza que jala al imán hacia el clip y al mismo tiempo hay otra fuerza que jala el clip hacia el imán

En los ejemplos anteriores, se presentan condiciones donde los objetos interactúan a cierta distancia como es el caso del imán con el clip, pero en el choque de las bolas de billar y de la interacción entre el dedo y la liga los objetos están en contacto, por lo que podemos inferir que existen dos tipos de interacción mecánicas: a distancia y por contacto.

Representación de una fuerza

Si jalas una caja con una cuerda, el cambio de movimiento producido en la caja será diferente si cambias la dirección del jalón con la cuerda. Con este ejemplo te queremos decir que las fuerzas tienen una dirección y una magnitud (intensidad y tamaño son sinónimos). Estas características de las fuerzas se pueden representar en un dibujo mediante un segmento dirigido, en la figura 1.1 se muestra un segmento que representa a una fuerza.

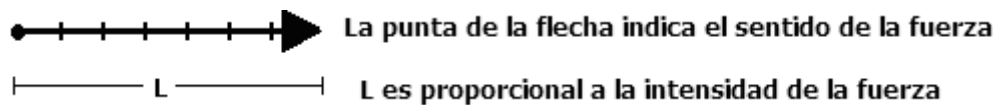
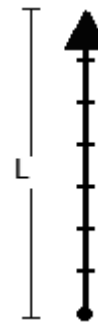


Figura 1.1. Un vector se representa por un segmento dirigido, que, por ejemplo, puede ser una fuerza.

La longitud del segmento es proporcional a la intensidad o magnitud de la fuerza, a la dirección señalada por la línea horizontal y el sentido el cual está indicado por la punta de flecha. Es claro que si dibujamos un segmento vertical, aunque, de la misma longitud será diferente del ejemplo anterior, en la figura 1.2 se muestra el segmento.

Figura 1.2 Es un segmento del mismo tamaño que el de la figura anterior, pero con una dirección distinta por lo que representa a otra fuerza.



Como las fuerzas son interacciones entre dos objetos, en la representación de las fuerzas por segmentos dirigidos siempre tendremos que señalar entre que objetos se da la interacción.

Por ejemplo, en el choque de dos bolas de billar, la roja (R) y una blanca (B). Las fuerzas presentes en la interacción se representan por los segmentos dirigidos, como se muestra en la figura 1.3.

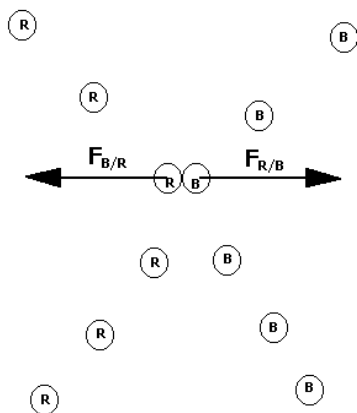


Figura 1.3. La trayectoria que siguen antes y después de chocar entre sí, dos bolas de billar, la roja (R) y una blanca (B); donde $F_{B/R}$ simboliza la fuerza de la bola blanca sobre la roja y $F_{R/B}$ representa la fuerza de la bola roja sobre la blanca.

Un objeto puede estar en interacción con otro objeto o más objetos al mismo tiempo. Piensa en una piñata, figura 1.4 que es sostenida por dos cuerdas, en este caso la Tierra jala a la piñata además de ser jalada por las dos cuerdas, ve la figura. La evidencia de que la Tierra atrae a la piñata es clara ¡si sueltas la piñata cambiará su movimiento, pronto estará en el piso, y es muy probable que la fiesta se acabe!

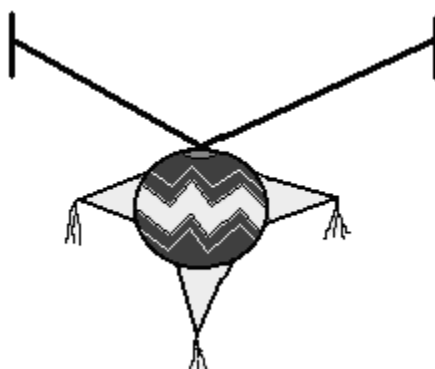


Figura 1.4. Una piñata interacciona con cada una de las cuerdas y con el planeta Tierra.

En esta situación se aplican tres fuerzas sobre la piñata, una producida por la Tierra y las otras por las cuerdas. Si se dibujan todas las fuerzas, se formará un sistema de tres fuerzas aplicándose a la piñata, a esta representación de las fuerzas sobre un objeto se le llama diagrama del cuerpo libre. A estos sistemas se les conoce como sistemas de fuerzas concurrentes o coplanares. A las fuerzas que actúan sobre un objeto a lo largo de una línea se les conoce como fuerzas colineales, por ejemplo cuando jalas un carrito de laboratorio con las manos, una para cada lado, para cada lado, las fuerzas sobre el carrito son colineales (ver figura 1.7)

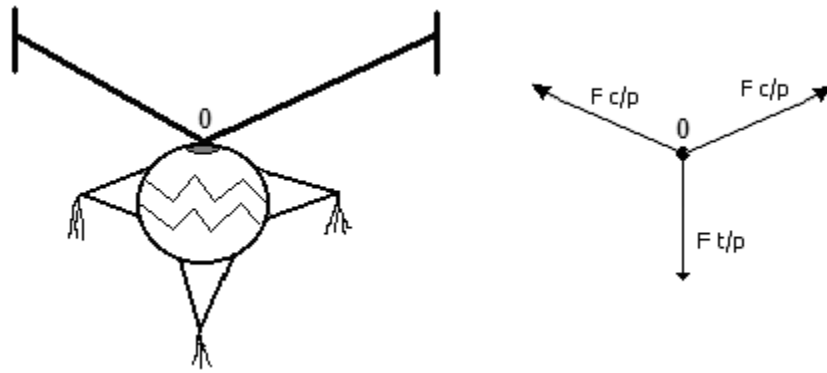


Figura 1.5. Una piñata colgada de dos cables. A la derecha se muestra la representación gráfica de cada una de las fuerzas.

En la figura 1.5. Se tiene la representación gráfica de cada una de las fuerzas, que equivale a la representación entre las cuerdas y la piñata. $F_{c/p}$ es un símbolo que indica la interacción de una de las cuerdas con la piñata; quiere decir que la cuerda tira de la piñata y dado que hay dos cuerdas entonces debe haber dos símbolos. Así mismo $F_{t/p}$ representa la fuerza de la Tierra sobre la piñata. Siempre que representemos fuerzas debemos indicar entre que objetos es la interacción.

Tercera Ley de Newton

En los ejemplos mencionados anteriormente, la interacción entre dos objetos siempre afecta a los dos cuerpos, a pesar que en alguno se observe más el cambio que en el otro. Esto significa que cada objeto siente una fuerza debido al otro. Podemos establecer que las fuerzas siempre se dan en pares cuando dos objetos interactúan. Nunca se produce una fuerza debido a un solo objeto (esté en reposo o movimiento). El genio de Newton concibió que cuando dos objetos interactúan las fuerzas que se manifiestan entre ellos son iguales, pero de sentido contrario.

En la figura 1.6 se muestran las fuerzas que se ejercen la Tierra y la Luna, según Newton estas fuerzas son iguales y de sentido contrario. El efecto de la fuerza de la Tierra sobre la Luna (cuyo símbolo es $F_{T/L}$, la letra remarcada significa que se trata de un vector) es que la mantiene girando sobre una órbita aproximadamente circular, y la fuerza de la Luna sobre la Tierra ($F_{L/T}$) produce las mareas en ella. Es decir las fuerzas que se manifiestan en una interacción entre dos objetos se aplican sobre objetos diferentes.

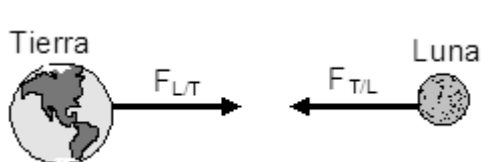


Figura 1.6 Las fuerzas entre la Tierra y la Luna, que actúan a lo largo de la línea que une los dos objetos celestes. $F_{L/T}$ y $F_{T/L}$ representan la fuerza de la Luna sobre la Tierra así como la atracción de la Tierra sobre la Luna respectivamente.

Según la Tercera Ley de Newton estas fuerzas son iguales, en intensidad, pero de sentido contrario, en símbolos:

$$F_{L/T} = - F_{T/L}$$

Fuerzas concurrentes en equilibrio

Ahora veremos que en una interacción entre tres objetos, piensa en un carrito tipo patín que se encuentra sobre la superficie de una mesa y lo jalas con las manos para la derecha y a la izquierda, como se muestra en la figura 1.7, si cada mano jala con igual intensidad al carrito. Éste permanecerá en reposo, todo el tiempo que lo jales. Entonces se puede establecer que si sobre un objeto en reposo actúan dos fuerzas colineales en sentido contrario, entonces las fuerzas son de igual intensidad o magnitud. Esto lo puedes tomar como un principio que utilizarás para analizar las fuerzas aplicadas sobre un objeto en reposo.

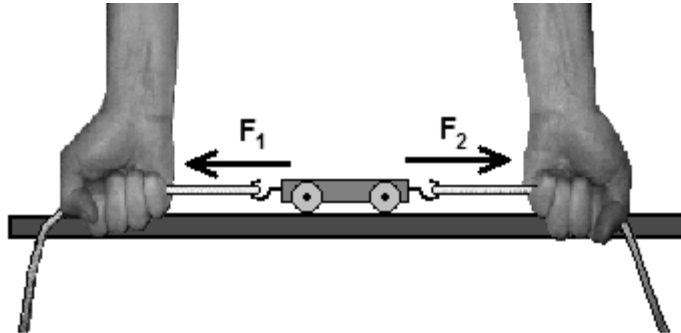


Figura 1.7. Una persona jalando a un carrito del laboratorio con ambas manos, para el lado izquierdo y el derecho, haciendo que el carro permanezca en reposo.

Considerando el principio de equilibrio, resulta que la fuerza que ejerce la mano derecha de la persona sobre el carro es de igual tamaño a la aplicada por la mano izquierda, pero actúan en sentidos contrarios. Aquí las fuerzas son iguales pero en este caso no se aplica la tercera ley para el carro ya que actúan tres objetos: la mano derecha de la persona, la mano izquierda y el carro.

Si reflexionas un poco, notarás que el reposo del carrito se presentaba antes de que aplicaras la fuerza con ambas manos, es decir no actuaba ninguna fuerza, también se presenta después del jalón por ambas manos, o sea que el carrito sigue en reposo. A partir de esta experiencia podemos establecer lo siguiente: sobre un objeto en reposo o no actúan fuerzas, o las fuerzas que se aplican se cancelan por pares.

Esta idea la podemos generalizar para el caso donde intervengan más de dos fuerzas, por ejemplo piensa en el caso de la piñata que es sostenida por dos cuerdas, es claro que si sumamos el efecto de las fuerzas que ejercen las cuerdas es equivalente a tener sólo una cuerda donde se aplica una fuerza igual a la suma de las otras dos, pero ésta debe ser igual a la que ejerce la Tierra sobre la piñata, para que se mantenga en equilibrio, si no pasaría una de dos cosas, la piñata se cae o se eleva.

A la suma de todas las fuerzas sobre un objeto la llamaremos fuerza neta, para el caso de un objeto en reposo la fuerza neta es igual a cero.

Problema para la reflexión

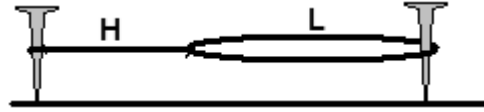
1. En un trozo de madera se encuentran dos clavos. Entre los clavos están sujetos una liga (L) y un pedazo de hilo (H), como se muestra en la figura. Las siguientes afirmaciones se refieren a las fuerzas entre la liga y el hilo. ¿Cuál es verdadera?

A) Las fuerzas son iguales en intensidad y en sentido

B) La liga jala con mayor fuerza que el hilo

C) El hilo jala con mayor fuerza que la liga

D) Las fuerzas son iguales en intensidad, pero diferente sentido



Regla del paralelogramo

En general en el mundo físico, los objetos no se encuentran aislados sino que están en permanente interacción con los demás. En el estudio de la Física, por razones metodológicas, se hace una simplificación de las condiciones de los objetos para estudiarlos, pero en la mayoría de los problemas de Mecánica, los objetos no se encuentran aislados y se tiene que encontrar la fuerza neta.

Existe un método gráfico para encontrar la magnitud y la dirección de la fuerza neta entre dos fuerzas con el mismo origen de diferente dirección e intensidad conocido como la regla del paralelogramo.

Piensa en un par de fuerzas que forman un ángulo θ entre ellas, cada una de una intensidad de 100 N, en el dibujo cada fuerza es representada por un segmento de 5 cm, a lo que llamaremos escala. En la figura 1.8 se muestra el dibujo de dos segmentos dirigidos que representan ambas fuerzas.

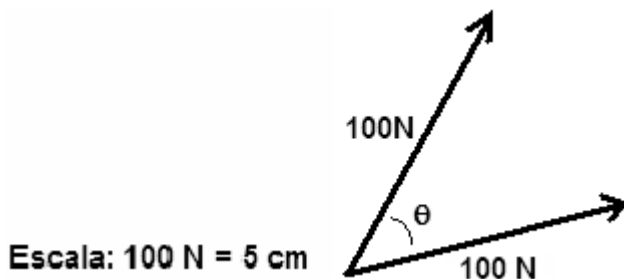


Figura 1.8. Dos segmentos dirigidos que representan a dos fuerzas que forman un ángulo entre ellas, además se muestra la escala usada para representar el tamaño de la fuerza. Debido a que la figura debe aparecer en una sola hoja, el vector podría no medir exactamente lo que indica la escala.

Para encontrar el valor de la fuerza neta o resultante, usaremos el método del paralelogramo, que consiste en trazar una paralela a cada fuerza, como se muestra en la figura 1.9; se dibuja una paralela a una de las fuerzas:

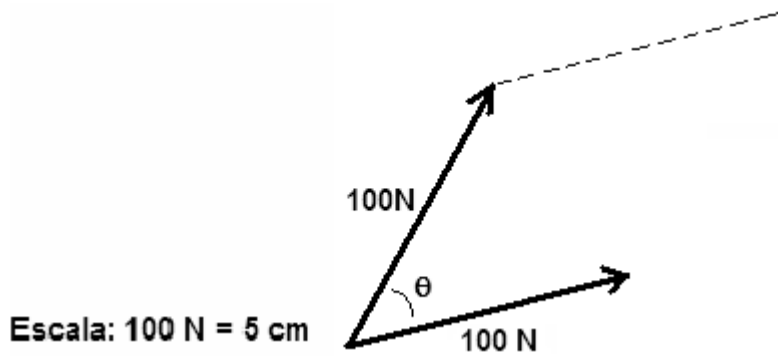


Figura 1.9. El trazo de una línea paralela a una de las fuerzas.

Posteriormente se construye una paralela a la otra fuerza, como en la figura 1.10.

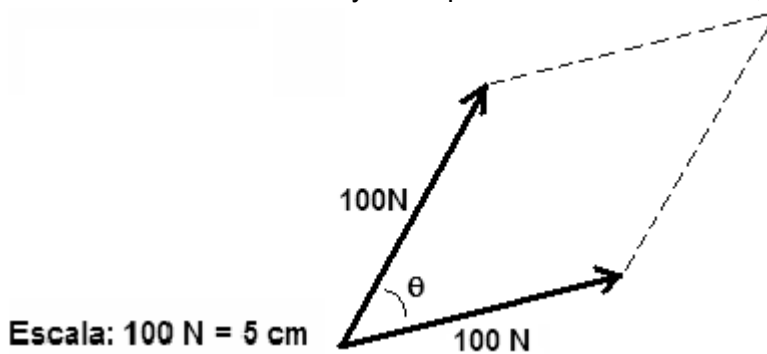


Figura 1.10. Ahora se traza una paralela a la otra fuerza, las paralelas trazadas se cortan en un punto. La figura geométrica que se forma es un paralelogramo.

Después de haber trazado las paralelas a cada fuerza, se traza la fuerza neta (F_N) que es el segmento, que comienza en el origen común de las fuerzas y termina en el punto donde se cruzan las paralelas trazadas, en la figura 1.11 se muestra un esquema del dibujo.

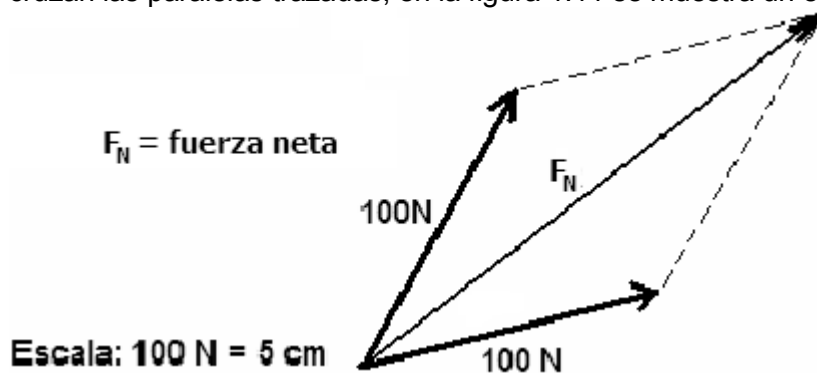


Figura 1.11. El dibujo final después de haber trazado la fuerza neta que es el segmento que forma la diagonal del paralelogramo.

La determinación del valor de la fuerza neta, se hace de la siguiente forma: se mide el segmento con una regla y con la escala establecida se transforma la longitud medida en centímetros a newtons. Si para el dibujo, el segmento mide 7 cm, lo cual expresado en newtons resulta que la fuerza neta será de 140 N. Dado que las fuerzas tienen dirección, ésta la podemos expresar midiendo el ángulo que hay entre una de las fuerzas, y la fuerza neta.

Considera el siguiente problema: quieres medir el peso de un bloque que es sostenido por dos cuerdas, las cuales se encuentran provistas de un par de dinamómetros que indican la magnitud de la fuerza que aplica cada cuerda sobre el bloque. Para hacer más sencillo el problema considera el caso en que el bloque está en reposo colgando de las cuerdas.

El valor que indica cada dinamómetro es de 200N formando un ángulo con la horizontal de 30° como se indica en la figura 1.12.

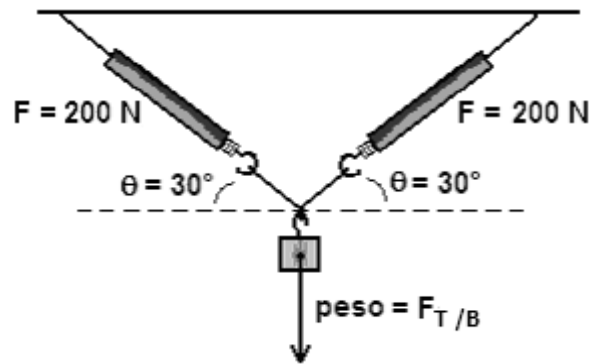
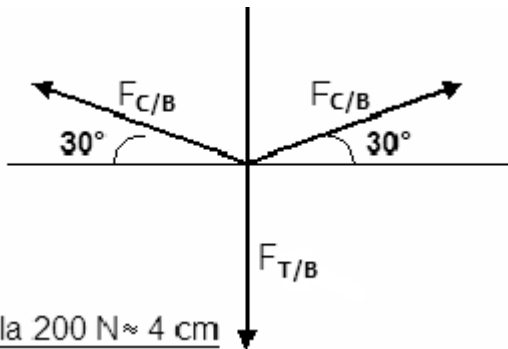


Figura 1.12. Una pesa colgada de dos cuerdas.

Para solucionar el ejercicio planteado, te proponemos el siguiente razonamiento: Dibuja el diagrama de fuerzas aplicadas sobre el bloque. Con el fin, de simplificar el diagrama considera el punto donde están amarradas las cuerdas con el bloque como el punto donde se aplican todas las fuerzas, en la figura 1.13 se muestra un esquema de todas las fuerzas aplicadas.

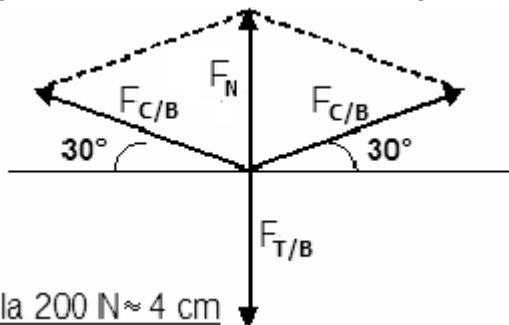


Escala $200\text{ N} \approx 4\text{ cm}$

Figura 1.13. La fuerza hacia abajo señala la interacción entre la Tierra y el bloque ($F_{T/B}$), las otras representan las fuerzas que se aplican entre las cuerdas y el bloque ($F_{C/B}$).

Como la pesa está en reposo, entonces la fuerza que ejerce la Tierra sobre la pesa está equilibrada por otra de igual tamaño con sentido contrario. Por lo que, en esta situación esa fuerza debe apuntar hacia arriba y numéricamente es igual al peso del bloque, pero esta fuerza es justamente la suma de las fuerzas que ejercen las cuerdas sobre el bloque, que llamaremos F_N . Por lo tanto, al hallar la F_N se resuelve el problema.

Para encontrar F_N de las cuerdas sobre el bloque utilizaremos el método del paralelogramo, como se muestra en la figura 1.14.



Escala $200\text{ N} \approx 4\text{ cm}$

Figura 1.14. Paralelogramo trazado para encontrar la fuerza neta o resultante (F_N) de las fuerzas ejercidas por las cuerdas.

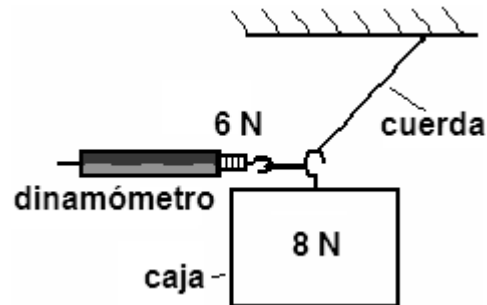
Al medir el segmento resultante nos da el valor en cm, cuyo valor en newtons se calcula usando la escala establecida al momento de trazar el paralelogramo (Escala $200\text{ N} = 4\text{ cm}$).

Por lo que, si la longitud del segmento es de 6 cm , entonces la magnitud de la fuerza resultante es de 300 N con una dirección vertical y sentido hacia arriba. De aquí que entonces por el principio del equilibrio, el peso del bloque es de 300 N .

Problema para la reflexión

2. Una caja de 8 N de peso está colgada del techo. Si una persona la jala horizontalmente con un dinamómetro, aplicándole una fuerza de 6 N . ¿Cuál es la magnitud de la fuerza de la cuerda que la sostiene del techo?

- A) 6 N
- B) 8 N
- C) 10 N
- D) 14 N



1.2. Velocidad media. Movimiento Rectilíneo Uniforme.

Un objeto que se mueve en una trayectoria rectilínea y recorre distancias iguales en tiempos iguales se dice que tiene un movimiento rectilíneo uniforme (mru). En la vida diaria, la mayoría de los objetos que se mueven con un movimiento rectilíneo uniforme, sólo lo realizan en distancias muy cortas, ya que generalmente están cambiando su movimiento. A pesar de que es difícil percibir las condiciones para que un objeto se mantenga en mru, en la realidad se requiere que una fuerza constante se aplique al objeto para mantener su movimiento debido a la fricción que existe entre las superficies, ya que si se deja de ejercer la fuerza sobre el objeto éste pronto se detendrá como consecuencia del rozamiento entre el objeto y la superficie donde se desplaza.

Para entender esto con más detalle, pensemos en una mesa de aire donde un disco se desliza sobre la capa de aire (esto es, casi sin fricción) y se mueve con una gran rapidez. Pero, si se lanza sin el colchón de aire el disco avanzará una pequeña distancia y se detendrá. Lo que ocurre, es que el rozamiento del disco con la mesa es el factor que lo va a detener en su trayectoria, ¿por qué se dice esto?, porque al separar el disco de la mesa mediante el colchón de aire, el disco se mueve durante un tiempo largo sin detenerse. En otras palabras, si un objeto se mueve en condiciones donde el rozamiento no existiera, implicaría que el objeto se seguiría moviendo sin necesidad de que se le empujara.

Si comparas las distancias recorridas por el disco y los tiempos a lo largo de su trayectoria podrás verificar que el disco tiene un mru. Ello explica porque en la vida diaria tenemos que empujar constantemente a los objetos para mantenerlos en movimiento, pues el rozamiento entre las superficies de los objetos hace que vayan disminuyendo su rapidez.

Velocidad

Durante los juegos Olímpicos, en las competencias de pista y campo, a la carrera de los 100 metros planos la llaman la carrera reina debido que al corredor que la gana lo declaran el más rápido del mundo. La característica principal es que el ganador de la competencia es el que ocupa menos tiempo en recorrer la distancia.

También, en el ciclismo existe una competencia muy interesante, el kilómetro contra reloj, que consiste en recorrer la mayor distancia en una hora y obviamente al ganador además de darle su medalla, lo anuncian como el más rápido entre los ciclistas que participan en la carrera.

Estos ejemplos ilustran lo siguiente, que el corredor más rápido es el que ocupa menos tiempo en recorrer una misma distancia o el que recorre una mayor distancia en el mismo tiempo. Lo que quiere decir, lo rápido con que se mueve un objeto, depende de la distancia recorrida y el tiempo en hacerlo. En términos de Física, lo rápido lo asociaremos con la velocidad del objeto, de tal forma que la velocidad es la relación que existe entre la desplazamiento recorrido por un objeto y el tiempo ocupado en recorrer dicha distancia, es decir, el cambio de la posición en cada unidad de tiempo, por lo que el desplazamiento es una cantidad vectorial.

Una forma de expresarlo es: velocidad de un objeto = desplazamiento / tiempo empleado

Para el caso particular de un movimiento rectilíneo uniforme, la rapidez es el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo transcurrido (por lo que sus unidades son m/s), nos da un valor constante, es decir, la rapidez siempre tiene el mismo valor. Por lo que se puede calcular como:

$$v = \frac{d}{t}$$

En los casos más generales del movimiento de un cuerpo para conocer la velocidad es necesario saber la dirección y sentido que tiene, además de su magnitud. A manera de ejemplo piensa en los datos que requiere un controlador de vuelo de un aeropuerto para conducir a un avión hasta la pista de aterrizaje, aquí el controlador le requiere conocer la velocidad de la aeronave y la velocidad del viento, piensa en la dirección y el tamaño de la velocidad de un avión si hay viento en una dirección perpendicular al de la avión o la velocidad de un bote con motor que cruza de un lado a otro de un río con una cierta corriente.

Ejemplo: se ha determinado experimentalmente que la luz viaja en el vacío (ausencia de materia), a una velocidad constante de 3×10^8 m/s, ¿cuánto tiempo tardará un rayo de luz en viajar del Sol a la Tierra si la distancia entre los dos astros es de 15×10^{10} m?

Sustituyendo en la expresión dada,

$$3 \times 10^8 \text{ m/s} = \frac{15 \times 10^{10} \text{ m}}{\text{tiempo}}$$

Despejando el tiempo, obtenemos que:

$$\text{tiempo} = \frac{15 \times 10^{10} \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}}$$

$$\text{tiempo} = 500 \text{ s}$$

Esto es ¡8.33 minutos!

Velocidad media

La distancia aproximada por carretera de la ciudad de México a Acapulco es de 400 km, si este trayecto fue recorrido en un tiempo de 4 h, entonces se dice que el automóvil llevó una velocidad “promedio” de 100 km/h, independientemente de que haya habido detenciones, o en algunos tramos la velocidad fuera mayor o menor a este valor. Este resultado se obtuvo de dividir la distancia recorrida (400 km) entre el tiempo (4 h), lo cual comúnmente se maneja como velocidad media, misma que se representa como:

$$\text{velocidad media } (v_m) = \text{distancia total recorrida} / \text{tiempo transcurrido}$$

Una forma de describir los movimientos es por medio de las gráficas de distancia contra tiempo, figura 1.15, así véase el siguiente ejemplo en el cual un automóvil realizó un viaje de México a Cuernavaca, saliendo el mismo de la Prepa 5, permaneciendo en la ciudad de la eterna primavera seis horas y regresándose al centro de la ciudad de México, aproximadamente 90 km (las distancias en las carreteras se toman desde el centro de las ciudades), de acuerdo con la gráfica.

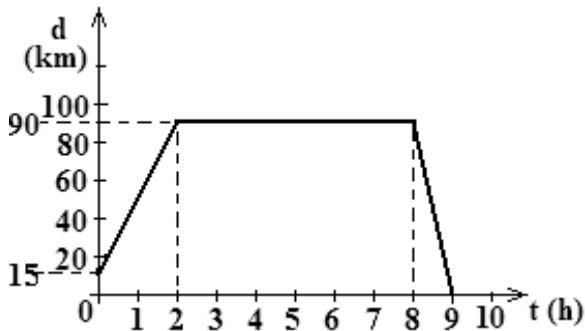
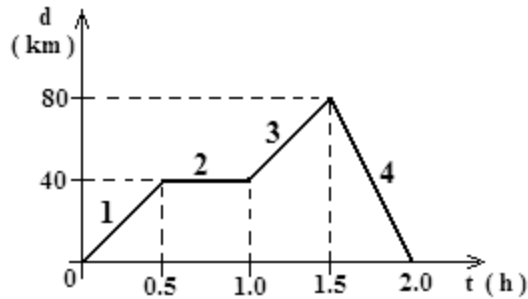


Figura 1.15. Gráfica de distancia contra tiempo.

El análisis de la gráfica nos señala, además, que en el trayecto de ida se invirtieron dos horas, posiblemente se detuvieron a comer quesadillas en Tres Marías, y en el regreso se hizo en una hora, lo cual implicó una velocidad media de 37.5 km/h y 90km/h, respectivamente, para cada viaje.

Problema para la reflexión

3. La posición d , de un automóvil en una carretera varía con el tiempo t , de acuerdo con la gráfica de la figura, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es **falsa**?



- A) En el trayecto 1, el automóvil recorrió 40 km en una hora.
- B) En el trayecto 2, el automóvil estuvo en reposo, velocidad nula.
- C) En el trayecto 3, el automóvil recorrió 40 km en media hora.
- D) En el trayecto 4, el automóvil regresó a su punto de origen.

1.3. Movimiento con velocidad variable

Si volteas a tu alrededor, notarás que en la mayoría de los casos, los objetos cambian continuamente su velocidad con respecto al tiempo.

En el caso de un auto que aumenta su velocidad cuando se prende la luz verde de un semáforo, después disminuye su velocidad cuando se enfrenta con la luz roja del semáforo y en el caso de dar vuelta en una esquina, cambia su dirección. Cuando un objeto cambia su velocidad con respecto al tiempo se dice que está acelerado.

$$\text{aceleración} = \frac{\text{Cambio de velocidad}}{\text{tiempo}}$$

En símbolos, $\mathbf{a} = \frac{\Delta \mathbf{V}}{\Delta t}$, y sus unidades son m/s^2

donde $\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v}_f - \mathbf{v}_i$ y Δt es el intervalo de tiempo en que la velocidad cambia.

En la anterior expresión \mathbf{v}_f es la velocidad final que alcanza el objeto cuando cambia su velocidad y \mathbf{v}_i es la velocidad inicial del objeto antes de que su velocidad empezara a modificarse.

Cuando quieres comprar un auto, las agencias automotrices, te brindan información acerca de las características del coche. Por ejemplo: si preguntaras por las especificaciones del Jetta de la Volkswagen, te dirían que ese auto alcanza una velocidad de 100 km/h, en 10.5 segundos; sí parte del reposo. ¿Cuál es la aceleración del Jetta?

$$\Delta t = 10.5 \text{ s}; \quad v_f = 100 \text{ km/h} = 27.7 \text{ m/s} \quad \text{y} \quad v_i = 0 \text{ km/h} = 0 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, $\Delta v = v_f - v_i$

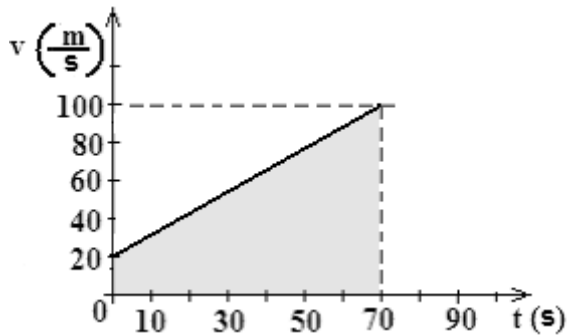
$$\Delta v = 27.7 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = 27.7 \text{ m/s.}$$

$$\text{Entonces la aceleración} = \frac{27.7}{10.5} \text{ m/s}^2$$

$$a = 2.63 \text{ m/s}^2$$

Esto significa que la velocidad del Jetta aumenta 2.63 m/s cada segundo que pasa. La siguiente gráfica de velocidad contra tiempo, representa el movimiento de un objeto. De ella se puede obtener la aceleración y la distancia recorrida. La aceleración se relaciona con la inclinación de la recta, a mayor inclinación mayor será la aceleración del objeto; la distancia tiene que ver con el área bajo la recta, es decir, entre la recta y el eje horizontal (zona sombreada), a mayor área mayor será la distancia que recorrió el objeto.



Para este caso en particular, la aceleración del objeto es:

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{100 - 20}{70} \text{ m/s}^2 = 1.14 \text{ m/s}^2$$

La distancia recorrida por el objeto, corresponde al área de un trapecio:

$$d = \frac{(v_i + v_f)}{2} t = \frac{(100 + 20)}{2} 70 = 4200 \text{ m}$$

Caída libre

La caída libre es un caso particular de un movimiento con aceleración constante. Cuando se deja caer un cuerpo desde cierta altura su velocidad se va incrementando conforme avanza, se tiene un movimiento uniformemente acelerado (aceleración constante). La característica de la caída libre es que la velocidad inicial es cero y la aceleración que lleva se debe a la gravedad ($a = g = 9.8 \text{ m/s}^2$).

Ejemplo: un cuerpo se deja caer desde lo alto de un edificio, y tarda 3 s en llegar al suelo. Considera despreciable la resistencia del aire.

- ¿Con qué velocidad llega al suelo?
- ¿Cuál es la altura del edificio?

Analizando el problema, se tiene que:

$$v_i = 0$$

$$t = 3 \text{ s}$$

$$a = g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

a) Del concepto de aceleración $v_f = v_i + a t$

sustituyendo valores $v_f = a t$

$$v_f = (9.8 \text{ m/s}^2) (3 \text{ s}) = 29.4 \text{ m/s}$$

b) De las ecuaciones de movimiento $d = v_i t + \frac{1}{2} a t^2$

sustituyendo valores $d = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} (9.8 \text{ m/s}^2) (3 \text{ s})^2 = 44.1 \text{ m}$

Tiro vertical

Otro caso de un movimiento con aceleración constante es el tiro vertical. Cuando se lanza un objeto verticalmente hacia arriba su velocidad disminuye poco a poco hasta hacerse nula en el punto más alto de la trayectoria ($v_f=0$), es decir, es un movimiento desacelerado.

Problema para la reflexión

4. Un astronauta, en la Luna, arrojó verticalmente hacia arriba una pelota con una velocidad inicial de 8 m/s. Éste tardó 5 s para alcanzar el punto más alto de su trayectoria. Calcula el valor de la aceleración de la gravedad lunar.

A) -40 m/s^2

B) -13 m/s^2

C) -3 m/s^2

D) -1.6 m/s^2

1.4. Primera Ley de Newton

Newton logró establecer la ley que hoy conocemos como Ley de la Inercia o la Primera Ley de Newton destacando la observación hecha por Galileo. En el lenguaje actual, diría lo siguiente: un objeto en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme no modificará esa condición a menos que una fuerza neta externa se aplique sobre él.

Un ejemplo interesante, es el siguiente: si con un dinamómetro se sube verticalmente un objeto con un mru se notará que la aguja del dinamómetro no se mueve, señalando que el peso del objeto no cambia. ¿Qué pasa en este caso?

Si haces un diagrama de cuerpo libre, te podrás dar cuenta que la fuerza neta es cero, ya que la fuerza que hace la Tierra sobre el objeto está equilibrada con la que ejerce el dinamómetro sobre el objeto, lo que implica, que estas fuerzas son iguales. Por lo tanto, un objeto con mru implica que la fuerza neta es cero o no hay fuerzas aplicadas al objeto.

Si un automóvil en movimiento rectilíneo es impulsado por su motor con la fuerza justa para vencer la fricción (es decir, la fuerza neta sobre el automóvil es cero) ¿cuáles son las condiciones de su movimiento?.

Las condiciones son las siguientes: su aceleración es cero, su velocidad es constante y recorre distancias iguales en lapsos de tiempo iguales.

1.5. Segunda Ley de Newton

En esta sección se analizará la relación que existe entre las fuerzas, los cambios de movimientos y la masa de los objetos.

Cuando a un objeto en movimiento se le aplica una fuerza, de tal forma que la fuerza y el movimiento tienen la misma dirección, figura 1.16, entonces el objeto aumenta su velocidad. Nada más recuerda que la fuerza aplicada es producto de la interacción con otro objeto, no obstante que no se vea físicamente el mismo.

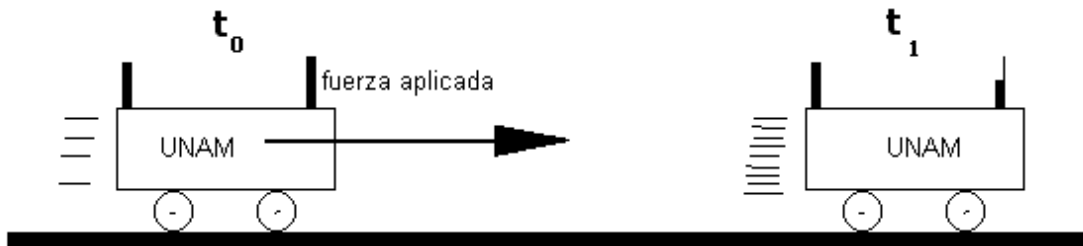


Figura 1.16. En el esquema se muestra la acción de una fuerza aplicada a un carro del laboratorio, durante el intervalo de tiempo t_1-t_0 , por lo que su velocidad se incrementa. El número de rayas en la parte trasera del carro son proporcionales a la velocidad.

Otro caso, es cuando la fuerza aplicada actúa en sentido contrario a la dirección del movimiento, el efecto sobre el movimiento del objeto es que éste disminuye su velocidad.

Por otra parte, si se aplica una fuerza perpendicularmente a la dirección del movimiento de un objeto, entonces el objeto desvía su trayectoria. En la figura 1.17 se muestra la desviación de la trayectoria de un balón de hierro en movimiento cuando pasa cerca de un imán.

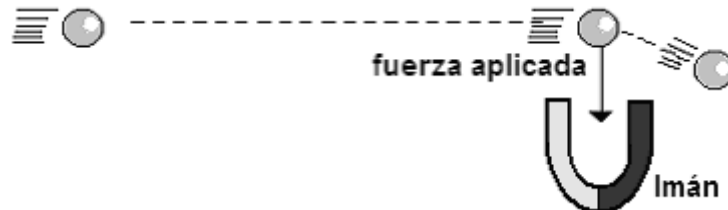


Figura 1.17. La acción de un imán sobre el movimiento de un balón de hierro, desviándolo de su trayectoria, aunque su rapidez pueda no variar. La aceleración del balón se debe a su cambio en la trayectoria debido al carácter vectorial de la velocidad, mencionado antes.

Resumiendo estas situaciones físicas, podemos establecer que un objeto está acelerado si: aumenta su rapidez en el tiempo, disminuye su rapidez en el tiempo y/o desvía su trayectoria en el tiempo. Si se mide el cambio de velocidad y el valor de la fuerza aplicada, se llegaría a la relación siguiente:

$$\Delta \mathbf{v} / \Delta t \propto \mathbf{F} \qquad \mathbf{a} \propto \mathbf{F}$$

Además, el cambio de la velocidad de un objeto está determinado por la propiedad llamada masa. Si una fuerza se aplica a un objeto, éste por la relación anterior cambiará

su velocidad, pero si la masa del objeto aumenta, el cambio de velocidad resultará menor. En la figura 1.18 se muestra un esquema de la situación.



Figura 1.18. Se muestra la acción de una misma fuerza, en momentos diferentes, sobre dos carros que tienen distinta masa, de la cual se puede observar una aceleración menor cuando la masa del objeto es mayor siempre que la fuerza aplicada sea del mismo valor. La masa es inversamente proporcional al cambio de velocidad del objeto, si la fuerza es constante.

Al medir los cambios de velocidad y la masa del objeto se obtendría que la relación entre estas variables es proporcional con el inverso, expresado en forma numérica:

$$a \propto 1 / m$$

Si se vinculan las relaciones anteriores en una sola, entonces :

$$a \propto F / m$$

que en forma de ecuación queda así: $a = F / m$

A la expresión anterior se le conoce como la Segunda ley de Newton, la cual en palabras dice: la aceleración es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa. La segunda ley se puede reescribir de la manera siguiente:

$$F = m a$$

Ejemplo:

Si a un carro tipo patín, tienen 1 kg de masa y lo jalas con un dinamómetro con una fuerza de 1 newton. ¿Cuál es la aceleración del carro?

En este caso, la fuerza aplicada es de 1 newton y la masa del objeto es de 1 kg, entonces substituyendo en la ecuación anterior $1 \text{ newton} / 1 \text{ kg} = \text{aceleración}$, haciendo la división resulta que la aceleración del carro es de $1 \text{ m} / \text{s}^2$

Peso de un cuerpo

El peso de cualquier cuerpo es la fuerza con la cual el cuerpo es atraído verticalmente hacia abajo por la gravedad. Cuando un cuerpo cae libremente hacia la Tierra, la única fuerza que actúa sobre él es su peso (p). Esta fuerza neta produce una aceleración g , que es la misma para todos los cuerpos que caen. Entonces a partir de la segunda ley de Newton se tiene la relación de peso y masa,

$$p = mg$$

Es importante establecer una diferencia entre masa y peso de un cuerpo: la masa es una propiedad de toda la materia y se considera constante; el peso es una fuerza de atracción gravitacional y varía dependiendo de la aceleración de la gravedad. Aquí debe notarse que en la vida diaria estos conceptos se confunden muy frecuentemente, porque al ir a la báscula del super, se dice que se pesan las naranjas en kg, sin embargo, recuerda que los conceptos están relacionados, pero no son los mismos.

Ejemplo:

Si la masa de tu cuerpo es de 50 kg. ¿cuánto marcará un dinamómetro en newtons? Si te pesas en un lugar donde $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

De la relación establecida anteriormente, la masa y el peso varían de tal forma que:

$$p = 50 \text{ kg} (9.8 \text{ m/s}^2)$$

por lo que, el peso del cuerpo es: $p = 490 \text{ N}$

Problema para la reflexión

5. A un objeto de masa m se le aplica una fuerza constante "F" durante un intervalo de tiempo de 6 segundos. El cambio de velocidad producido en el objeto es " Δv ". Si la fuerza se hubiera aplicado en un tercio del tiempo, ¿cuál habría sido el valor del cambio de velocidad?

- A) $\frac{1}{2}\Delta v$
- B) $\frac{1}{3}\Delta v$
- C) $2\Delta v$
- D) $3\Delta v$

1.6. Presión

La presión se define como:

$$\text{Presión} = \text{fuerza aplicada} / \text{área de contacto}$$

en símbolos $P = F / A$, y sus unidades son $\text{N/m}^2 = \text{Pa} = \text{Pascal}$

Lo cual explica por qué cuando te acuestas en un colchón se produce una deformación en él, pero es mayor si te paras sobre él. A pesar de que tu peso no cambia por modificar la posición de tu cuerpo, es mayor la deformación en el colchón porque el área de contacto disminuye. En este caso decimos que la presión sobre el colchón aumenta.

Presión atmosférica

Todos los objetos situados en la superficie de la Tierra están inmersos en un "mar de aire", es decir son rodeados por aire. Este aire como todos los cuerpos sobre la Tierra tiene un peso, debido a que la atmósfera en sus diferentes capas tiene una altura de varias centenas de kilómetros hasta la ionosfera, entonces ejerce una presión sobre éstos. Esta presión se denomina presión atmosférica.

Para medir la presión atmosférica sólo se puede recurrir a métodos experimentales, ya que no es posible con la herramienta matemática con que se cuenta, el tener una fórmula y la razón es muy simple, seguramente has sabido que las personas al subir a una montaña muy alta necesitan llevar una máscara para respirar, esto es porque el aire a esas alturas está "enrarecido", es decir, hay una menor cantidad de aire que en altitudes bajas. Si la cantidad de aire depende de la altura entonces necesitamos saber la ley de

distribución del aire en la atmósfera para determinar la presión que ejerce sobre los objetos sumergidos en él. En el laboratorio podemos determinar la presión atmosférica usando un aparato llamado barómetro de mercurio.

Experimento de Torricelli

Se llena totalmente un tubo capilar de vidrio con mercurio y se voltea, sin dejar caer el mercurio, se mete en un recipiente que contenga ese mismo líquido, se notará que la columna de mercurio baja, pero no completamente, alcanzando una altura de 56 cm aproximadamente, si el experimento se realiza en la Cd. de México. En la figura 1.19 se muestra un esquema de la experiencia.

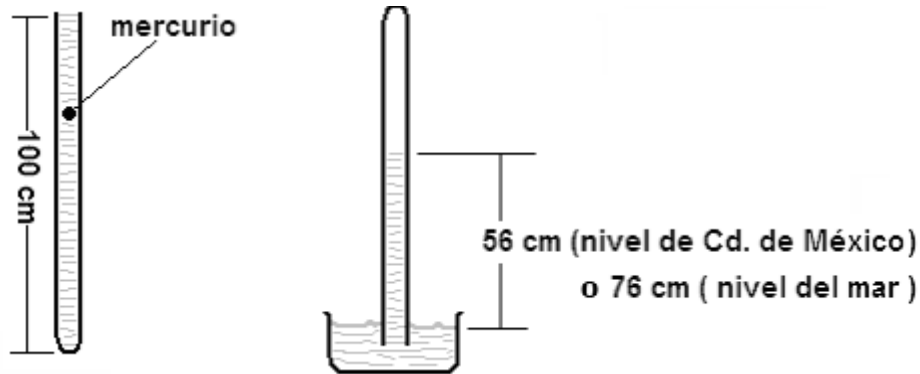


Figura 1.19. Medición de la presión atmosférica.

La razón porque no cae la columna de mercurio es que el aire exterior ejerce una presión sobre dicha columna. Torricelli realizó esta experiencia e interpretó que la altura de la columna nos proporcionaba un valor para la presión atmosférica, el midió la presión a nivel del mar y la altura de la columna fue de 76 cm o 760 mm de mercurio. Los mm de mercurio se utilizan como unidad de medida de la presión. Esta misma presión, expresada en pascales, toma un valor de 101 000 pascales.

Densidad

Si comparas el peso de un cubo de plomo con otro de iguales dimensiones de cobre, notarás que la diferencia en peso es enorme, lo que implica una gran diferencia en masa. Esto significa que a pesar de que los dos cubos tienen igual volumen uno de ellos cuenta con una masa mucho mayor, en este caso el de plomo. Desde un punto de vista molecular diríamos que los átomos de plomo están más juntos que los de cobre, además de contener una mayor cantidad de partículas en cada átomo individual. En Física, decimos que el plomo es más denso que el cobre, la densidad es la relación que existe entre la masa de un objeto y el volumen que ocupa dicha masa.

De manera formal

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa del objeto}}{\text{volumen del objeto}}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

y sus unidades son: kg / m³

Problema para la reflexión

6. La densidad de un cilindro de aluminio es ρ , si se tiene otro cilindro de plata, pero con una masa cuatro veces más grande que el cilindro de aluminio y teniendo en cuenta que el volumen es el mismo para ambos cilindros. ¿Cuál será la densidad del cilindro de plata?

- A) $\frac{1}{4}\rho$
- B) ρ
- C) 2ρ
- D) 4ρ

1.7 Presión Hidrostática. Principio de Arquímedes. Principio de Pascal.

En la figura 1.20 se muestra, un gotero graduado en cm^3 , dentro hay una masa de aire, que se baja con un contrapeso, el hilo es para controlar la bajada del gotero. Puedes observar que al bajar el gotero el volumen de aire disminuye, de forma que al aumentar la presión se comprime el aire, esto sucede a medida que baja más el gotero, con lo cual se puede concluir que el agua ejerce una presión sobre el aire contenido en el gotero. A esta presión que ejerce el agua en los objetos que se sumergen en él se le llama presión hidrostática.

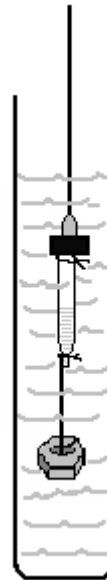


Figura 1.20. En un tubo largo de vidrio lleno con agua, se introduce un gotero sujeto a un lastre para poder bajar en la columna de agua. Al bajar el gotero, el aire contenido en él, disminuye su volumen, indicando con ello que la presión hidrostática aumenta con la profundidad.

La presión hidrostática depende de la densidad del líquido, la profundidad a la que se sumerge el objeto y el valor de la aceleración de la gravedad local.

Presión hidrostática = densidad del líquido x aceleración de la gravedad x altura de la columna de líquido.

$$P_h = \rho gh$$

Ejemplo:

¿Cuál es la presión que ejerce el agua sobre un objeto que se encuentra ubicado a 10.3 m en una fosa de clavados?

La ρ del agua es de 1000 kg/m^3 y $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

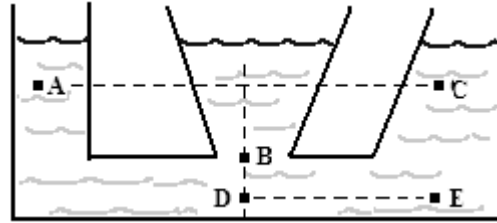
$$\begin{aligned} \text{Por lo tanto, } P_h &= (1000 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ m/s}^2) (10.3 \text{ m}) \\ &= 100\,940 \text{ Pascales} \end{aligned}$$

¡Esto es, prácticamente otra presión atmosférica!

Problema para la reflexión

7. La figura muestra un recipiente que contiene cierto líquido. ¿En cuáles puntos existe una mayor presión hidrostática?

- A) En A y B
- B) En B y C
- C) En C y D
- D) En D y E



Principio de Arquímedes

Con un dinamómetro, se pesa un cilindro de aluminio en el aire, la lectura en él es de 0.75 N. Cuando se lo sumerge en agua el dinamómetro indica un valor de 0.53 N, ver figura 1.21. Se puede concluir, que la diferencia de peso se debe a que el agua empuja al cilindro hacia arriba y esto pasa con todos los objetos que son sumergidos en agua, pesan menos dentro del agua que en el aire.

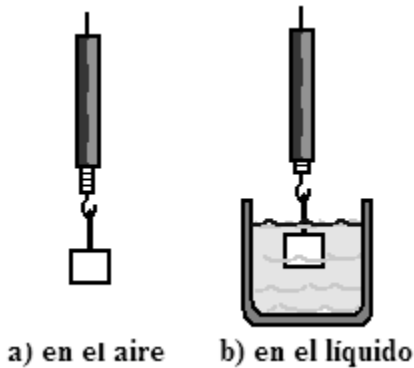


Figura 1.21. El peso de un cuerpo en el aire es mayor que cuando se pesa dentro de un recipiente con un líquido.

Arquímedes estableció que sobre un objeto sumergido en un líquido o gas recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del líquido o gas desalojado por el objeto.

Una forma de expresar este principio es de la forma siguiente;

Fuerza de empuje hacia arriba del líquido sobre el objeto =

densidad del líquido x aceleración de la gravedad x volumen desplazado

$$F_E = \rho g V_d$$

Cuando el objeto se sumerge completamente en el líquido, el volumen desplazado es igual al volumen del objeto.

Para que los barcos floten en el mar a pesar de su enorme peso, los ingenieros buscan que la densidad de los barcos sea menor que la del agua de mar, recuerda que la densidad de un objeto es la relación entre la masa del objeto y su volumen. En los barcos, aunque la masa es muy grande se busca que el volumen de esa masa desaloje una gran cantidad de agua para que la densidad del barco en conjunto sea más pequeña que la del agua. Esta diferencia de densidades genera una fuerza de empuje hacia arriba que hace flotar al barco.

Ejemplo: En el caso del cilindro de aluminio se tiene un volumen de $22 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ ¿Cuál es el empuje del agua?. Sabiendo que la densidad del agua es 10^3 kg/ m^3

$$F_E = (10^3 \text{ kg/ m}^3) (22 \times 10^{-6} \text{ m}^3) (9.8 \text{ m/s}^2) \\ = 0.22 \text{ N}$$

Problema para la reflexión

8. Se lanza una piedra a un lago profundo. Una vez que se ha sumergido completamente pero sigue precipitándose al fondo del lago, ¿qué sucede con el empuje hacia arriba conforme se sigue hundiendo en el agua?

- A) Aumenta
- B) Disminuye
- C) Es constante
- D) Es nulo

Principio de Pascal

Seguramente, alguna vez habrás jugado con una jeringa desechable. Al apretar el émbolo de la jeringa, el contenido de la jeringa sale por el otro extremo de la jeringa.

Esto significa que la presión ejercida en el émbolo, se transmite al otro lado. Otra forma de observar la transmisión de presión en el aire es colocando un pequeño globo en el cilindro de una jeringa como se muestra en la figura 1.22.

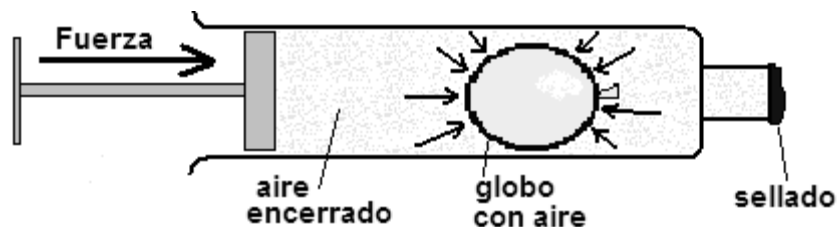


Figura 1.22. Al ejercer una fuerza sobre el émbolo el aire del cilindro aumenta su presión que hace disminuir el volumen del globo, verificando con ello que el incremento de presión sobre el aire del cilindro se propagó para todas partes.

Al comprimir el aire de la jeringa con el émbolo, notarás que el volumen del globo es cada vez más pequeño, no modifica su forma y al soltar el émbolo éste regresa a su posición original y el globo recupera su forma y tamaño inicial. Si en lugar de aire pones agua en el cilindro de la jeringa se notará el mismo efecto, pero ahora requieres ejercer una presión mucho mayor en el émbolo de la jeringa. Es decir los gases y los líquidos permiten transmitir presiones en ellos.

Pascal hizo la observación de éste hecho y estableció un principio que describe cómo se transmiten las presiones en los líquidos y gases, figura 1.23.

La presión ejercida en un punto de un fluido, encerrado en un recipiente, se transmite por igual a todos los puntos del fluido.

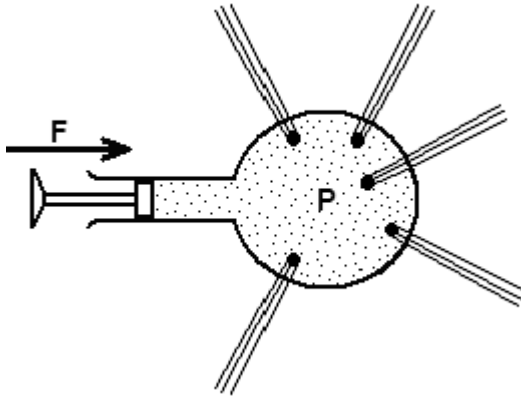


Figura 1.23 En la jeringa de Pascal se demuestra que las presiones ejercidas por un líquido en todos los puntos son iguales y son perpendiculares a las paredes del recipiente.

Resumen

Los conceptos clave de este capítulo son: velocidad, aceleración, fuerza, presión, densidad y fuerza de empuje.

Leyes de Newton:

- Primera Ley o Ley de la Inercia: un objeto en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme no modificará esa condición a menos que una fuerza neta externa se aplique sobre él.
- Segunda Ley: la aceleración es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa, $\mathbf{F} = m \mathbf{a}$.
- Tercera Ley o Ley de la Acción y la Reacción: a toda acción corresponde una reacción de la misma magnitud pero en sentido contrario.

Principio de Arquímedes: un objeto sumergido en un líquido o gas recibe una fuerza de abajo hacia arriba igual al peso del líquido o gas desalojado por el objeto.

Principio de Pascal: La presión ejercida en un punto de un fluido, encerrado en un recipiente, se transmite por igual a todos los puntos del fluido.

Se te recomienda que hagas un cuadro con los conceptos, sus ecuaciones y unidades. Recuerda que la base para poder aplicar los conceptos es que los tengas comprendidos, no sólo memorizados.

1.8. Solución a los problemas para la reflexión

- 1) D Por tercera ley de Newton.
- 2) C Se aplica el Teorema de Pitágoras.
- 3) A Porque recorre 40 km en media hora.
- 4) D $v_f = v_i + a t$, pero $v_f = 0$, entonces $0 = v_i + a t$, por lo tanto $a = -v_i/t$.
- 5) B Al disminuir el tiempo de aplicación de la fuerza disminuye el cambio de velocidad.
- 6) D La densidad es m/V , por lo que al aumentar la masa, también aumenta la densidad cuando el volumen es constante.
- 7) D La presión depende de la profundidad y estos puntos están a igual profundidad.
- 8) C El empuje depende del volumen del cuerpo sumergido, no de la profundidad.

1.9. Autoevaluación 1

INSTRUCCIONES. En unas hojas aparte realiza tu autoevaluación. Lee cuidadosamente cada una de las preguntas, intenta razonarlas, si es necesario realiza un diagrama que te ayude a visualizar el fenómeno del que se trata y analiza los datos proporcionados en el enunciado. Por favor, intenta escribir tus procedimientos completos, esto es muy útil para que puedas revisarlas y preguntarle tus dudas a alguien. Cuando hayas terminado compara con las respuestas que se encuentran al final de la Guía. Marca las respuestas correctas con una ✓, y obtén tu calificación, de la siguiente manera:

$$\text{Calificación} = (\text{No. de aciertos}) \left(\frac{10}{14} \right)$$

1. Al golpear un clavo con un martillo. ¿Cuántas fuerzas están involucradas en la interacción entre ellos?

- A) 0
- B) 1
- C) 2
- D) 3

2. Una caja se desliza sobre una superficie sin fricción, con velocidad constante. ¿Qué se requiere para mantener dicha velocidad?

- A) Ninguna fuerza
- B) Que no exista gravedad
- C) Que el peso de la caja sea muy pequeño
- D) Una fuerza constante en la dirección del movimiento

3. ¿Qué tiempo tarda en llegarnos un mensaje de Marte cuando la distancia entre la Tierra y Marte es de 366,000,000 km y la velocidad del mensaje es de 300 000 km/s?

- A) 120 s
- B) 1 000 s
- C) 1 200 s
- D) 1 220 s

4. Un avión vuela con dirección norte con una velocidad de crucero de 600 km/h. En la dirección Este sopla viento a 40 km/h. ¿Cuál es la velocidad neta del avión?

- A) 24 000 km/h
- B) 640 km/h
- C) 601.3 km/h
- D) 540 km/h

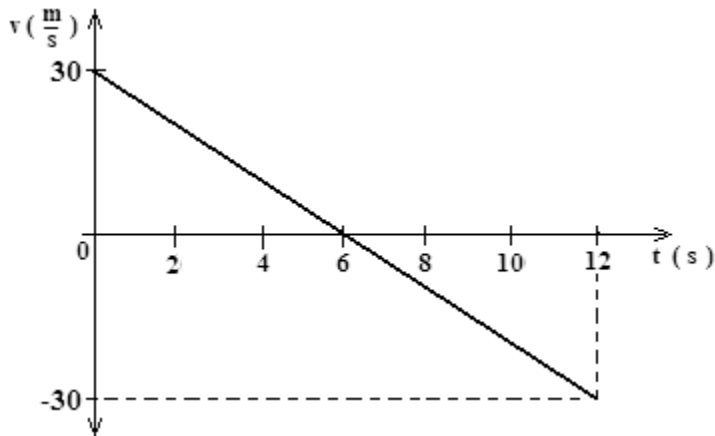
5. Un auto se mueve con una rapidez de 15 m/s cuando el conductor aplica los frenos haciendo que el auto se detenga totalmente en 3 s. Calcular la aceleración que los frenos imprimen al auto.

- A) 5 m/s²
- B) 45 m/s²
- C) -5 m/s²
- D) -45 m/s²

6. Una pelota de tenis y otra de acero sólido del mismo tamaño, se sueltan desde la misma altura. Considerando despreciable la fricción con el aire. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

- A) Ambos son atraídos por la Tierra por fuerzas iguales
- B) La esfera de acero alcanza la superficie primero
- C) La pelota de tenis alcanza la superficie primero
- D) Las dos alcanzan la superficie al mismo tiempo

7. El diagrama representa el tiro vertical de un proyectil lanzado hacia arriba. Las siguientes afirmaciones acerca de su movimiento son correctas, a excepción de:



- A) La velocidad con la que sube es de 30 m/s
- B) A los 12 segundos su velocidad es máxima
- C) La aceleración es constante en todo momento
- D) Después de 6 segundos alcanza la altura máxima

8. Si una fuerza (constante) aplicada a un cuerpo le comunica una aceleración constante. ¿Qué aceleración comunica esa misma fuerza a otro cuerpo cuya masa es la mitad del primero?

- A) El doble
- B) La mitad
- C) La misma
- D) No lo acelera

9. ¿Qué tipo de movimiento le imprime una fuerza constante F a un objeto de masa m , en ausencia de fuerza de fricción?

- A) Movimiento con rapidez constante
- B) Movimiento con velocidad constante
- C) Movimiento con aceleración variable
- D) Movimiento con aceleración constante

10. Un buzo está nadando a 20 m bajo el agua. Si la densidad del agua del mar es $1\,030\text{ kg/m}^3$, ¿cuál será la presión hidrostática a la que se encuentra el buzo? Considera $g = 9.8\text{ m/s}^2$.

- A) 2.02×10^6 pascales
- B) 1.51×10^6 pascales
- C) 1.01×10^6 pascales
- D) 2.02×10^5 pascales

11. Un globo inflado con aire se hundirá en el agua si se le coloca como lastre una piedra lo bastante pesada. ¿Qué ocurrirá al volumen del globo a medida que se hunde?

- A) Aumenta
- B) Disminuye
- C) Permanece igual
- D) Se revienta

12. Un barco cuyo peso es de varias toneladas, navega río abajo hacia el mar. ¿Qué sucede con la fuerza de empuje cuando el barco entra al mar? Considera que la densidad del agua del río es $1\,000\text{ kg/m}^3$ y la del mar es $1\,030\text{ kg/m}^3$.

- A) Desaparece la fuerza de empuje
- B) Es igual que en el río
- C) Es menor que en el río
- D) Es mayor que en el río

13. Cuando a una jeringa le metemos el émbolo hasta el fondo, después le tapamos la salida y luego jalamos el émbolo, se observa que dicho émbolo se regresa solito, esto se debe a que:

- A) El vacío que se forma dentro al sacar el émbolo, lo atrae
- B) La presión atmosférica empuja al émbolo y lo obliga a regresar
- C) Todo cuerpo tiende siempre a conservar su estado original
- D) La baja presión que queda dentro de la jeringa, lo succiona

14. Un bloque de madera pesa 30 N en el aire, al colocarlo en agua el bloque flota. ¿Cuál es la fuerza de empuje que recibe del agua?

- A) 0 N
- B) 20 N
- C) 30 N
- D) 40 N

CAPÍTULO 2

INTERACCIONES TÉRMICAS, PROCESOS TERMODINÁMICOS Y MÁQUINAS TÉRMICAS

Introducción

En este capítulo se da una visión general de la transmisión y transformación de la energía mecánica y térmica. Así como de las diferencias entre los conceptos de calor y temperatura.

En particular, a la transmisión de la energía como calor se le dedica un especial interés, ya que existe una rama de la física casi exclusivamente para el estudio y aplicaciones de ésta, conocida como termodinámica. En este punto, se calcula la eficiencia de una máquina térmica.

Objetivos

Que el alumno logre:

- Comprender los conceptos de trabajo, energía cinética y energía potencial.
- Aplicar el principio de conservación de la energía mecánica
- Comparar los conceptos de temperatura y calor.
- Describir la transferencia de energía por medio de ondas mecánicas.
- Interpretar y aplicar las leyes de la termodinámica.

2.1. Trabajo mecánico y potencia mecánica

Trabajo mecánico

Cuando subes un objeto a cierta altura respecto al piso; decimos que realizas trabajo sobre el objeto, de la misma manera, si deslizas un objeto sobre el piso por una fuerza que se aplica sobre él. En Física, definimos el Trabajo = fuerza por desplazamiento, en símbolos $W = F \cdot d$ cuyas unidades son: (N) (m) = J

En general, la fuerza no se encuentra en la dirección del desplazamiento (ver figura 2.1), sólo su componente “x” realiza trabajo, es decir, $F_x = F \cos \theta$ es la fuerza que se aprovecha para el movimiento, por lo que el trabajo se puede calcular con:

$W = F d \cos \theta$, donde d es la distancia recorrida (desplazamiento neto) y θ es la dirección de la fuerza respecto al desplazamiento.

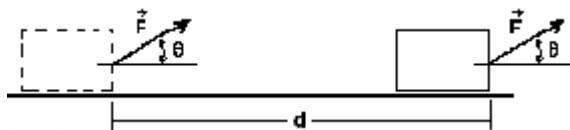


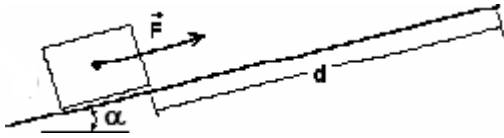
Figura 2.1. La fuerza no se encuentra en la dirección del desplazamiento.

Ejemplo: Para subir tu mochila del piso hasta el hombro. ¿Cuánto trabajo realizas sobre la mochila? Sí la mochila tiene un peso de 30 N y la altura aproximada a tu hombro es de 1.5 m. Entonces el trabajo (W) hecho es: $W = (30 \text{ N})(1.5 \text{ m}) \cos 0^\circ = 45 \text{ N}\cdot\text{m} = 45 \text{ J}$

Nota: En el ejemplo anterior, la fuerza y el desplazamiento llevan la misma dirección, ambos hacia arriba, por eso el ángulo entre ellos es de 0° .

Problemas para la reflexión

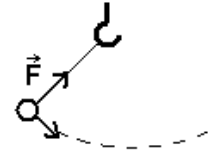
1. ¿Cuál es el trabajo que realiza la fuerza F al desplazar una caja sobre un plano inclinado, como se muestra en la figura?



- A) Cero
- B) $F d$
- C) $F d \cos \alpha$
- D) $F \cos \alpha$

2. ¿Cuál es el trabajo que realiza la tensión de la cuerda F sobre la esfera que cuelga, cuando oscila? Considera a "d" la distancia que recorre en su desplazamiento.

- A) Cero
- B) $F d$
- C) $F d \cos \theta$
- D) $F \cos \theta$



Potencia mecánica

El concepto de potencia surge como una necesidad de medir la rapidez con que se realiza trabajo

$$P_M = \frac{W}{t}$$

donde: P_M = Potencia mecánica [W]
 W = Trabajo [J]
 t = tiempo [s]

Cuando hacemos trabajo para subir un objeto a una altura, lo podemos hacer en un tiempo largo o en uno corto, pero finalmente estaremos haciendo el mismo trabajo ya que subimos al mismo objeto a igual altura, nada más que un caso ocupamos menos tiempo que en el otro.

De la misma manera, cuando calientas agua, digamos 250 ml, hasta que hierva en un horno de microondas tarda 3 minutos -esto depende también de la potencia del horno-, en cambio, si lo haces en un quemador de la estufa de tu casa tardarás más tiempo en que hierva el agua (siempre y cuando la potencia de la estufa sea menor que la del horno). Resumiendo, al transmitir energía a un objeto lo puedes hacer en un menor tiempo si el dispositivo que usas es más potente.

Ejemplo: Un atleta sube a través de una escalera, una altura vertical de 50 metros en un tiempo de 60 segundos. Suponiendo que la masa del atleta es de 48 kg. ¿Cuál será la potencia que desarrolle el atleta para subir su cuerpo por los escalones?

Usando la fórmula de la potencia mecánica, lo primero que tenemos que calcular es el trabajo que realiza el atleta al subir su cuerpo, $W = \text{peso del atleta por la altura vertical de la escalera}$.

$$W = (48 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(50 \text{ m}) = 23\,520 \text{ J}$$

Finalmente la potencia será:

$$P = W/t = (23\,520 \text{ J})/60 \text{ s} = 392 \text{ W}$$

Problema para la reflexión

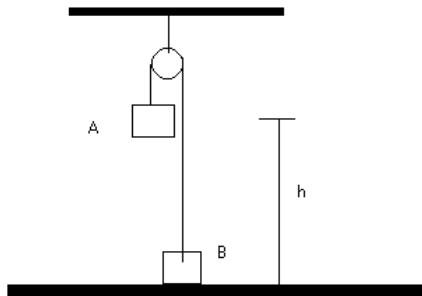
3. ¿Cuál será la potencia de una máquina que arrastra una caja 60 m horizontalmente sobre el suelo, aplicando una fuerza de 200 N en 30 segundos?

- A) 100 W
- B) 400 W
- C) 12 000 W
- D) 360 000 W

2.2. Conservación, conversión y disipación de la energía mecánica.

Energía potencial gravitatoria

Es la que posee un cuerpo debido a su posición con respecto a un punto de referencia (altura). Esta energía puede transformarse en movimiento (el objeto se cae). Imagina varias formas para subir un objeto a una altura. Una de las opciones en que puedes subir un objeto, es utilizando una polea, como se muestra en la figura 2.2, si a un objeto que se encuentra ubicado en la parte superior lo atas con una cuerda al objeto que deseas subir. Aquí está claro que el peso del objeto que baja es mayor que el que sube. Por otro lado, si el objeto A estuviera en el piso igual que el objeto B, estarás de acuerdo que no lo podría subir y que la condición para que el objeto A suba otro es que debe haber una diferencia de alturas entre los objetos. A los objetos que, debido a su posición o altura con respecto a otros de tal forma que puedan hacer trabajo, se dice que tienen energía potencial gravitacional. En la figura 2.2 el objeto A tiene energía potencial con respecto a B,



$m = \text{masa}$

$E_p = m g h$, donde: $g = \text{aceleración gravitacional}$

$h = \text{altura}$

Figura 2.2. El objeto A puede hacer trabajo sobre B, es decir lo puede subir a cierta altura. El peso de A es mayor que el de B. El objeto A tiene energía potencial, si estuviera sobre el mismo nivel que B su energía sería cero respecto a B.

Si analizamos la situación del objeto B, éste no tiene energía potencial en el suelo, pero al hacer trabajo sobre él adquiere energía potencial, esto es, pasa de una energía potencial cero a una energía potencial diferente de cero. En otras palabras cambió su energía potencial y esa cantidad de energía que adquirió el objeto B debe ser igual al trabajo hecho por el objeto A; resumiendo, el cambio de energía potencial de B = trabajo hecho sobre B, en símbolos: $\Delta E_p = W$ donde ΔE_p representa el cambio de energía potencial y W el trabajo.

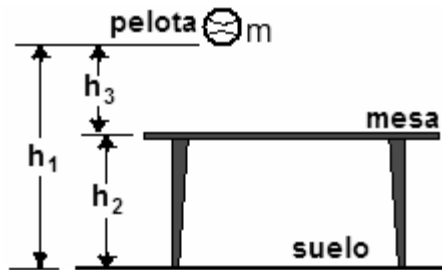
Las unidades en que se mide la energía es Joules, igual que el trabajo (Energía transmitida).

Ejemplo: ¿Cuánto trabajo realizó un alumno para cargar su mochila de 10 kg hasta 2m de altura? ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

Dado que el cambio de energía es igual al trabajo, entonces la mochila empezó con una energía potencial nula ($E_{p_i} = 0$) y terminó con cierto valor de energía potencial ($E_{p_f} = mgh = 10\text{kg} (9.8\text{m/s}^2) 2\text{m} = 196 \text{ J}$), entonces $W = E_{p_f} - E_{p_i} = 196 \text{ J} - 0 = 196 \text{ J}$.

Problema para la reflexión

4. De acuerdo a la figura, ¿cuál es la energía potencial que tiene la pelota de masa m , respecto al suelo?



- A) mgh_1
- B) mgh_2
- C) mgh_3
- D) $mg(h_3 - h_2)$

Energía cinética (E_c)

Es la que posee un cuerpo debido a su movimiento.

$$E_c = \frac{mv^2}{2}, \text{ donde } m = \text{masa y } v = \text{velocidad}$$

Y como todo tipo de energía, sus unidades son los joules (J)

En la figura 2.3 se muestra un carro jalando un objeto mediante una cuerda. Si el carro se encuentra en movimiento subirá al objeto, pero si el carro está en reposo no podrá subir ningún objeto, es decir no puede hacer trabajo y sólo hace trabajo si permanece en movimiento. En este caso, el objeto que debido al cambio en su movimiento de traslación puede subir a otro objeto, se dice que tiene energía cinética.

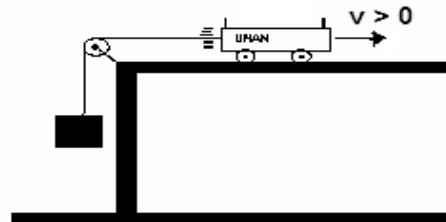


Figura 2.3. Un carro en movimiento que mediante una cuerda jala a otro objeto, subiéndolo una cierta altura. Es decir el carro en movimiento hace trabajo sobre el objeto.

Si en la situación anterior, el carro jala a un objeto y lo sube, y debido a ello el carro disminuye su velocidad hasta que el objeto suba, entonces podemos decir que toda la energía cinética que tenía el carro es equivalente al trabajo hecho sobre el objeto para subirlo. Podemos concluir que el cambio de energía cinética del carro es igual al trabajo hecho sobre el objeto; en forma de ecuación la relación es $\Delta E_c = W$ donde ΔE_c significa cambio de energía cinética.

Ejemplo: Si el freno de un vehículo de 4000 kg le redujo su velocidad de 20m/s a 12m/s, ¿cuánto trabajo realizaron dichos frenos?

$$W = \Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i} = \frac{(4000\text{kg})(12\text{m/s})^2}{2} - \frac{(4000\text{kg})(20\text{m/s})^2}{2} = - 512\ 000\ \text{J}$$

$W = -512\ 000\text{J}$ (El signo negativo significa que se trata de una disminución en la energía cinética, porque se transformó en otro tipo de energía)

En muchas ocasiones existen sistemas mecánicos que tienen los dos tipos de energía establecidas en párrafos anteriores. Por ejemplo, en la figura 2.4 se muestra el dibujo de un péndulo simple, la esfera al desplazarse de un lado hacia otro se eleva de su posición de equilibrio y además se mueve de tal forma que aumenta su velocidad cuando baja y; disminuye su velocidad al subir.

La descripción, en términos de la energía, es que al momento de dejar caer la esfera tiene energía potencial y al pasar por el punto de equilibrio (punto más bajo que puede alcanzar la esfera) ya no tiene energía potencial, pero si cuenta con energía cinética que le permite subir hasta el otro lado, donde la energía cinética disminuye y en el punto más alto de su trayectoria sólo tiene energía potencial. Es decir en este caso la energía potencial se transforma en cinética y viceversa. A los sistemas mecánicos que tengan alguna o las dos formas de la energía se dice que tienen energía mecánica.

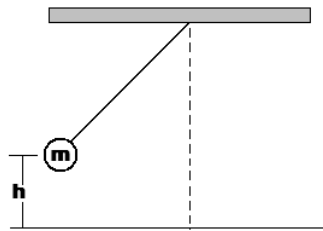


Figura 2.4 Una esfera que cuelga de un hilo, a este sistema se le conoce como péndulo simple, la descripción del movimiento del péndulo se simplifica si usamos el concepto de energía.

Principio de conservación de la energía mecánica

Al poner oscilar un péndulo, éste permanece así durante un largo intervalo de tiempo. Pero llega el momento en que se detiene. La pregunta natural sería: ¿qué pasó con la energía potencial que le proporcionamos cuando empezó a oscilar?, la respuesta inmediata es que la energía potencial se “perdió” ya que regresó al punto inicial. Esto es cierto en cuanto a los hechos y las condiciones en que se mueve el péndulo, pero al investigar por qué se detiene el péndulo nos lleva a pensar que la fricción entre el soporte del péndulo y la cuerda que sostiene la esfera contribuye a disminuir la energía cinética del péndulo, así mismo la interacción con el aire que rodea al péndulo, estos argumentos son suficientes para entender por qué la esfera deja de oscilar.

Ahora, podemos replantear la situación y hacer un ejercicio de abstracción suponiendo condiciones muy especiales para el péndulo, como por ejemplo, supongamos que eliminamos la fricción con otros objetos y que el péndulo no interactúa con otro, salvo con la Tierra -ya que es la interacción que permite cambiar el movimiento del péndulo-, que disminuya la energía mecánica total dada al péndulo, entonces estarás de acuerdo con

nosotros que el péndulo, en esas condiciones, no dejará de oscilar en el tiempo. Si un sistema mecánico tiene las condiciones tales que no haya fricción y esté aislado de otros sistemas que disminuyan la energía mecánica, entonces esta no cambiará de valor y permanecerá constante en el tiempo. A este resultado se le conoce como el principio de la conservación de la energía mecánica. Si denominamos E_M como la energía mecánica del sistema, entonces el principio se puede expresar como $E_M = \text{constante}$ o en términos de cambio de energía mecánica $\Delta E_M = 0$, de manera explícita:

$E_{p1} + E_{c1} = E_{p2} + E_{c2}$ donde 1 y 2 representan dos instantes diferentes por los que pasa el sistema mecánico analizado.

Ejemplo: Una piedra se encuentra a una altura de 10 m y tiene una energía potencial de 100J, ¿cuál es la energía cinética de la piedra justo antes del impacto con el suelo? (Desprecia la fricción con el aire)

Dado que la energía mecánica de la piedra se conserva, entonces la energía potencial de la piedra se transformará en energía cinética, por lo tanto, la energía de la piedra al momento de chocar será de 100 J. Analiza los cambios de energía en la figura 2.5.

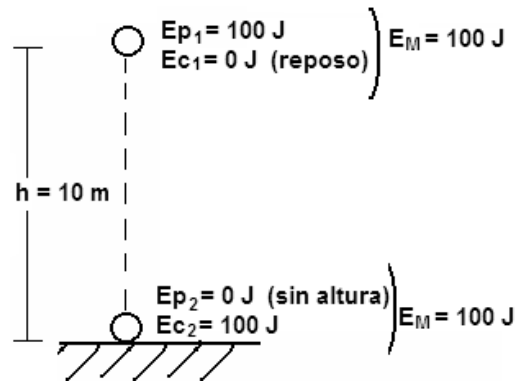


Figura 2.5 La energía mecánica se conserva, cuando no existen fuerzas de disipación (fricción).

Problemas para la reflexión

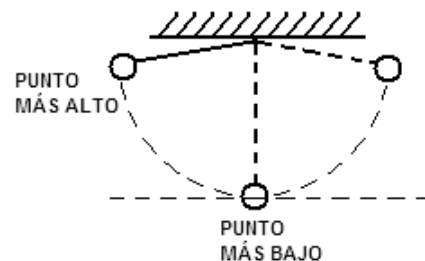
5. Cuando un balón rueda cuesta abajo sobre una superficie curva sin fricción ¿Qué sucede con su energía cinética y energía potencial, respectivamente?

- A) Aumenta, no cambia
- B) Disminuye, no cambia
- C) Disminuye, aumenta
- D) Aumenta, disminuye



6. Se pone a oscilar un péndulo, de tal manera que, cuando se encuentra en el punto más bajo de su oscilación, la energía cinética tiene un valor de 20 J y la energía potencial es de 0J. ¿Cuál es la energía cinética (E_c) y potencial (E_p) cuando pasa por el punto más alto de su oscilación?

- A) $E_p = 0 \text{ J}; E_c = 0 \text{ J}$
- B) $E_p = 0 \text{ J}; E_c = 20 \text{ J}$
- C) $E_p = 10 \text{ J}; E_c = 10 \text{ J}$
- D) $E_p = 20 \text{ J}; E_c = 0 \text{ J}$



Disipación de la energía mecánica

Cuando pones a oscilar un péndulo, éste permanecerá en movimiento durante un tiempo, pero después regresará al equilibrio. A la luz del concepto de energía mecánica, surge una situación interesante con ella, al momento que tú separas al péndulo de la vertical estás haciendo trabajo sobre el objeto, lo estás subiendo una cierta altura, así mismo le cambias la energía potencial del objeto al pasarlo de una posición de energía potencial cero a otra mayor que cero cuando está separado de la vertical. Es decir le diste energía potencial al péndulo y ésta se transforma en cinética al oscilar con respecto a la vertical. Pero después el péndulo deja de moverse lo que significa que ya no cuenta con energía cinética y al volver a su punto de equilibrio la energía potencial que le habías dado ya tampoco la tiene.

En otras palabras, la energía se transformó en otra de tipo de energía no mecánica. Esto lo podemos concluir atendiendo al principio de la conservación de la energía.

Te proponemos que revises este ejemplo, si frotas tus manos y tocas tu cara notarás que se han calentado. Al interpretar esta experiencia en términos de la energía, podemos señalar lo siguiente; al mover las manos les proporcionas energía mecánica, pero ésta se transforma en un aumento en la temperatura de las manos, debido a la fricción. Este proceso de transformación de energía mecánica en otra energía, cuya manifestación (aumento de temperatura de los objetos), se le llama disipación de la energía.

2.3. Equilibrio térmico

Temperatura (T)

Es una propiedad macroscópica que se mide directamente con un termómetro, sirve como un índice relacionado con la energía cinética promedio de las moléculas de un cuerpo, al no ser posible medir fácilmente la energía cinética (energía térmica) de cada una de las moléculas del cuerpo.

Calor (Q)

Es la energía térmica “en tránsito” transfiriéndose de un cuerpo “caliente” a uno “frío”, es decir, de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura, ver la figura 2.6.

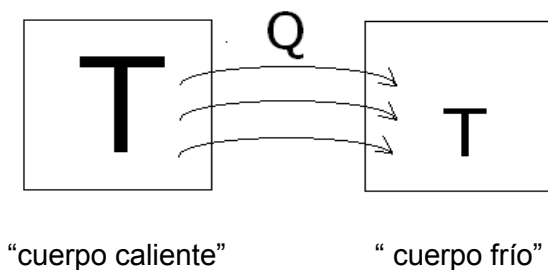


Fig. 2.6 El calor pasa siempre del cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura. La T indica temperatura, la de mayor tamaño se refiere al cuerpo más caliente.

Escalas termométricas

Hay distintas escalas para medir la temperatura de un objeto, por ejemplo, la Celsius (o centígrada) y la Kelvin. Las ecuaciones siguientes nos proporcionan un método para pasar de una escala a otra.

$$T_K = T_C + 273^\circ \quad \text{Para transformar de escala Celsius (C) a unidades Kelvin (K)}$$

$$T_C = T_K - 273^\circ \quad \text{Para transformar de unidades Kelvin (K) a escala Celsius (C)}$$

NOTA: ¿Cómo se emplean estas fórmulas? Se sustituye del lado derecho de la ecuación, se hacen las operaciones y el resultado está dado en lo que indica la fórmula en el lado izquierdo.

EJEMPLO: Transformar 98°C a Kelvin:

Se emplea la fórmula $T_K = T_C + 273^\circ$, donde al sustituir queda: $T_K = 98^\circ + 273^\circ = 371\text{K}$

Equilibrio térmico

Por experiencia, sabes que al mezclar agua fría con caliente el resultado es agua con una temperatura intermedia, cuando se presentan este tipos de interacciones se conocen como térmicas. De aquí en adelante analizaremos las interacciones térmicas entre objetos, a partir de la determinación de la temperatura y sus cambios que se presenten durante el proceso de interacción.

Cuando ponemos dos objetos de diferente temperatura en interacción térmica, se presenta un proceso de transmisión de energía dando lugar a que la temperatura final de los dos objetos, en contacto, sea la misma y no cambie con el tiempo. Se dice entonces que los objetos han alcanzado el equilibrio térmico.

Pongamos como ejemplo la situación siguiente, al agregar crema, a temperatura ambiente, a un taza con café caliente, la mezcla de la crema y el café un tiempo después alcanzará una cierta temperatura constante; es decir, llegó al equilibrio térmico, más aún si la mezcla la colocas en un termo, la logras aislar del medio ambiente entonces mantendrá esa temperatura un largo periodo de tiempo. Pero, sí comparamos la temperatura de la mezcla con la de la crema y la del café te podrás dar cuenta que resulta mayor a la de la crema y menor a del café, es importante que notes que el valor de la temperatura final de la mezcla será próximo a la del café si ponemos poca crema y estará más cerca de la temperatura de la crema si pones una mayor cantidad de crema comparada con la del café.

Con este comentario, queremos resaltar que en las interacciones térmicas entre objetos, la masa de los objetos es una variable que debemos tomar en cuenta para determinar el valor final de la temperatura cuando se alcance el equilibrio térmico. En la figura 2.7 se muestra un esquema de una interacción térmica entre dos objetos de diferente temperatura.

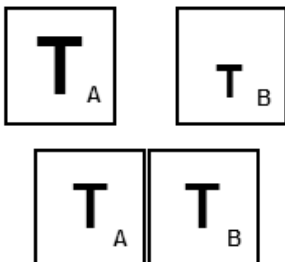


Figura 2.7. Dos objetos a temperaturas diferentes, el objeto A inicialmente a mayor temperatura que el objeto B. Se ponen en contacto térmico y alcanzan el equilibrio térmico a una temperatura intermedia entre el valor de T_A y T_B iniciales.

Ley Cero de la Termodinámica

“Dos sistemas que individualmente están en equilibrio térmico con un tercer sistema, están en equilibrio térmico también entre sí ”

Esta ley ayuda a darle validez a la temperatura como variable termodinámica y al termómetro, el cual sería como ese tercer sistema al que se refiere el enunciado, para utilizarlo como instrumento de comparación de las temperaturas.

Problema para la reflexión

7. Dos bloques de aluminio, uno de 1 kg y el otro de 2 kg, están en equilibrio térmico con un tercer bloque de hierro de 1 kg, a 200°C. Las temperaturas de los dos bloques de aluminio serán respectivamente, de:

- A) 100°C y 100°C B) 100°C y 200°C C) 200°C y 100°C D) 200°C y 200°C

2.4. Capacidad térmica específica y conductividad calorífica

Capacidad térmica específica (Calor específico)

Para calentar un objeto se requiere transmitirle energía en forma de trabajo o calor, considera el experimento siguiente: Se ponen a calentar dos masas, una de agua y otra de plomo, aquí tanto el agua como el plomo tienen la misma masa y suponiendo que están a la misma temperatura. Después de suministrarle idéntica cantidad de energía la temperatura final del plomo será 33 veces mayor que la del agua. Pero si las pones a enfriar esas masas de plomo y agua, que tienen la misma temperatura inicial, entonces el plomo se enfriará pronto y alcanzará el equilibrio térmico con el aire ambiental, mientras que el agua tardará un tiempo mayor en hacerlo. Con base en esta experiencia podemos concluir que el plomo tiene una mayor “eficacia” en transmitir energía que el agua al comparar esas dos masas iguales.

Si ahora se calientan dos cubos de igual tamaño, uno de ellos de aluminio y el otro de plomo, nos damos cuenta que el cubo de plomo se calienta más rápido que el de aluminio, cuando le suministramos la misma cantidad de energía. De la misma manera si calentamos una misma cantidad de agua que de leche, entonces la leche tendrá una mayor temperatura si les proporcionamos igual cantidad de energía, el calentamiento se debe realizar antes de que los líquidos lleguen a la ebullición. Estas experiencias nos muestran que al enfriarse el plomo y la leche lo hacen más rápido que el aluminio y el agua respectivamente.

Las experiencias mencionadas se sintetizan mediante el concepto de capacidad térmica específica (C_E) que se puede definir como la cantidad de energía (Q) que recibe o cede un objeto para aumentar su temperatura cada grado Celsius para cada unidad de masa. La capacidad térmica específica es la propiedad de una sustancia que le permite absorber y emitir energía térmica, Cuando el valor de C es alto, significa que requiere mucho calor para calentarse, o sea, es difícil de calentar (y de enfriar). La expresamos matemáticamente como:

$$C_E = \frac{Q}{m\Delta T}, \text{ donde: } C_E = \text{capacidad térmica específica}$$

Q = calor emitido o absorbido

m = masa

ΔT = diferencia de temperaturas = $T_f - T_i$

Cantidad de Calor: Absorbido o cedido

La ecuación anterior nos sirve para encontrar la cantidad de calor Q (cuyas unidades pueden ser calorías o joules) transferida, sin cambiar de estado de agregación, ya que los datos de capacidad calorífica C se encuentran en tablas elaboradas por investigadores profesionales bien entrenados y con aparatos muy sofisticados.

$$Q = m C_E \Delta T$$

Problema para la reflexión

8. ¿Cuál será el valor de la capacidad térmica específica, en $J/kg^\circ C$, de una sustancia que absorbió 80 J, si tiene una masa de 0.5 kg y su temperatura se elevó de $40^\circ C$ a $50^\circ C$?

- A) 1600
- B) 400
- C) 16
- D) 4

Experimento de Joule

A finales del Siglo XIX, James Prescott Joule estudió el trabajo mecánico encontrando que puede obtenerse calor de él, es decir, una cantidad determinada de trabajo mecánico siempre produce una cantidad correspondiente de calor, figura 2.8. Por lo que, si el trabajo es energía y el calor también entonces se puede establecer una equivalencia numérica entre ellos. En la actualidad se acepta que 4.186 J de trabajo efectuado aumentan la temperatura $1^\circ C$ de cada gramo de agua: $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$

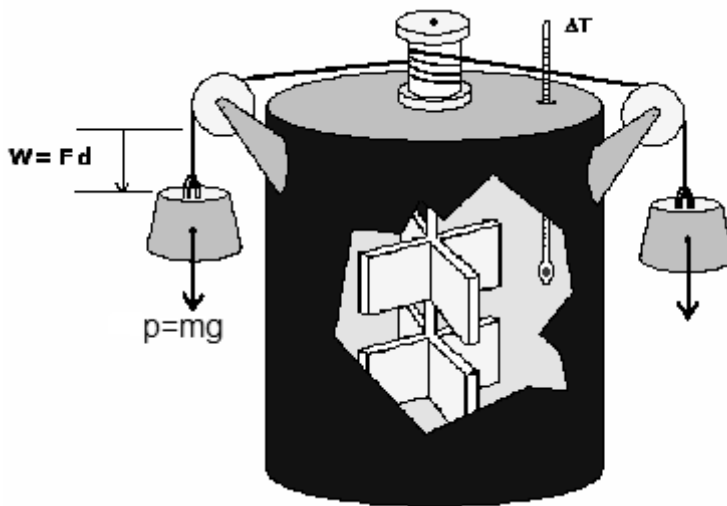


Figura 2.8. Aparato de Joule (calentador mecánico). Al caer las pesas realizan un trabajo mecánico que se transmite al líquido en su interior por medio de unas paletas, produciendo una elevación de su temperatura.

Energía Interna (U)

Estableceremos que la energía interna de una sustancia es la suma de las energías potenciales y cinéticas de las moléculas que forman la sustancia. Y que un cambio en la temperatura de la sustancia o una modificación en la fase producen un cambio en la energía interna de dicha sustancia. Así mismo, un incremento o un aumento en la energía interna de una sustancia implican un aumento en la temperatura o un cambio en la fase de la sustancia.

Primera Ley de la Termodinámica

Esta ley plantea la idea de que el trabajo como el calor representan transferencia de energía hacia adentro o hacia fuera de un sistema (el cual se define como una porción de materia que separamos del resto del Universo por medio de un límite o frontera para estudiarlo), por lo que lleva al principio de conservación de la energía: “La energía no se crea ni se destruye, solamente se transforma de un tipo a otro”

Ahora podemos analizar sistemas más complejos, en donde no solo se involucra el movimiento de objetos, sino la transferencia de energía en forma de calor. Por ejemplo, en un sistema formado por un recipiente con agua, una jeringa cuyo émbolo se mueve sin fricción para levantar una masa de 1 kg. Si en el interior de la jeringa se encuentra una masa de aire, ver figura 2.9. El agua en el recipiente se calienta mediante un mechero de alcohol, el agua a su vez calienta el aire dentro de la jeringa, lo que permite subir la pesa.

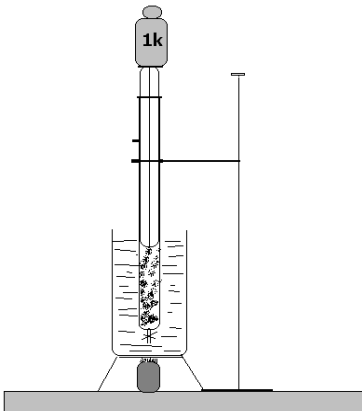


Figura 2.9. Dispositivo para análisis energético.

Al calentar el agua se presenta un flujo de calor de la flama al agua. El agua caliente eleva la temperatura del aire, en este caso, también hay un proceso de transferencia de calor del agua al aire. El aire encerrado en la jeringa, aumenta su temperatura con lo que se ve incrementada su energía interna, por ello la presión del aire en la jeringa es mayor y permite subir el émbolo con la pesa, esto es, el aire realiza trabajo sobre la pesa al subirla, el aire en la jeringa no se enfría totalmente y permanece con una mayor energía interna que cuando inició el proceso.

En Resumen, la 1ª. Ley de la Termodinámica expresada en términos de cambios de energía queda (ver figura 2.10):

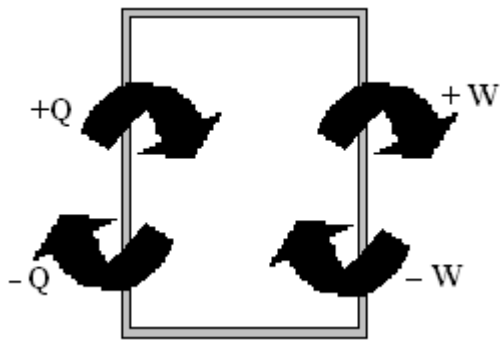
“En cualquier proceso termodinámico, el calor neto absorbido es igual a la suma del equivalente térmico del trabajo realizado por un sistema y el cambio de energía interna del mismo”

$$Q = W + \Delta U$$

o de otra manera:

“La variación de la energía interna de un sistema es igual a la energía transferida a los alrededores o por ellos en forma de calor o trabajo”

$$\Delta U = Q - W$$



donde:

ΔU = variación de la energía interna del sistema

Q = calor que entra (+) o sale (-)

W = Trabajo efectuado por el sistema (+) o sobre el sistema (-)

Figura 2.10. Convención de signos para Calor y Trabajo en un sistema.

Ejemplo: En determinado proceso, un sistema absorbe 400 cal de calor y al mismo tiempo realiza un trabajo de 80 J. ¿Cuál es el incremento en la energía interna del sistema?

$\Delta U = ?$

$Q = (+400\text{cal})(4.186 \text{ J/cal}) = 1\,674.4 \text{ J}$

$W = +80\text{J}$

Entonces, $\Delta U = Q - W = +1\,674.4 \text{ J} - (+80 \text{ J}) = +1\,594.4 \text{ J}$

Mecanismos de transmisión del calor

Existen tres mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación.

La conducción es la forma común en que el calor se propaga en los materiales sólidos, la rapidez con que se propaga el calor en un material depende de la estructura atómica del material. Por ejemplo, los metales son buenos conductores del calor, pero dentro de ese grupo hay metales que son mejores que otros, por ejemplo, la plata conduce más rápido que el cobre.

La convección es el efecto predominante para transferir calor en los líquidos y gases, la convección implica el movimiento de masas de líquidos y gases de diferente temperatura, las masas calientes suben y las frías bajan dentro del mismo líquido o gas. Este movimiento lo puedes observar al calentar las lentejas en una cierta cantidad de agua, aquí las lentejas son arrastradas por el movimiento del agua caliente y fría. Este efecto, también, se observa en la atmósfera, cuando masas de aire caliente suben y bajan las frías. Aquí se presenta una cosa interesante, el aire caliente conforme sube, aumenta su volumen y se va enfriando (lo que genera un ciclo).

La radiación es un proceso de transferencia de energía que no requiere un medio material para su propagación, el mecanismo de propagación se da por ondas electromagnéticas y la cantidad de energía asociada a las ondas depende de la frecuencia de la radiación. Todos los objetos por el hecho de tener una temperatura radian energía hacia los otros objetos que conforman el ambiente. Todos los objetos que radian menos energía de la que reciben tienden a aumentar su temperatura. Como ejemplo de este proceso de transmisión de energía, por radiación, considera el calentamiento de la Tierra por la energía que le transmite el Sol, para entender este proceso completamente necesitas algunos elementos de electricidad y magnetismo que se revisarán en el siguiente capítulo, por el momento basta que sepas que la energía se transmite por medio de ondas electromagnéticas.

En la figura 2.11 se muestra un esquema del sistema entre el Sol y la Tierra, hay que destacar que no existe un medio material entre dichos objetos celestes o cuando menos que la densidad es tan baja de partículas materiales que lo podemos suponer como vacío.

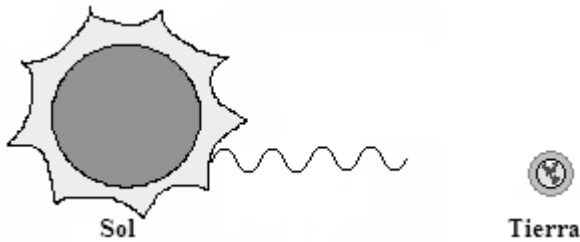


Figura 2.11. La Tierra se calienta debido a la energía que proviene del Sol, en forma de radiación electromagnética, esto es que la energía se transmite por medio de ondas.

2.5. Transferencia de energía. Ondas mecánicas

Ponemos a oscilar una masa por medio de un resorte que está sujeto a un objeto inmóvil. En la masa oscilante se coloca un lápiz que marcará sobre una banda de papel que corre a velocidad constante. La figura 2.12 muestra el desplazamiento de la masa causada por la energía en el resorte.

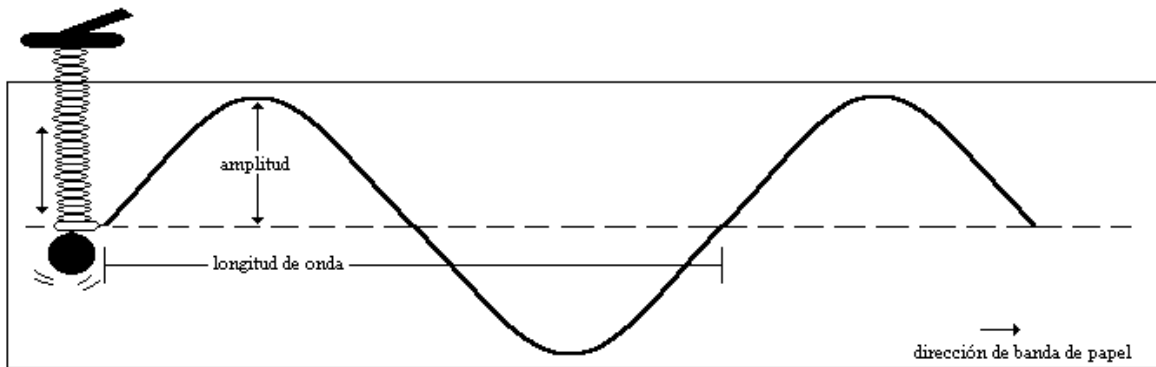


Figura 2.12. Representación gráfica de una onda mientras avanza con el transcurso del tiempo.

Como puedes observar la amplitud de la onda graficada nos indica la intensidad del movimiento vibratorio, la longitud de onda hace referencia al tiempo en que realiza una oscilación completa (considerando constante la velocidad de la banda de papel). En este caso se aproxima a una gráfica senoidal por su forma parecida a la de una función matemática llamada seno. Los parámetros de las ondas están relacionados mediante sencillas ecuaciones: $f = 1/T$ y $v = \lambda f$ donde:

- f : Frecuencia que nos dice qué tan a menudo se produce una vibración. Su unidad de medida es el Hertz = vibraciones / segundo
- T : Periodo que es el tiempo necesario para que se produzca una oscilación completa (es inverso a la frecuencia). Su unidad de medida es el segundo.
- λ : Longitud de onda que es la distancia entre la cima de una cresta y la cima de la cresta siguiente. Su unidad de medida es el metro
- v : Velocidad de propagación de la onda (en realidad se propaga solo la energía, no la materia). Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro / segundo

Si pones a oscilar una cuerda se observa que la energía se desplaza de un extremo a otro, pero las partículas de la cuerda no se desplazan de una punta a otra. Por otra parte, la rapidez de la onda depende del medio en que se propague, en general se desplaza más aprisa en medios más densos. Se sugiere que realices el siguiente experimento: ata una manguera delgada y un lazo, después pídele a un compañero que te ayude a estirla en posición horizontal y dale un impulso a uno de los extremos, observarás que la onda cambia su velocidad de desplazamiento al cambiar de un medio de propagación a otro (de la manguera al lazo).

Problemas para la reflexión

9. ¿Qué pasaría con la onda dibujada en el papel si en el experimento de la figura anterior aumenta la rapidez de la banda?

- A) aumenta la amplitud B) disminuye la amplitud
C) aumenta la longitud de onda D) disminuye la longitud de onda

10. ¿Cuáles de los siguientes fenómenos, son ejemplo de transferencia de energía por ondas mecánicas?

- I. Radiación ultravioleta III. Conducción de calor
II. Emanación de sonido IV. Dispersión de la luz
A) I y II B) I y V C) II y III D) III y V

11. El choque entre dos placas tectónicas produce ondas sísmicas, las cuales transportan:

- A) Energía B) Partículas C) Temperatura D) Carga

Ondas transversales y longitudinales

Por su dirección de vibración, las ondas se puede catalogar en dos tipos: ondas transversales y ondas longitudinales.

Las ondas transversales se presentan cuando la vibración del medio es perpendicular a la dirección de propagación de la onda, como ejemplo las tenemos presentes en las olas del mar, una cuerda que muevas con la mano, la luz (onda electromagnética), las cuerdas de una guitarra.

Las ondas longitudinales se presentan cuando las partículas del medio vibran en la dirección del desplazamiento de la onda (energía). Como ejemplos tenemos las ondas sonoras (observa las vibraciones de una bocina), un resorte que se comprime y se suelta. Ver la figura 2.13.

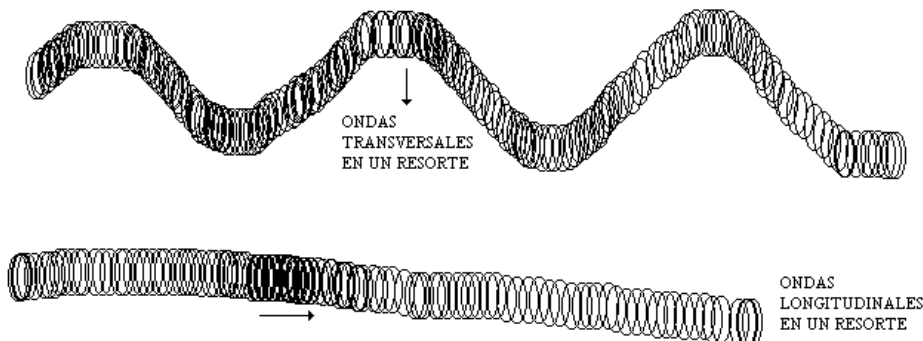


Figura 2.13. Tipos de ondas de acuerdo a su dirección de vibración.

2.6. Eficiencia de máquinas

Una manera de distinguir entre dos máquinas cuál de ellas es más útil; es introduciendo el concepto de eficiencia de una máquina, figura 2.14, es un cociente que nos permite comparar la cantidad de energía utilizada por ella con la cantidad de trabajo que desarrolla. Como consecuencia del principio de la conservación de la energía, resulta que la cantidad de trabajo siempre va ser menor que la cantidad de energía utilizada para que funcione la máquina, porque debido a la fricción en la máquina una parte de la energía mecánica se va convertir en energía interna de la máquina haciendo que se calienten las partes que componen la estructura de la máquina.

La eficiencia de una máquina se puede expresar de la siguiente manera:

$$e = W/E_e$$

donde W es el trabajo realizado por la máquina y E_e es la cantidad de energía suministrada a ella para que funcione.

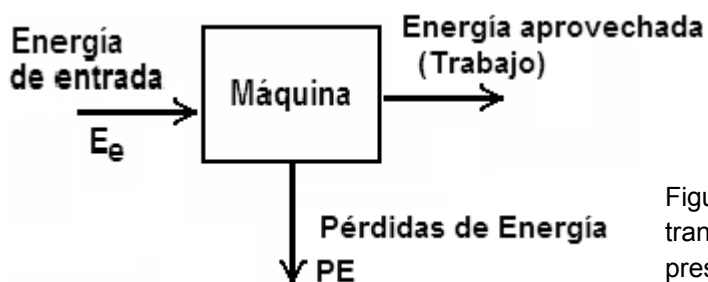


Figura 2.14. Diagrama de las transformaciones de energía que se presentan en la máquina.

En particular, para las máquinas térmicas la eficiencia se puede calcular como:

$$e = \frac{E_e - PE}{E_e} = 1 - \frac{PE}{E_e}$$

Se puede ver de esta ecuación, que cuando PE se aproxima a E_e , la eficiencia tiende a cero, es decir, la máquina es poco eficiente.

Segunda Ley de la Termodinámica

El hombre, siempre, busca la manera de mejorar sus máquinas con el fin de obtener un mayor beneficio de ellas y simplificar sus tareas cotidianas, por ejemplo; sería deseable que se pueda construir una máquina que trabajando en ciclos convierta el calor totalmente en trabajo o construir una máquina capaz de funcionar entre dos focos uno frío y otro caliente, de tal forma que pueda calentar más el foco caliente transmitiéndole energía, en forma de calor, del foco frío. Esto es posible hacerlo desde el punto de vista teórico, ya que no viola el principio de la conservación de la energía expresada en la primera ley. Sin embargo, nuestra experiencia nos dice que es imposible construir esas máquinas térmicas, cuyo único objetivo, sea calentar un objeto más caliente a partir de uno frío o

transformar todo el calor en trabajo. La expresión teórica de estas experiencias fue plasmada en dos principios, que por cierto son equivalentes entre sí, uno establecido por Clausius y el otro por Kelvin-Planck. Que forman los principios básicos de la Segunda Ley de la Termodinámica.

El enunciado de Clausius dice que es imposible que una máquina cíclica produzca exclusivamente el efecto de hacer pasar calor continuamente de un cuerpo a otro que se encuentre a una temperatura más elevada. Las consecuencias de este enunciado es que desde el punto de vista de la Física, es imposible construir un refrigerador que simplemente hiciera transferir calor de un objeto frío a otro caliente, sin necesidad de realizar trabajo externo. Esto lo podemos interpretar de la manera siguiente; que es imposible que espontáneamente fluya calor de un objeto frío a otro caliente. De la cual podemos extraer en conclusión que el calor tiene una dirección de transmisión del cuerpo caliente al frío, pero esta dirección se puede invertir si gastamos trabajo.

El enunciado de Kelvin-Planck dice que es imposible desarrollar un proceso de transformación con el único resultado final de transformar en trabajo el calor extraído de alguna fuente que se encuentre en toda su extensión a la misma temperatura. La consecuencia directa de este enunciado es la imposibilidad de construir una máquina cuyo objetivo sea producir trabajo mecánico extrayendo calor de una sola fuente sin regresar calor a otra fuente que se encuentre a menor temperatura. Imagínate poder construir una máquina que extrajera el calor de un océano y convertirlo íntegramente en trabajo mecánico útil, sin necesidad de realizar la quema de combustibles para establecer una diferencia de temperaturas.

Problema para la reflexión

12. Una máquina emplea vapor, recibe 240J y después de realizar trabajo, expulsa al ambiente a 168J. ¿Cuál es la eficiencia de dicha máquina?

A) 20%

B) 30%

C) 60%

D) 70%

Resumen

Los conceptos claves en este capítulo son trabajo mecánico, potencia mecánica, energía cinética, energía potencial, calor, temperatura, energía interna, capacidad térmica, ondas mecánicas y eficiencia de una máquina. Por lo que te recomendamos revisarlos.

Lo más relevante es que la energía mecánica se puede convertir en trabajo y/o en calor, Siempre en toda transformación debe cumplirse el principio de conservación de la energía de un sistema.

El calor es la energía que se transfiere de los “cuerpos calientes” hacia los “cuerpos fríos”.

La transferencia de calor de un cuerpo a otro se lleva a cabo por tres diferentes mecanismos: conducción, convección y radiación.

La característica del equilibrio térmico es que todos los cuerpos están a la misma temperatura.

En las ondas mecánicas, lo más importante es la frecuencia, el periodo, la longitud de onda y la velocidad de propagación. En este material se tratan las ondas transversales y longitudinales. Las ondas transversales se presentan cuando la vibración del medio es perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Las ondas longitudinales se presentan cuando las partículas del medio vibran en la dirección del desplazamiento de la onda.

La eficiencia de las máquinas es la cantidad de energía aprovechada entre la cantidad de energía suministrada para que funcionen.

2.7. Solución a los problemas para la reflexión

- 1) B Porque la fuerza tiene la misma dirección que el desplazamiento.
- 2) A Porque la fuerza es perpendicular al desplazamiento.
- 3) B $P = W/t = (200 \text{ N})(60 \text{ m}) / 30\text{s}$.
- 4) A Porque la altura de la pelota respecto al suelo es h_1 .
- 5) D Debido a que la velocidad aumenta al ir rodando, entonces la energía cinética también aumenta y la energía potencial disminuye al disminuir la altura.
- 6) D Porque en el punto más alto su velocidad es cero entonces su energía cinética es cero y toda la energía es potencial.
- 7) D Como los tres bloques se encuentran en equilibrio térmico, tienen la misma temperatura.
- 8) C Despejando el calor específico: $C = Q / m\Delta T = 80 \text{ J} / (0.5 \text{ kg})(10^\circ\text{C})$.
- 9) C La velocidad es proporcional a la longitud de onda.
- 10) C Son ejemplos de ondas mecánicas
- 11) A Las ondas sísmicas no transportan materia, sólo energía
- 12) B $e = 1 - (168 \text{ J} / 240 \text{ J})$

2.8. Autoevaluación 2

INSTRUCCIONES. En unas hojas aparte realiza tu autoevaluación. Lee cuidadosamente cada una de las preguntas, intenta razonarlas, si es necesario realiza un diagrama que te ayude a visualizar el fenómeno del que se trata y analiza los datos proporcionados en el enunciado. Por favor, intenta escribir tus procedimientos completos, esto es muy útil para que puedas revisarlas y preguntarle tus dudas a alguien. Cuando hayas terminado compara con las respuestas que se encuentran al final de la guía. Marca las respuestas correctas con una ✓, y obtén tu calificación, de la siguiente manera:

$$\text{Calificación} = (\text{No. de aciertos}) \left(\frac{10}{13} \right)$$

1. Por el hecho de estar en movimiento, los objetos como balones, planetas, vehículos, animales, o cualquier otro móvil, se sabe que tienen:

- A) Fuerza de reacción
- B) Potencia mecánica
- C) Trabajo mecánico
- D) Energía cinética

2. La energía potencial de un cuerpo colocado a 15 m de altura sobre el suelo es de 180 Joule. Si lo colocáramos a una altura de 5 m sobre el suelo. ¿Cuál sería su energía potencial?

- A) 60 joule
- B) 98 joule
- C) 180 joule
- D) 540 joule

3. Un camión de 4000 kg que se desplaza a una velocidad de 2 m/s y una motocicleta de 400 kg se desplaza a 7 m/s, ¿cuál de los vehículos puede realizar más trabajo mecánico?

- A) El camión, porque su energía cinética es mayor
- B) El camión, porque su energía potencial es mayor
- C) La motocicleta, porque su energía cinética es mayor
- D) La motocicleta, porque su energía potencial es mayor

4. Después de agitar el agua contenida en un vaso se observa que ésta deja de moverse. La energía empleada para agitar se:

- A) Utilizó para desplazarla hasta que se agotó y dejó de haber energía
- B) Transformó, ahora, en energía potencial de las moléculas del agua
- C) Convirtió en parte en energía interna, aumentando la temperatura del agua
- D) Transfirió en realidad a las moléculas del aire, no a las del agua

5. En un dispositivo que es capaz de calentar agua por medios mecánicos, se tiene una masa de 0.050 kg, ¿Cuánto trabajo se tendrá que realizar si se quiere que la temperatura del agua aumente 10°C? Considera la capacidad térmica del agua como 4.2 kJ/kg°C

- A) 0.21 kJ
- B) 2.10 kJ
- C) 21.00 kJ
- D) 210.00 kJ

6. Un objeto de cobre y otro objeto de vidrio poseen masas iguales de 1 kg a temperatura ambiente de 20°C , se les suministran 1000 J a cada uno, sabiendo que la capacidad térmica específica del cobre es $390 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ y que la del vidrio es de $838 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ se puede esperar que:
- Las temperaturas de ambos sean constantes
 - La temperatura del objeto de vidrio sea mayor
 - La temperatura del objeto de cobre sea mayor
 - Las temperaturas sea la misma para ambos objetos
7. Suponga que sellamos una lata metálica, hermética y rígida que contiene aire en su interior y la colocamos sobre la llama de una estufa. El aire contenido en este "sistema" incrementará su:
- Masa
 - Volumen
 - Densidad
 - Energía interna
8. Un cubo de madera y un cubo de acero inoxidable han estado mucho tiempo en la sombra dentro de una habitación. Cuando los tocamos con la mano, el cubo metálico se siente más frío que el de madera, esto se debe a que:
- La temperatura del metal es menor que la temperatura que la madera
 - El metal transmite frío a la mano y la madera a la mano no lo transmite
 - El metal y la madera se enfrían al contacto con la mano, pero más el metal
 - Pasa mayor cantidad de energía de la mano al metal que de la mano a la madera
9. ¿Cuál será la variación de la energía interna en un sistema que recibe 200 J y se le aplica un trabajo de 100 J?
- 2 J
 - 100 J
 - 300 J
 - 400 J
10. Una máquina térmica toma 8 000 J de calor de un depósito a 200°C y 2 000 J de otro depósito a 180°C , con lo que produce 10 000 J de trabajo. Esta máquina, en particular, viola una de las leyes de la termodinámica debido a que:
- El calor sólo fluye de un cuerpo de mayor al de menor temperatura
 - La energía interna valdría cero y dicha temperatura es inalcanzable
 - El calor se puede convertir en trabajo, pero nunca en su totalidad
 - La energía solamente puede transformarse de trabajo hacia calor
11. Calcula la eficiencia de una máquina térmica que recibe 100 J de energía térmica y se sabe que realiza un trabajo de 30 J.
- 30%
 - 50%
 - 70%
 - 100%
12. La segunda ley de la termodinámica afirma que el calor:
- Es igual al equivalente mecánico del trabajo adiabático
 - Fluye de un objeto caliente a otro frío, espontáneamente
 - Puede convertirse totalmente en otras formas de energía
 - No se crea ni se destruye, sólo se transfiere a otro cuerpo
13. Si se mueve un tren de ondas a lo largo de una cuerda con una velocidad de 2 m/s y la onda tiene una longitud de 0.2 m, su periodo es de:
- 0.1 s
 - 0.4 s
 - 2.5 s
 - 10.0 s

CAPÍTULO 3

INTERACCIONES ELÉCTRICAS Y MAGNÉTICAS. FENÓMENOS LUMINOSOS.

Introducción

Los fenómenos eléctricos, magnéticos y luminosos, son algunos de los eventos más comunes en la vida cotidiana. Conocer y comprender algunas de las leyes que les rigen es fundamental para interpretar de manera adecuada las interacciones entre ellos. Esto te posibilitará ver el mundo de otra manera, de esta forma estarás en condiciones de prevenir riesgos y de entender por qué de la importancia de la energía eléctrica en nuestras vidas, cómo nos podrían afectar y cómo nos benefician los fenómenos electromagnéticos, así como conocer sobre las ventajas de sus aplicaciones en la sociedad actual y sus posibilidades a futuro.

Objetivos

Que el alumno logre:

- Explicar la dinámica de los circuitos eléctricos.
- Aplicar las leyes de Ohm y de Coulomb.
- Diferenciar los conceptos de campo eléctrico y magnético.
- Interpretar el fenómeno de la inducción electromagnética.
- Identificar a la luz como una onda electromagnética.

3.1. Circuitos eléctricos resistivos. Potencia eléctrica

Ley de Ohm

Imaginemos que tenemos una muestra de alambre metálico y lo conectamos sucesivamente a las terminales de diferentes baterías, aplicándole así diferentes cantidades de voltaje. Se puede medir la corriente que pasa por la muestra en cada caso con un aparato especial llamado amperímetro, lo que encontraríamos es que la corriente (I) de la batería que pasa a través de la muestra es directamente proporcional al voltaje aplicado, es decir, $I \propto V$. Lo cual significa que, al duplicar el voltaje, la corriente eléctrica crece al doble. Esta relación es válida para distintos materiales conductores (oro, cobre, latón, etc.). Aunque cada uno se comporta en forma singular. Cada muestra manifiesta una resistencia eléctrica (R) al flujo de la carga. Cuanto mayor es la resistencia, menor es la corriente eléctrica que puede impulsar una batería dada a través de la resistencia. La corriente del circuito, que es la que pasa por la muestra, varía en forma directa con el voltaje aplicado V e inversamente con R . La ley de Ohm se expresa de la siguiente manera:

$$I = V / R$$

Consideremos un circuito eléctrico, formado por un foco (se considera como una resistencia), una batería (pila) y cables. Representado simbólicamente, el circuito se verá así (figura 4.1):

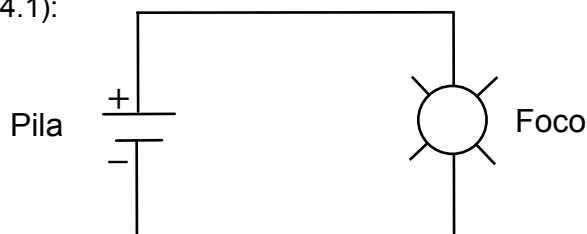


Fig. 4.1 Diagrama eléctrico de un circuito simple.

Si sustituyes el foco por un alambre, estarás provocando un corto-circuito. Aunque el filamento de un foco es una resistencia eléctrica, la resistencia de un alambre metálico en comparación con la del filamento del foco será muy baja, por ello los electrones fluirán en gran cantidad elevando la temperatura y liberando energía en forma de luz y calor de manera violenta.

Como sugerencia, observa detenidamente el interior de un foco, notarás que sus dos extremos (rosca y borne) están unidos a través de algunos alambres y de un fino filamento, casi siempre en forma de resorte.

En algunos circuitos se agrega otro elemento, por ejemplo un interruptor (un apagador que en el circuito está representado por una discontinuidad en la línea), entonces el interruptor impide el paso de la corriente eléctrica, cuando se abre, y sólo enciende cuando se cierra.

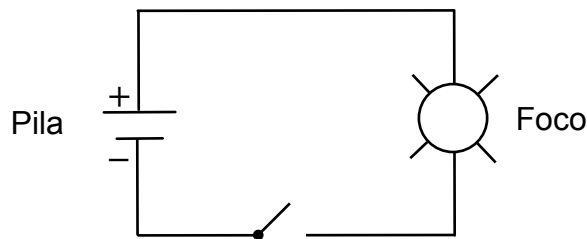


Fig. 4.2 Diagrama eléctrico de un circuito simple, con interruptor.

Ahora en el circuito anterior (figura 4.2), si se quita el interruptor y entre las puntas de los alambres que lo conectaban, intercalamos diversos objetos como monedas, clips, goma, puntillas de lapicero, tela, agua, etcétera. Se observará que no todos los objetos permiten que el foco encienda, es decir, no todos los materiales son buenos conductores eléctricos. Se clasifican en buenos y malos conductores.

Analicemos lo que pasa con el foco. El foco brilla, si por su filamento pasa cierta cantidad de corriente eléctrica, entonces el brillo del foco nos proporciona un indicativo de cuánta corriente pasa por el filamento del foco: a mayor brillo corresponde mayor cantidad de corriente y viceversa.

Vamos a considerar al flujo de una corriente de agua como modelo del flujo de corriente eléctrica (transmisión de energía) debido a sus similitudes: Si una tubería se divide, entonces habrá una nueva vía para la corriente y si solamente hay un camino, entonces el agua tendrá que seguirlo y pasar por todos y cada uno de los elementos que componen la tubería.

Cuando dos focos (F1 y F2) se conectan uno después del otro, se dice que están conectados en serie (figura 4.3). Observando la disposición de los elementos y el brillo de los focos podemos deducir que en un circuito en serie:

- La corriente solamente tiene un camino que seguir, entonces la corriente que pasa por cada elemento es la misma.
- La resistencia total del circuito que se opone al paso de la corriente es la suma de las resistencias individuales de cada elemento.

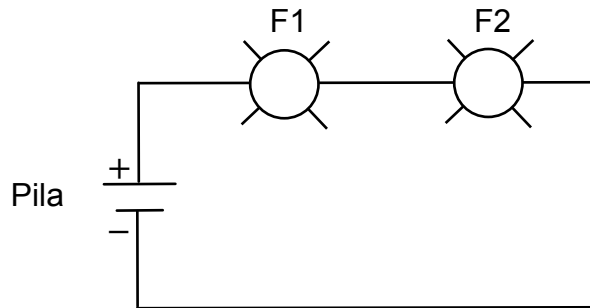


Fig. 4.3 Diagrama eléctrico de un circuito en serie.

Además, experimentalmente puedes comprobar que:

- El valor numérico de la corriente es igual al resultado de dividir el voltaje entre la resistencia total del circuito, es decir: $I = V/R$, lo cual se puede aplicar individualmente a cada elemento del circuito.
- La suma de los voltajes (llamados, a veces, caídas) medidos en las terminales de cada foco es igual al voltaje total suministrado al circuito, es decir, el de la pila.

Cuando dos focos (F1 y F2) tienen sus terminales conectadas juntas, como se muestran en el siguiente circuito (figura 4.4), se dice que están conectados en paralelo.

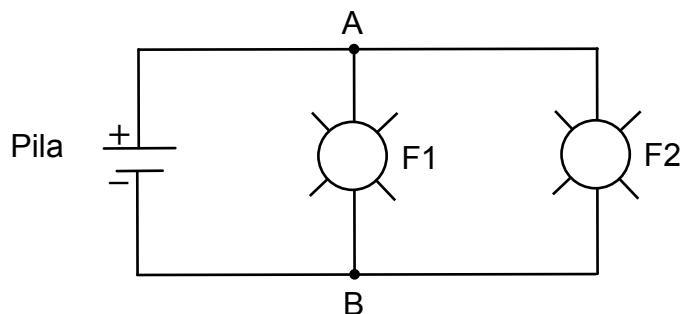


Fig. 4.4 Diagrama eléctrico de un circuito en paralelo.

- Todos los elementos están conectados a dos mismos puntos A y B, entonces el voltaje es el mismo para todos.
- La corriente se divide entre las ramas (camino posibles) paralelas. La corriente pasa con más facilidad por los elementos con menos resistencia.

También, se puede comprobar que:

- La corriente total del circuito (al que proporciona la pila) es igual a la suma de las corrientes que se pueden medir en sus ramas paralelas.
- Si aumenta el número de ramas, la resistencia global del circuito se reduce.

Problemas para la reflexión

1. Se tienen tres focos (1, 2 y 3) con las mismas características, conectados a una fuente de 6V como se muestra en el circuito, de este modo los tres focos encienden. ¿Qué sucede si se quita el foco 2?

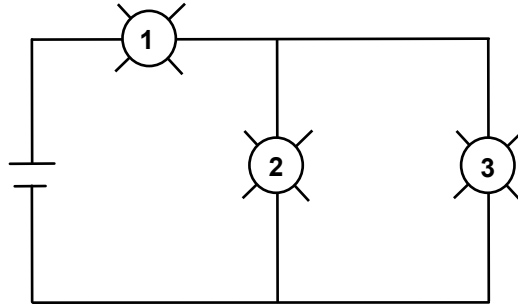


Fig. 4.5 Diagrama eléctrico de un circuito mixto.

- A) Enciende el 1, pero no el 3
- B) El 1 y el 3 brillan con igual intensidad
- C) El brillo del 1 es más intenso que el del 3
- D) No encienden los otros dos focos (el 1 ni el 3)

2. Si en un circuito con voltaje V constante se cambia la única resistencia R por otra de valor tres veces menor, ¿Qué sucede con la intensidad I de la corriente que circula por el circuito?

- A) Es un tercio menor
- B) Es tres veces menor
- C) Es tres veces mayor
- D) Se mantiene constante

Potencia eléctrica

En algunos circuitos se calientan los cables, esto puede ser riesgoso si el calor es excesivo. Dicho calentamiento se produce debido que al desplazarse las cargas en un circuito, se requiere energía y parte de ella se transforma en calor (lo anterior prácticamente no sucede cuando la carga se desplaza en un superconductor, pues éste no ofrece resistencia eléctrica). A la capacidad de transformar dicha energía en determinado tiempo se le conoce como: potencia eléctrica.

En otras palabras la potencia (P) es una medida de qué tan rápido cambia la energía, y en el caso de la potencia eléctrica está relacionada con el voltaje (V) y la cantidad de corriente eléctrica (I) de la siguiente forma:

$$P = V I$$

Las unidades de la potencia son watt = (volt) · (ampere)

Entonces si tienes conectado un foco de 60 watts de potencia a un contacto de tu casa (120 volts) puedes deducir, de la ecuación anterior, que la corriente que circula por ese circuito es de 0.5 amperes (unidades en que se mide la cantidad de corriente).

3.2. Efectos cualitativos entre cuerpos cargados eléctricamente

Son bien conocidos los efectos de carga eléctrica que se producen cuando rozamos ciertos objetos con otros. Lo que ocurre cuando caminamos sobre una alfombra rozando los zapatos o cuando acariciamos el pelaje de un gato, es que estamos transfiriendo electrones de un cuerpo a otro. Lo anterior provoca que los cuerpos que se rozan queden cargados eléctricamente.

También se puede transferir carga eléctrica de un cuerpo a otro por el sólo contacto físico, a lo cual se le llama carga por contacto. Si el objeto es un buen conductor la carga se distribuye en toda su superficie porque las cargas iguales se repelen entre sí. Si se trata de un mal conductor puede ser necesario tocar con una barra cargada varias partes del objeto si se quiere obtener una carga más o menos uniforme.

Si acercamos un objeto con carga a una superficie conductora, a pesar de que no entren en contacto, los electrones se mueven en la superficie conductora.

Tomemos los ejemplos siguientes: en la figura 4.6A, se muestran dos esferas conductoras en contacto sin carga eléctrica alguna, formando así, un solo conductor sin carga.

En la figura 4.6B se acerca una barra con carga negativa a la esfera I, la barra repele los electrones del metal y se alejarán lo más posible pasándose a la esfera II, con lo cual la esfera I queda con un exceso de carga positiva. La carga en las dos esferas ha sido redistribuida, y se dice que ha sido inducida en ellas. En la figura 4.6C, las esferas I y II se han separado y la barra esta aún presente. En la figura 4.6D se ha retirado la barra. Las esferas quedan con cargas iguales y opuestas: se han cargado por inducción. Como la barra con carga no toca las esferas, conserva su carga inicial.

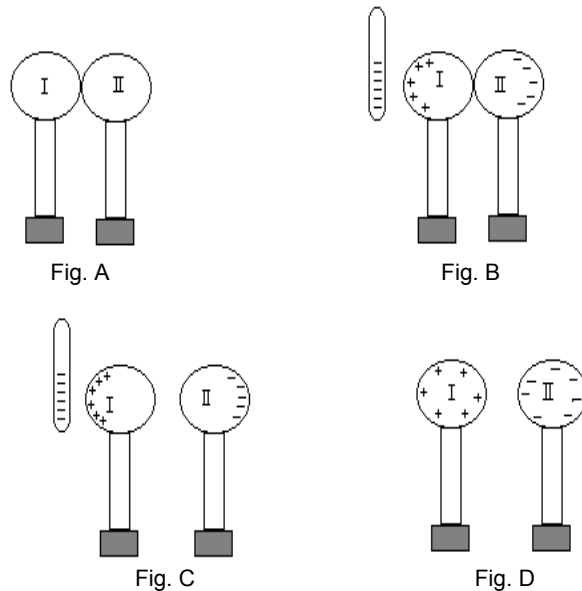


Fig. 4.6. Sistema de esferas cargadas por inducción.

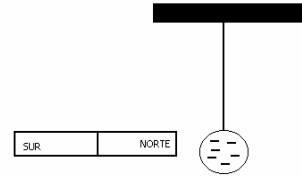
El proceso de inducción no se limita a conductores. Cuando acercamos una barra cargada a un aislante no hay electrones libres que puedan desplazarse por el material aislante. Lo que ocurre es un reordenamiento de las posiciones de las cargas dentro de los propios átomos y moléculas. Por inducción un lado del átomo o molécula se hace ligeramente más positivo (o negativo) que el lado opuesto. Decimos entonces que el átomo o molécula está eléctricamente polarizado. Lo anterior nos explica el por qué un objeto con carga atrae trocitos de papel neutros.

Problemas para la reflexión

3. Supongamos que tenemos tres esferas conductoras idénticas A, B y C con cargas de Q, 3Q y 5Q respectivamente. ¿Qué sucede si se ponen en contacto las tres esferas y luego se separan?

- A) Todas las esferas estarán descargadas
- B) Cada una tendrá una carga de 3Q
- C) Cada una tendrá una carga de 5Q
- D) Cada una tendrá una carga de 9Q

4. En la figura se representa un péndulo en reposo y un imán. Indica lo que ocurrirá sobre la esfera si ésta es de madera y está cargada negativamente.



- A) Es atraída por el imán porque tiene carga contraria
- B) Es repelida por el imán porque tiene la misma carga
- C) Es atraída porque el imán es neutro y la esfera está cargada
- D) Queda quieta porque el imán no interacciona con cargas estáticas

Ley de Coulomb

En el siglo XVII, el físico francés Charles Agustine Coulomb, realizó varios experimentos con cargas eléctricas y determinó que se podía calcular la fuerza que ejercían entre sí dos fuentes de cargas eléctricas, mediante la siguiente fórmula:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

En esta fórmula, F representa la fuerza entre las cargas eléctricas; q_1 y q_2 son, precisamente el valor de las cargas eléctricas; d es la distancia de separación entre ellas y K es una constante de proporcionalidad ($K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$).

La fórmula anterior tiene una gran similitud a la que se usa en mecánica para calcular la fuerza gravitatoria entre dos masas:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Aunque existen diferencias fundamentales como que la primera (fuerza eléctrica) puede resultar atractiva o repulsiva y la fuerza gravitatoria es (hasta donde sabemos) solamente atractiva. Lo anterior se manifiesta dado que en cargas eléctricas tenemos de dos tipos: positivas y negativas, lo que nos lleva a recordar que cargas iguales se repelen entre sí y cargas diferentes se atraen entre sí.

Además, podemos observar, de la ecuación de fuerza eléctrica, que la fuerza F depende del valor de las cargas y vemos que si se duplica el valor de una de ellas entonces obtendremos una fuerza dos veces mayor, en tanto que si cada una de las cargas se triplicara entonces la fuerza resultante es nueve veces mayor.

Ahora observa en la ecuación la influencia de la distancia “r”, y te darás cuenta que si la distancia crece al doble entonces la fuerza se debilita a la cuarta parte debido a que “r” está elevada al cuadrado, esto también significa que si la distancia se reduce a la cuarta parte, entonces la fuerza resultante será 16 veces mayor.

Problema para la reflexión

5. Dos cargas eléctricas se atraen con una cierta fuerza. Para que se atraigan con una fuerza cien veces mayor, ¿qué debe hacerse con la separación entre ellas?

- A) Aumentar cien veces
- B) Disminuir cien veces
- C) Aumentar diez veces
- D) Disminuir diez veces

Campo eléctrico

Alrededor de una carga eléctrica existe un campo eléctrico: una región del espacio donde tiene influencia de carácter eléctrico.

El campo eléctrico tiene magnitud y dirección. Su magnitud (intensidad) se puede medir con base en los efectos que produce sobre las cargas que se encuentran en él. Esto es, si colocáramos una “carga de prueba” dentro de la región donde el campo es intenso entonces la carga “sentiría” una fuerza mayor que la que “sentiría” si la colocáramos en una región de baja intensidad del campo eléctrico.

Se ha convenido que la dirección del campo eléctrico en un punto cualquiera es la dirección de la fuerza eléctrica que se ejerce sobre una pequeña carga de prueba positiva colocada en ese punto.

Una partícula con carga negativa está rodeada por vectores que apuntan hacia la partícula (si la partícula tuviese carga positiva, los vectores apuntarían hacia fuera de la partícula). La longitud de los vectores indica la magnitud del campo. El campo eléctrico es mayor donde los vectores son largos que donde son cortos. Siempre se presentan solo algunos de los vectores para no sobrecargar de información al dibujo.

Una forma más útil de describir un campo eléctrico consiste en el empleo de líneas de campo eléctrico llamadas también líneas de fuerza como se muestra en la figura 4.7, en este caso el campo es más débil donde las líneas de fuerza están más separadas.

Las líneas correspondientes a una sola carga se prolongan hasta el infinito, mientras que las de dos o más cargas opuestas emanan de una carga positiva y terminan en una carga negativa. En tanto que si se trata de cargas con el mismo signo, las líneas nunca se juntan.

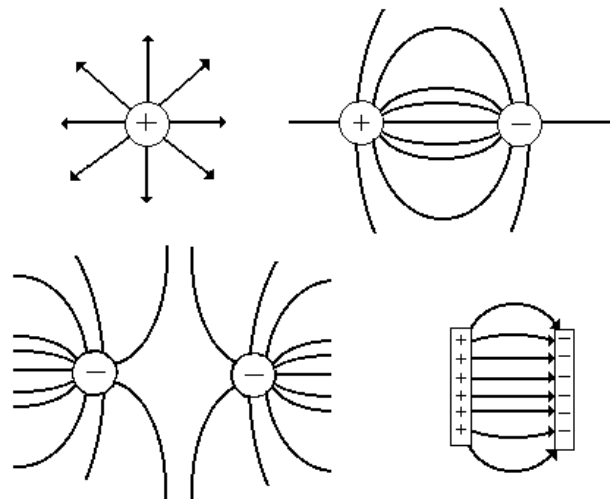
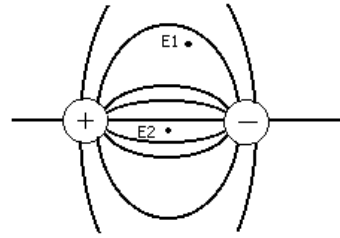


Fig. 4.7.
Representación de las líneas de campo eléctrico para diferentes configuraciones de carga.

Problema para la reflexión

6. Las líneas de fuerza del campo eléctrico creado por dos cargas puntuales $+q$ y $-q$ están representadas en la figura. Observando la separación de estas líneas en los puntos E_1 y E_2 ¿Qué puedes decir sobre la magnitud del campo eléctrico en dichos puntos?



- A) E_1 es más intenso que E_2
- B) E_2 es más intenso que E_1
- C) En E_1 la intensidad es nula
- D) E_1 y E_2 tienen igual intensidad

3.3. Campo magnético

El término magnetismo se empezó a usar aproximadamente hace 2000 años, esto sucedió cuando en Grecia descubrieron una piedra (conocida como magnetita), que atraía pedazos de hierro. En el siglo XII los chinos aprovecharon dicha propiedad para inventar la brújula. Pero fue hasta 1820 cuando, mientras hacía una demostración a sus alumnos, Christian Oersted descubrió que existía una relación entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos.

En efecto, una carga eléctrica en movimiento produce un campo magnético y desde luego, muchas cargas en movimientos (una corriente eléctrica) también producen un campo magnético. Puedes demostrar la existencia del campo magnético alrededor de un alambre por el que circula corriente si colocas una o varias brújulas junto a él. Las brújulas se alinearán con el campo magnético que genera la corriente y muestran un patrón de círculos concéntricos en torno al alambre. Si inviertes el sentido de la corriente, la aguja de las brújulas darán media vuelta y muestran que la dirección del campo magnético se invierte. ver figura 4.8.

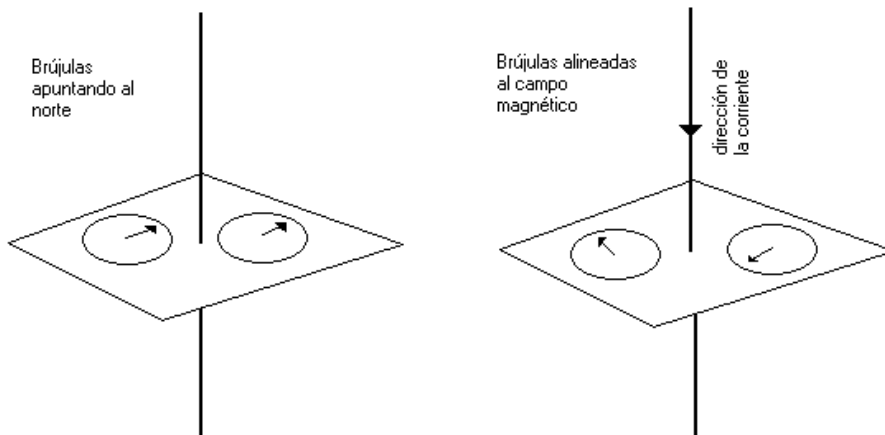


Fig. 4.8. Orientación de la aguja de un par de brújulas alrededor de un hilo conductor, por el cual se hace pasar una corriente eléctrica.

Este efecto podría también observarse con el siguiente arreglo (figura 4.9):

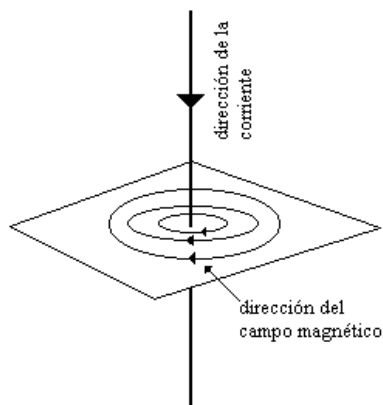


Fig. 4.9. Al hacer circular corriente eléctrica a través de un hilo conductor, es posible visualizar las líneas de campo magnético si sobre una superficie perpendicular a la línea de conducción se espolvorea limadura de hierro.

Si formamos una espira con el alambre, las líneas del campo se apiñan dentro de la espira, si hacemos otra espira que se superponga a la primera la concentración de líneas de campo magnético en el interior de la doble espira es dos veces mayor que en la espira individual (figura 4.10). La intensidad del campo magnético en esta región se incrementa a medida que aumenta el número de espiras. Una bobina de alambre que transporta una corriente y que tiene muchas espiras es un electroimán.

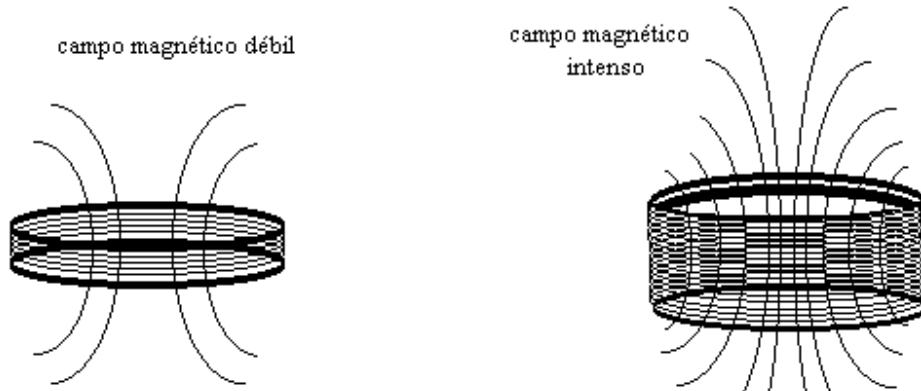
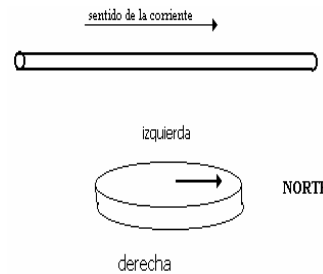


Fig. 4.10. Al aumentar el número de espiras en un electroimán, al hacer circular la misma cantidad de corriente eléctrica a través de él, el campo se hace más intenso.

Problema para la reflexión

7. Una brújula se coloca abajo de un cable conductor como se muestra en la figura. Si se hace pasar una corriente I en el sentido que se indica, el polo norte de la aguja:



- A) Apuntará en el sentido de la corriente
- B) Apuntará en el sentido opuesto de la corriente
- C) Apuntará hacia la izquierda y perpendicular al cable
- D) Se moverá hacia la derecha y perpendicular al cable

Fuerzas magnéticas que se ejercen sobre una partícula cargada en movimiento

Una partícula cargada que esté en reposo no interactúa con un campo magnético inmóvil. Pero si la partícula con carga se mueve en un campo magnético (movimiento relativo entre ellos), la partícula con carga experimenta una fuerza que la desvía: cuando una partícula que tiene una carga eléctrica q y rapidez v se mueve en dirección perpendicular a un campo magnético de intensidad B , la fuerza que se ejerce sobre ella es $F = q v B \text{ sen } \theta$. La magnitud de la fuerza depende del ángulo que formen entre sí las líneas del campo magnético y la dirección del movimiento, y es máxima cuando forman un ángulo de 90° y mínima cuando dicho ángulo es de 0° . En todo caso, la dirección de la fuerza es siempre perpendicular tanto a las líneas del campo como a la velocidad de la partícula con carga (ver figura 4.11). De este modo, una carga en movimiento se desvía cuando cruza las líneas de un campo magnético, pero no cuando se desplaza paralelamente a dichas líneas.

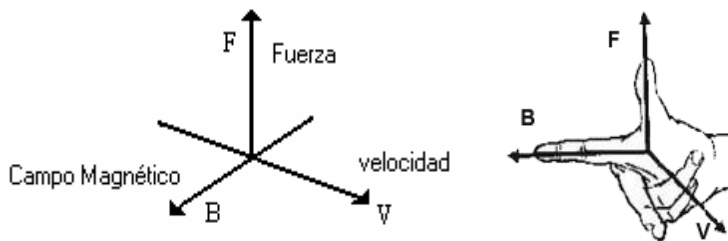


Fig. 4.11. La fuerza máxima para una partícula cargada y un campo magnético que interactúan entre sí, con cierta velocidad, se tiene cuando hay un ángulo de 90° entre ellos, esto se puede visualizar mediante la regla de la mano derecha.

Surge entonces una extensión de este fenómeno: si son muchas las cargas que están en movimiento y dichas cargas están “atrapadas” dentro de un alambre (corriente que circula por un alambre), entonces el alambre también responderá a la acción de la fuerza y se moverá de acuerdo a la figura 4.12. Realiza un experimento para verificar el hecho anterior. Observa la dirección de la desviación del alambre.

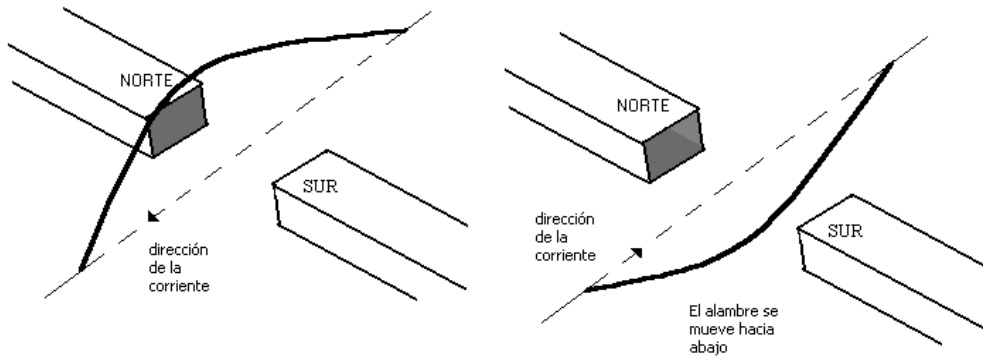
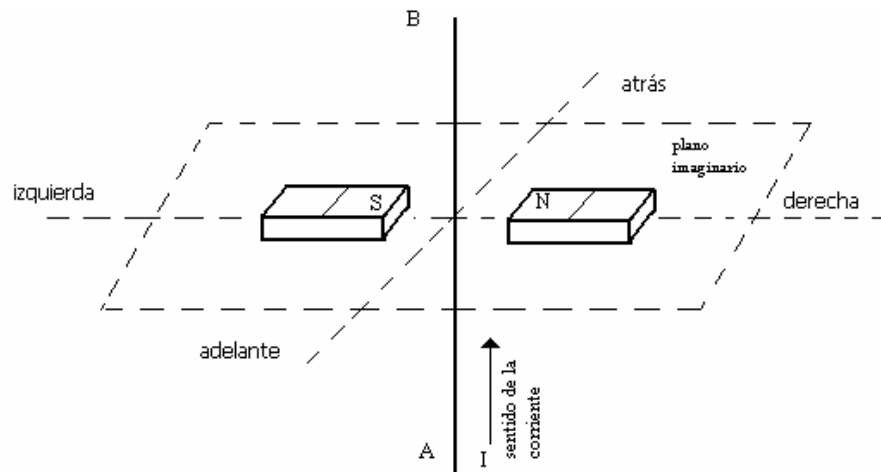


Fig. 4.12. Al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor existirá una interacción magnética con uno de los polos en un campo magnético, al invertir el sentido de la corriente, se invierte el sentido de la atracción.

Problema para la reflexión

8. Un alambre recto muy largo conduce una corriente eléctrica constante en el sentido de “A” a “B”. El polo norte de un imán de barra se coloca cerca y a la derecha del alambre y el polo sur de otro imán de barra se coloca cerca y a la izquierda del alambre. ¿Qué le sucede al alambre?

- A) Se mueve hacia atrás
- B) Se mueve a la derecha
- C) Se mueve hacia delante
- D) Se mueve hacia la izquierda



3.4. Inducción electromagnética

Faraday descubrió que se podía generar una corriente eléctrica en un alambre si se mete y saca repetidamente un imán de una bobina (enrollado) del mismo alambre. No se necesita de una pila o fuente de voltaje² También puede dejarse fijo el imán y mover la bobina, lo importante es que haya un movimiento relativo entre ellos (figura 4.13).

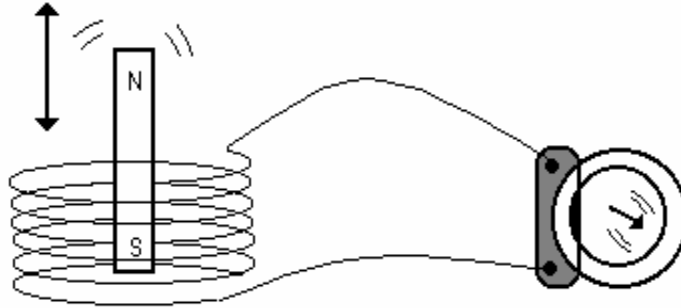


Fig. 4.13. Al interactuar una bobina o un conductor, dentro de un campo magnético, se generará una corriente eléctrica, ya sea desplazando el imán, el hilo conductor o el bobinado o ambas elementos a la vez.

La magnitud del voltaje resultante depende de la rapidez con que el alambre corte las líneas del campo magnético. Si el movimiento es lento se genera poco voltaje y viceversa. La magnitud del voltaje también depende del número de espiras del enrollado, cuantas más espiras haya, mayor será el voltaje inducido, de hecho si se duplica o triplica el número de espiras entonces el voltaje también se duplicará o triplicará respectivamente.

Existe un efecto del campo magnético sobre ti cuando introduces el imán al embobinado, este efecto es que requieres más fuerza para introducirlo cuando hay más espiras ya que haces que circule una mayor corriente por la bobina y ésta actúa como un electroimán más potente que se opone al movimiento del imán: el electroimán repele al imán. En otras palabras al meter el imán en la bobina se induce una corriente que hace que se forme un polo norte en la bobina que se opone al movimiento del imán. Al efecto anterior se le conoce como ley de Lenz.

Finalmente podemos resumir los fenómenos electromagnéticos anteriormente vistos como la ley de Faraday: El voltaje inducido en una bobina es proporcional al producto del número de espiras y a la razón de cambio del campo magnético dentro de dichas espiras.

² No creas que porque no se requiere de una fuente de voltaje, significa que estamos generando energía “de la nada”. En realidad, la energía proviene del trabajo que realizamos nosotros al mover al imán o al alambre (conservación de la energía).

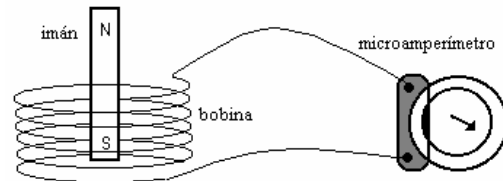
Problema para la reflexión

9. Se tiene un imán de barra y una bobina en serie con un microamperímetro (como se muestra en la figura). Con ello se puede producir una corriente inducida cuando:

- I. Se mueve el imán permaneciendo la bobina en reposo
- II. Se mueve la bobina, permaneciendo el imán en reposo
- III. Se mueven ambos (imán y bobina) a la derecha con la misma rapidez

Selecciona la(s) opción(es) correcta(s)

- A) Sólo I y II
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Todas



3.5. Ondas electromagnéticas

Una onda electromagnética se compone de campos eléctricos y magnéticos vibratorios que se regeneran mutuamente. No se requiere de medio alguno para que se propague. Los campos vibratorios emanan (se desplazan hacia fuera) de la carga que vibra. En cualquier punto de la onda el campo eléctrico es perpendicular al campo magnético, y ambos son perpendiculares a la propagación de la onda.

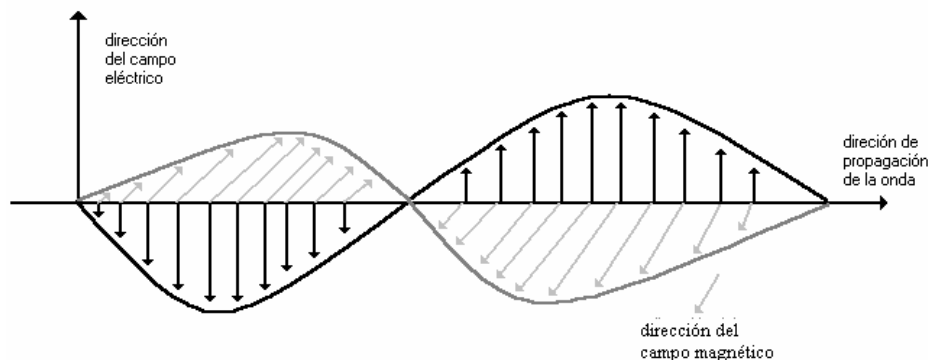


Fig. 4.14. Dirección del campo magnético y del campo eléctrico para una onda electromagnética.

En el caso de las ondas electromagnéticas se tiene que la rapidez es única, es igual a la velocidad de la luz ($c = 3 \times 10^8$ km/s) sin importar su frecuencia, longitud de onda o intensidad de la radiación.

La luz como onda electromagnética

Maxwell descubrió la naturaleza de la luz, al percatarse que si se ponen a vibrar cargas eléctricas con frecuencias del orden de 4.3×10^{14} a 7×10^{14} vibraciones por segundo, la onda eléctrica resultante puede ser captada por las “antenas” que tenemos en los ojos y que llamamos retina. La luz no es otra cosa que ondas electromagnéticas en ese intervalo de frecuencia. Si la vibración es más rápida (ultravioleta) o menos rápida (infrarrojo) nuestros receptores ya no capaces de captarlas. Otras frecuencias (radiofrecuencia, microondas, etcétera) son captadas por diferentes tipos de antenas.

En la siguiente tabla puedes apreciar algunos de los diferentes nombres que reciben las ondas electromagnéticas cuando tienen ciertas frecuencias.

Por orden decreciente de frecuencias (o creciente de longitudes de onda), el espectro electromagnético está compuesto por rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio.

Nombre de la región	Frecuencia típica (Hz) (vibraciones por segundo)	Longitud de onda típica (m)
Rayos Gamma	10^{20} (Alta)	10^{-11} (Corta)
Rayos X	10^{18}	10^{-9}
Radiación Ultravioleta	10^{16}	10^{-7}
Luz Visible	10^{14}	10^{-6}
Rayos Infrarrojos	10^{12}	10^{-4}
Microondas	10^{10}	10^{-2}
Ondas de radio	10^6 (Baja)	10^1 (Larga)

Las ondas están presentes en muchos lugares y situaciones como en las olas de mar, en el bamboleo de un árbol movido por el viento, en el arco iris, en un terremoto, etcétera, y mucho antes de Maxwell, ya se habían estudiado las características y propiedades de las ondas (mecánicas). Un ejemplo de ondas lo encontramos asociado al movimiento de vaivén que tiene un péndulo.

Interferencia de ondas

Cuando arrojamamos al mismo tiempo dos piedras a un charco de agua o a una pileta con agua podemos observar que generamos ondas en los dos puntos donde golpearon las piedras al agua. Entonces podemos ver que las ondas se superponen cuando estas se encuentran. Es a este fenómeno que se le conoce como patrón de interferencia. Dentro de esta zona de interferencia de ondas puede darse el caso que, en cierto momento y lugar, un par de ondas se refuercen, se anulen o se debiliten entre sí.

La interferencia constructiva resulta de la superposición de dos crestas, entonces sus efectos se suman.

La interferencia destructiva se presenta cuando una cresta de onda interfiere con un valle, entonces sus efectos se anulan mutuamente.

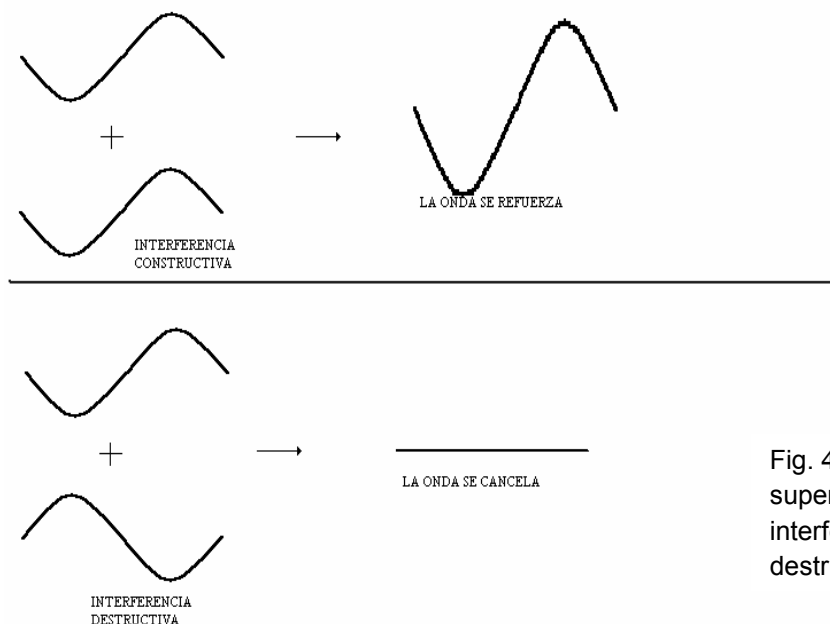


Fig. 4.15. Efectos de la superposición de ondas, interferencia constructiva y destructiva.

El fenómeno de interferencia se puede presentar en cualquier tipo de ondas, entre ellas la luz. Para observar un tipo de interferencia es recomendable que veas a trasluz un par de peines superponiendo los “dientes” de ambos peines, podrás observar zonas más oscuras que otras.

Polarización

Anteriormente mencionamos que la luz (una onda transversal) se genera cuando los electrones vibran y emiten ondas electromagnéticas, pero en el caso de fuentes de luz como el sol, un foco o una flama, los electrones emiten dichas ondas con orientaciones al azar. Existe un fenómeno ondulatorio que, aplicado a la luz, consiste básicamente en que la luz esté compuesta por ondas transversales que solamente oscilen en dirección horizontal o vertical este fenómeno es llamado polarización y resulta útil en la fabricación de filtros “antirreflejantes” o lentes para películas “tridimensionales”.

Reflexión

En el caso de la luz, la reflexión sigue un comportamiento análogo al caso del rebote de una bola de billar en una banda o de una pelota en una pared: si la tiras de frente se regresará por donde mismo, pero si la lanzas con cierto ángulo, ésta rebotará con un ángulo similar con el cuál chocó la pared. Para aclarar lo anterior debes observar la figura 4.16.

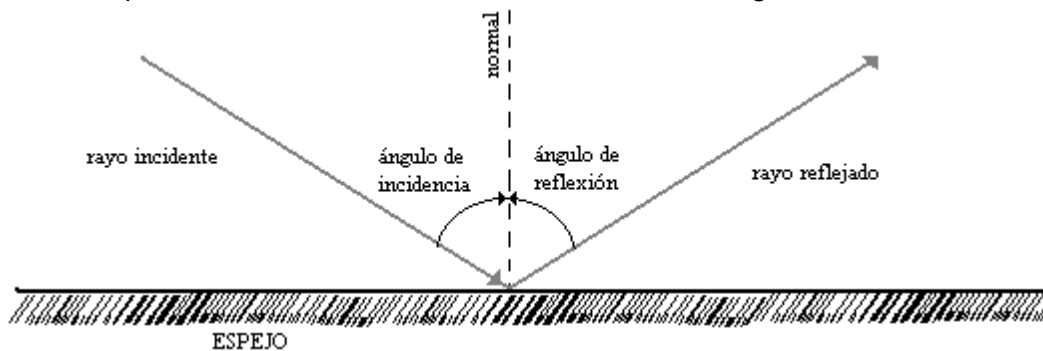


Fig. 4.16. Ángulos de incidencia y reflexión para un rayo de luz incidente.

Esto es, en la reflexión en un espejo plano, el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

Refracción

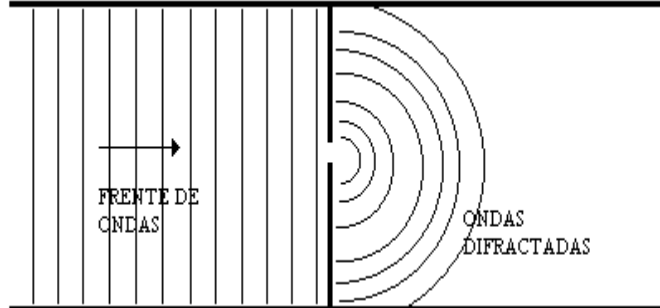
En general, cuando el segundo medio por el cual viaja la onda no es tan duro, parte de la onda sufre una refracción, esto es que una parte pasa al segundo medio pero bajo ciertas condiciones. En el caso de la luz, el rayo incidente es desviado de su dirección original debido a la diferencia de densidades de los medios.

Algunos casos donde se presenta la refracción de la luz es cuando observamos que las estrellas titilan, cuando el fondo de una alberca nos parece menos profundo de lo que es o bien al ver un objeto a través de una lupa.

Difracción

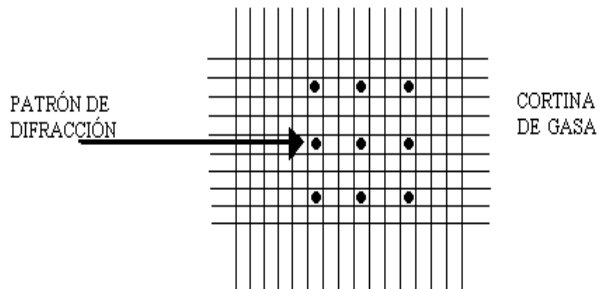
Existe una desviación de una onda por causa distinta a la reflexión o la refracción y se le conoce con el nombre de difracción. Podemos observar este fenómeno en el caso de ondas mecánicas cuando en una superficie de agua se genera un frente de ondas y éste debe pasar a través de una pequeña abertura practicada en una barrera. Ver la figura 4.17.

Fig. 4.17. Difracción de ondas, la onda sigue propagándose a través de la pequeña abertura en la barrera.



Para el caso de la luz, también es fácil ver el fenómeno de la difracción si hacemos pasar un rayo de luz (preferentemente de color) a través de una pequeña ranura como en una tela o malla, figura 4.18. La onda electromagnética se desvía y percibimos una imagen como se muestra a continuación.

Fig. 4.18. Patrón de difracción que se observa al hacer pasar luz a través de una gasa, los puntos oscuros son consecuencia de la interferencia destructiva de la onda electromagnética.



Problemas para la reflexión

10. Una cuchara aparenta estar quebrada cuando uno de sus extremos se sumerge en un vaso con agua. Este fenómeno se debe a la:

- A) Reflexión
- B) Difracción
- C) Refracción
- D) Interferencia

11. Si dos piedras pequeñas caen al mismo tiempo en un depósito con agua, se generan dos trenes de ondas circulares que, al coincidir en una misma región, presentan el fenómeno de la

- A) Reflexión
- B) Refracción
- C) Polarización
- D) Interferencia

Resumen

Los conceptos clave en este capítulo son circuito eléctrico, corriente eléctrica, diferencia de potencial (voltaje), potencia eléctrica, resistencia eléctrica, carga eléctrica, potencial eléctrico, campo eléctrico y magnético, onda electromagnética, reflexión, refracción, interferencia y difracción.

Lo más relevante de este capítulo ha sido la comprensión de los circuitos eléctricos y su relación con la ley de Ohm, la diferenciación entre los efectos resultantes de la interacción en cargas en reposo y los de las cargas en movimiento.

Así mismo, es fundamental comprender qué es un campo eléctrico y cuáles son sus características. Del mismo modo sucedió con el campo magnético, cuyo entendimiento es de vital importancia para la comprensión de fenómenos más complejos como el de la inducción electromagnética base de la generación de una de las formas más importantes de energía: la eléctrica. Finalmente, el estudio de la luz como una onda electromagnética sienta las bases para el entendimiento de fenómenos relacionados con su comportamiento.

3.6. Solución a los problemas para la reflexión

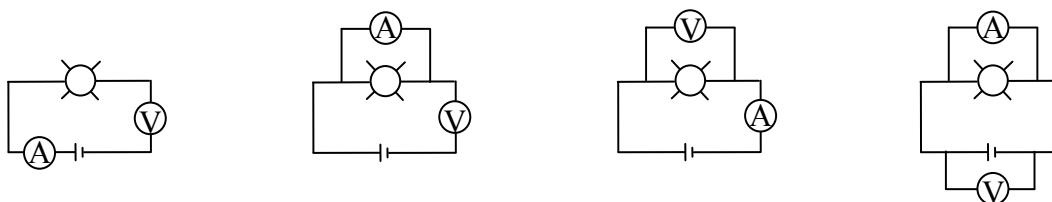
1. B La corriente que pasa por F1 y F3 es la misma.
2. C Por ley de Ohm.
3. B La carga se distribuye en las tres esferas.
4. D El imán no atrae cargas estáticas.
5. D Por ley de Coulomb.
6. A Hay más líneas de campo.
7. D Aplicando la regla de la mano derecha (ver Pág. 71)
8. A Aplicando la regla de la mano derecha.
9. A Ley de Faraday.
10. C Concepto refracción.
11. D Concepto de interferencia.

3.7. Autoevaluación 3

INSTRUCCIONES. Consigue unas hojas aparte para realizar tu autoevaluación. Lee cuidadosamente cada una de las preguntas, intenta razonarlas, si es necesario realiza un diagrama que te ayude a visualizar el fenómeno del que se trata y los datos proporcionados en el enunciado. Por favor, intenta escribir tus procedimientos completos, esto es muy útil para que puedas revisarlas y preguntarle tus dudas a alguien. Cuando hayas terminado compara con las respuestas que se encuentran al final de la Guía. Marca las respuestas correctas con una \checkmark , y obtén tu calificación, de la siguiente manera:

$$\text{Calificación} = (\text{No. de aciertos}) \left(\frac{10}{13} \right)$$

1. Si se quiere medir la intensidad de corriente y el voltaje en el circuito eléctrico que se muestra, colocando un amperímetro (A) y un voltímetro (V), ¿cuál sería la forma adecuada de conectar los instrumentos de medición?



A)

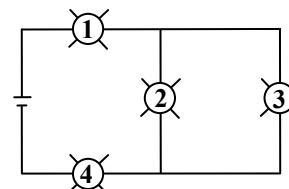
B)

C)

D)

2. En el circuito que se muestra, las cuatro lámparas son idénticas, si se funde el foco 2, el brillo del foco 3...

- A) Se apaga
- B) Aumenta
- C) Disminuye
- D) No cambia



3. Al conectar dos resistencias idénticas (R) en paralelo a una fuente de poder, ¿cuál es el valor de la resistencia global del circuito (resistencia equivalente)?

- A) R
- B) R^2
- C) 2R
- D) $R/2$

4. Cuando una corriente eléctrica se hace pasar a través de dos hilos conductores paralelos entre sí, éstos interactúan magnéticamente. Si la corriente va en la misma dirección los conductores se atraen, en caso contrario se repelen, este efecto fue mostrado por

- A) Lenz
- B) Oersted
- C) Ampere
- D) Maxwell

5. Oersted realizó un experimento en el cual hizo pasar una corriente a través de un hilo conductor, colocó una brújula debajo de él y observó que la aguja se desviaba, esto se debe a que se genera

- A) Un campo eléctrico
- B) Un campo magnético
- C) Una corriente eléctrica
- D) Una diferencia de potencial

6. El planeta Tierra recibe una cantidad considerable de radiaciones electromagnéticas y de partículas provenientes del Sol, algunas de éstas son dañinas para los organismos biológicos, sin embargo la mayor parte son desviadas, esto se debe a la

- A) Baja energía cinética de partículas y ondas
- B) Reflexión por parte del agua de los mares
- C) Presencia del campo magnético terrestre
- D) Refracción de partículas en la atmósfera

7. La energía eléctrica que llega a nuestros hogares proviene de regiones distantes, si la intensidad de corriente fuera grande los cables se calentarían, por eso se reduce la intensidad y se aumenta el voltaje, de esta manera puede mantenerse constante la

- A) Potencia eléctrica
- B) Resistencia eléctrica
- C) Fuerza electromotriz
- D) Diferencia de potencial

8. La obtención de energía eléctrica, mediante la transformación de energía mecánica poniendo en movimiento un generador, es posible gracias a

- A) La inducción electromagnética
- B) El equivalente mecánico del calor
- C) La diferencia de potencial eléctrico
- D) La extracción de energía potencial

9. Al atardecer es posible ver el Sol directamente en el horizonte sin riesgo a sufrir daño en los ojos, esto es posible debido al fenómeno de

- A) Reflexión
- B) Difracción
- C) Refracción
- D) Polarización

10. Si al cambiar de un medio de propagación a otro de diferente densidad, la velocidad de propagación de una onda electromagnética disminuye, entonces su frecuencia

- A) Aumenta
- B) Se anula
- C) Disminuye
- D) Se mantiene constante

11. Se conecta un conductor eléctrico a un galvanómetro, al acercarlo y alejarlo de un imán la aguja del aparato se mueve, mediante esta interacción se genera

- A) Un campo eléctrico
- B) Un campo magnético
- C) Una corriente eléctrica
- D) Una onda electromagnética

12. Si la longitud de onda (λ) de una onda electromagnética aumenta entonces su energía

- A) Es cero
- B) Aumenta
- C) Disminuye
- D) Es constante

13. ¿Cuánta corriente fluye a través de un resistor de 40Ω , cuando se conecta a una fuente de alimentación de 120 volts.

- A) 4800 A
- B) 160 A
- C) 80 A
- D) 3 A

CAPÍTULO 4

ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Introducción

En esta unidad, se muestra un bosquejo de los conceptos surgidos de la llamada Física Moderna y Contemporánea. Básicamente se abordarán aquellos que pretenden explicar la estructura de la materia que constituyen a los átomos (1×10^{-15} m), como son los electrones, protones y neutrones.

La materia se presenta como: sólido, gas y líquido, que a su vez están organizadas en estructuras más pequeñas llamadas moléculas y éstas están integradas por átomos, pero a principios del siglo XX se pudo determinar que los átomos estaban compuestos por partículas más pequeñas: electrones y núcleos atómicos. Cabe mencionar que el estudio de descargas eléctricas en tubos con gases a baja presión llevó al descubrimiento del electrón por parte de Thomson a finales del siglo XIX, analizando el comportamiento de estas descargas en presencia de campos eléctricos y magnéticos. Otra experiencia crucial para conocer la existencia del núcleo fue el experimento del inglés Ernest Rutherford, quien bombardeó laminillas delgadas de oro y analizó las trayectorias de los proyectiles y partir de ello pudo inferir que el átomo tenía un núcleo, una región muy pequeña con carga positiva. Posteriormente, Chadwick interpretó correctamente experimentos con choques entre núcleos y pudo determinar que el núcleo atómico también estaba integrado por neutrones, partículas que no tienen carga eléctrica. A partir de estos descubrimientos se entendió porque algunos átomos se pueden desintegrar y emitir partículas y radiación hacia el exterior de ellos, dando lugar a la radiactividad. Pero no sólo se pudo explicar la radiactividad, sino que se comprendió, además, el proceso de formación de los átomos a través de la fusión nuclear y la división natural o artificial de los átomos por medio de la fisión.

Objetivos

Que el alumno logre:

- Identificar la estructura del átomo.
- Explicar los principales procesos nucleares.
- Describir los principios físicos de la interacción radiación-materia.
- Analizar las ideas centrales de la teoría de la gran explosión.

4.1. La teoría atómica electricidad

Tubos de descarga

Los gases, generalmente, son malos conductores de la electricidad, a temperatura y presión normal. Pero al aplicarles un fuerte campo eléctrico se puede producir una chispa.

Si colocamos un gas (aire) en un tubo sellado, con una presión de menos de 1 cm de mercurio y en los extremos del tubo ponemos un par de electrodos, entonces si entre los electrodos



Fig. 4.1 Dispositivo eléctrico para producir descargas eléctricas en gases, conocido como tubo de rayos catódicos.

aplicamos unos pocos kilovolts, se podrá observar una descarga brillante y constante, un patrón como el que se muestra en la figura 4.2.

Si la presión es cada vez más baja, entonces la zona más oscura se hará de mayor extensión y para una presión del orden de centésimas de centímetro de mercurio (10^{-2} cm), llena todo el tubo. Si intercalamos un medidor de corriente (amperímetro) entre los elementos del circuito eléctrico, este aparato registrará una corriente eléctrica. Por otro lado, si al ánodo se le hace un agujero, se notará un resplandor de color verde más allá del orificio del ánodo. Estos rayos producen el resplandor en el ánodo y viajan en línea recta, esto se puede demostrar poniéndoles un obstáculo y observar que se produce una sombra del objeto en el extremo del tubo.

Tubo de rayos catódicos de William Crookes

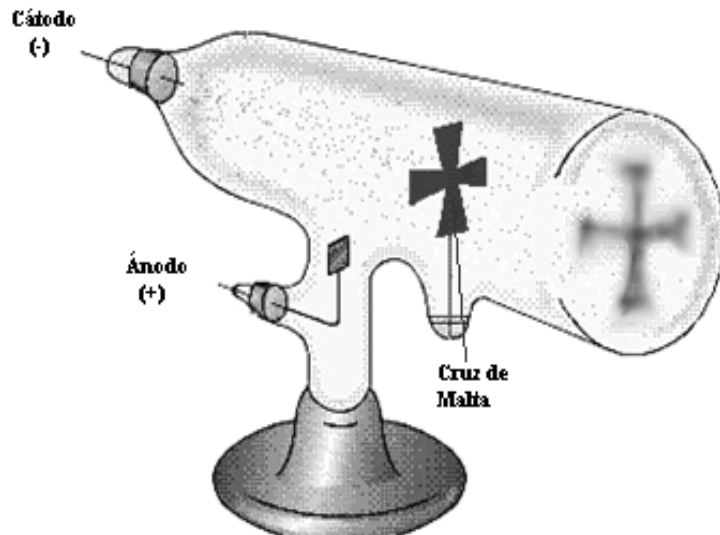


Fig. 4.2. Tubo de rayos catódicos empleado Por William Crookes, mediante este dispositivo puso en evidencia que los rayos producidos viajaban en línea recta.

Si se coloca una rueda de paletas en la trayectoria de estos rayos, se podrá ver como la rueda empieza a girar, lo que muestra es que estos rayos transmiten energía a la rueda. También, estos rayos se desvían si acercamos un imán cerca del tubo, lo cual quiere decir que los rayos tienen una carga eléctrica; ya que como recordarás una carga eléctrica en movimiento puede ser desviada por un imán. A estos rayos se les llamó “rayos catódicos”, ver la figura 4.2.

Propiedades de los rayos catódicos:

- a. viajan en línea recta
- b. producen resplandor cuando se impactan sobre una superficie fosforescente
- c. transmiten energía cinética
- d. tienen carga eléctrica.

Al estudiar el comportamiento de los rayos catódicos cuando pasan por campos eléctricos y magnéticos se pudo determinar que tenían una masa y una carga negativa, los experimentos claves para precisar dichos valores fueron realizados por J. J. Thomson a finales del siglo XIX.

El experimento de Thomson

En la figura 4.3 se muestra un esquema del tubo usado por Thomson para estudiar la desviación de los rayos catódicos por un campo eléctrico. Del cátodo C salen los rayos que pasan por el ánodo A, éste tiene un hoyo en su parte central por el que pasan los rayos; y después cruzan el tapón B, conectado a tierra, hasta chocar con el otro extremo del tubo el que está revestido por pintura fluorescente que brilla cuando se impactan los rayos en ella. Las placas D y E forman un capacitor, éste permite establecer un campo eléctrico de varios volts; al pasar los rayos por el campo se desvían y mediante una relación se puede encontrar e/m (donde e es la carga eléctrica de un electrón) con la distancia que se desvía el rayo, así como con la intensidad del campo, esto permitió a Thomson una medida que después del experimento de Millikan se estableció que esos rayos son electrones con una carga mínima y masa dada por la relación encontrada por él. Donde e es la carga del electrón y m es su masa.

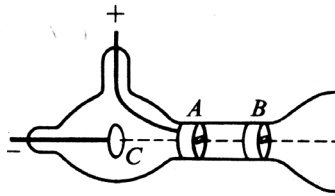


Fig. 4.3. Tubo usado por Thomson para determinar la relación e/m . Donde: A: Ánodo; B: Colimador; C: cátodo; D y E: placas eléctricamente cargadas, capaces de desviar el haz de rayos.

El valor calculado por Thomson para $e/m = 1.76 \times 10^{11}$ C/kg.

Actualmente para la masa del electrón se tiene un valor de $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg y la carga $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.

El experimento de Millikan

Otro experimento trascendental para el entendimiento de la estructura de la materia lo realizó el físico estadounidense Robert. A. Millikan cuando determinó experimentalmente la mínima unidad de carga eléctrica (donde la carga del electrón = 1.6×10^{-19} C)

En la figura 4.4 se esquematiza el aparato que usó para tal experimento: En él se pulverizan gotas de aceite en la región comprendida entre las dos placas metálicas. Se liberan los electrones de moléculas de aire por ionización al hacer pasar los rayos X a través del medio; los electrones se adhieren a las pequeñas gotas de aceite dándoles carga negativa.

El movimiento de descenso de las gotas de aceite puede observarse a través de un pequeño microscopio. La magnitud del campo eléctrico uniforme se puede controlar y se puede lograr un equilibrio (entre la fuerza gravitatoria y la eléctrica) hasta lograr que la gota no se mueva más.

Lo anterior le permitió a Millikan establecer una relación de donde despejó el valor de la carga eléctrica.

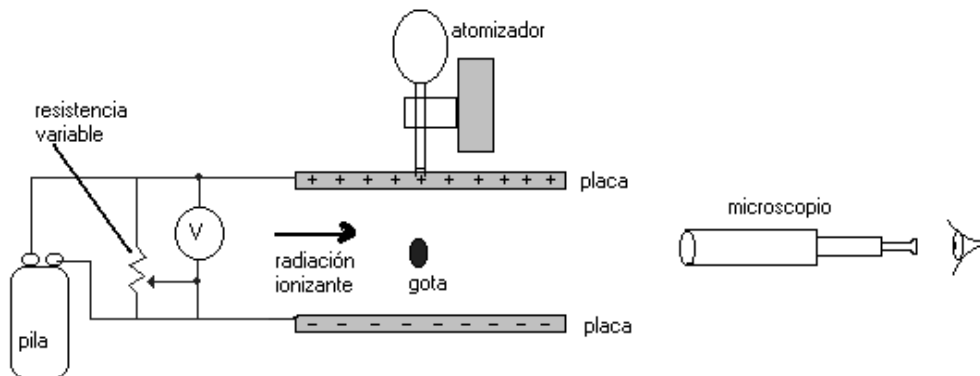


Fig. 4.4. Distribución esquemática del dispositivo del experimento de Millikan para determinar la carga del electrón.

4.2. La teoría atómica de la radiación

El Efecto Fotoeléctrico

El mes de diciembre de 1900 se puede considerar como el nacimiento de la Física Cuántica cuando el físico Max Planck propone una idea innovadora: La energía radiante es emitida en forma discontinua, se emite o absorbe en forma de “cuantos” o “paquetes” de energía.

Lo anterior facilitaba la explicación de (entre otros fenómenos) la radiación de cuerpo negro (cuerpo capaz de absorber todas las radiaciones que recibe).

Para el año de 1905, aparece en escena el famoso Albert Einstein que, basándose en los resultados de Planck, explica un fenómeno llamado efecto fotoeléctrico, el cual consiste en la emisión de electrones por los metales cuando son iluminados con luz ultravioleta. Einstein dijo que si se tiene en cuenta que, cuando los electrones libres de los metales reciben luz y adquieren energía proveniente de ésta, entonces bajo ciertas condiciones, los electrones pueden llegar a tener tal energía que les permite “escapar” del metal venciendo las fuerzas que los retienen a él. En sentido figurado se vería como si el electrón fuera una pequeña canica que recibe un fuerte golpe de otra canica y el electrón “sale disparado”. Lo anterior evidenciaba que la luz tiene un comportamiento característico de las partículas, lo cual resultaba incómodo para los científicos que consideraban a la luz como un fenómeno de carácter ondulatorio.

4.3. Modelos atómicos

El experimento de Rutherford

Desde tiempos remotos, el humano se ha preguntado acerca de la estructura de la materia. Han sido diversos los modelos planteados que, de acuerdo con las evidencias químicas y físicas de la época, constituían la mejor “explicación” a esas preguntas.

La primera prueba razonable de la existencia de los átomos fue descubierta de manera inadvertida en 1827 por el botánico escocés Robert Brown. Mientras observaba granos de polen a través de un microscopio advirtió que las esporas se encontraban en un estado de agitación constante, zigzagueando siempre, primeramente pensó que las esporas tenían vida, sin embargo, después observó un movimiento similar en partículas sin vida (polvo,

hollín) Ahora se sabe que este movimiento (más tarde “bautizado” como *movimiento browniano*) se debe al movimiento de los átomos y moléculas vecinas. Desde entonces los científicos se empezaron a formar una idea acerca de la estructura de la materia.

Uno de los primeros intentos para explicar la estructura del átomo se basaban en un modelo atribuido a J.J. Thomson, el descubridor del electrón. En este modelo los electrones están ubicados en un espacio esférico de carga positiva, como se muestra en la figura 4.5.

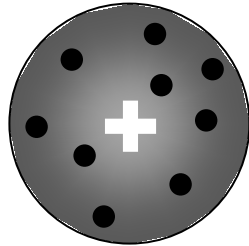


Fig. 4.5. Representación del modelo de átomo de Thomson.

Este modelo explicaba la neutralidad de los átomos colocando igual cantidad de cargas positivas que de negativas. Más tarde este modelo fue sustituido por otro (de Rutherford) como veremos más adelante.

En 1911 Rutherford demostró experimentalmente que el *núcleo* de los átomos es muy masivo (ahora sabemos que un protón tiene masa 1700 veces mayor que la del electrón y que el átomo en conjunto es unas cien mil veces mayor que el núcleo).

Rutherford “bombardeó” una lámina de oro muy delgada con partículas alfa (partículas pesadas y con carga positiva), ver la figura 4.6. Observó que la mayoría de las partículas alfa atravesaban la lámina de oro sin sufrir desviación, pero algunas partículas rebotaban (regresaban) entonces dedujo que dichas partículas golpeaban el núcleo de los átomos de oro que son, como todos los núcleos atómicos, muy pesados pero muy pequeños comparados con el resto del átomo. En conclusión el átomo está prácticamente vacío y su masa está concentrada mayoritariamente en el núcleo.

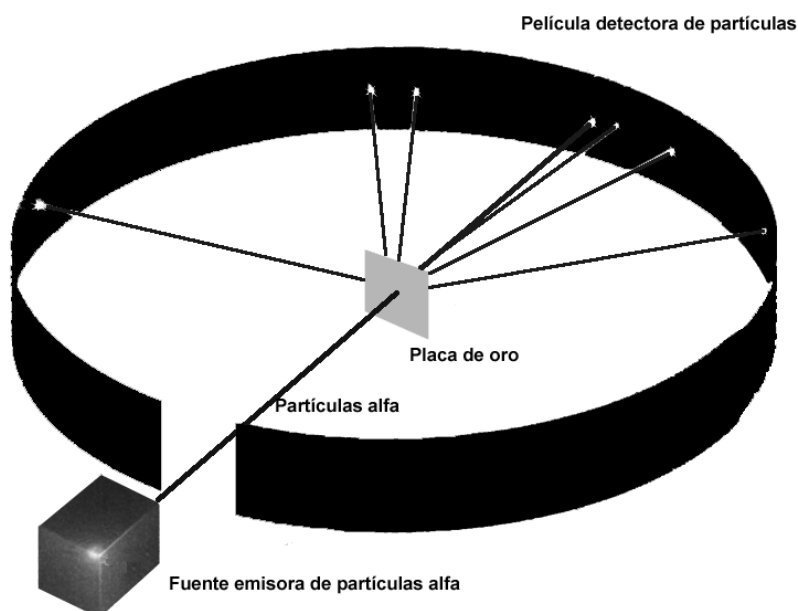


Fig. 4.6. Representación esquemática del experimento de Rutherford, con el que infirió el núcleo del átomo.

Como sabemos, la materia se compone de partículas. El hombre siempre ha tratado de saber cuál es la pieza más pequeña con la cual se puede conformar las demás partículas.

En alguna época se pensaba que el átomo era la partícula elemental, después se encontró que el átomo está formado por electrones, neutrones y protones, pero ¿Serán estas las partículas más pequeñas? Claro que no, actualmente se sabe que existen partículas aún más elementales, pero a nivel de estas dimensiones las reglas ya no son exactamente las mismas, por ejemplo tenemos que el protón está formado por tres partículas llamadas *cuarks* cada una con una masa mayor que la del protón, aparentemente esto es imposible, sin embargo la razón es que al combinarse estas tres partículas se irradia la mayor parte de la masa en forma de energía. Por tanto, resulta posible que la búsqueda de partículas elementales no conduzca a masas cada vez más y más pequeñas como se había hecho.

4.4. Física nuclear

Decaimiento radiactivo

En el año 1895, el científico alemán Wilhelm Röntgen descubrió los rayos X, radiación electromagnética producida por el frenado de electrones con superficies metálicas, cuya capacidad de penetración es alta. Con ellos se pueden tomar radiografías de los huesos. Semanas después al estar estudiando emisiones de rayos X provenientes de sustancias fosforescentes, el físico francés Henri Becquerel descubrió extrañas radiaciones emitidas por compuestos de uranio. Posteriormente, se demostró que esta radiación o radiactividad incluye la emisión de tres tipos diferentes de radiaciones como se explicará más adelante.

La propiedad de *radiactividad* se presenta cuando se separan los componentes de un átomo. La suma de las masas de los productos resultantes es menor que la que se tenía en conjunto, la masa faltante se convierte en energía. Los elementos más pesados que el bismuto (número atómico 83) son radiactivos.

Los átomos de los elementos radiactivos pueden emitir tres tipos de rayos *alfa* (α), *beta* (β) y *gamma* (γ). Los rayos alfa están constituidos por núcleos de helio, es decir son partículas con dos protones y dos neutrones, por tanto tienen carga positiva. Los rayos beta no son otra cosa que una corriente de electrones, entonces su carga es negativa. Los rayos gamma son energía sin masa, es energía electromagnética como la luz pero con frecuencias altísimas (son los más “energéticos”)

De las tres radiaciones la menos intensa es la alfa y se puede detener con una simple hoja de papel (hasta unos centímetros de aire por donde atraviere la detiene). La segunda en intensidad es la beta, la cual podemos detener con papel aluminio de algunos milímetros de espesor. La más intensa (gamma) la detenemos solamente con paredes gruesas (algunos centímetros) de un material denso como el plomo.

Los rayos que tienen carga eléctrica se pueden desviar al atravesar (con ángulo de 90°) campos eléctricos y magnéticos. Ver la figura 4.7.

No todos los elementos radiactivos se desintegran con la misma rapidez, existen elementos radiactivos con vida media muy pequeña (del orden de millonésimas de segundo) pero existen otros, como el uranio 238, que tiene vida media de 4500 millones de años.

La desintegración de los átomos radiactivos no se ve afectada por agentes externos (presiones, cambios de temperatura, agentes químicos, etc.) Para calcular la edad de material orgánico como huesos, madera o dientes se observa la desintegración que ha tenido el carbono-14 (vida media 5730 años) que está presente en este tipo de materiales.

A principio de siglo XX, Rutherford y Soddy determinaron una relación para calcular la vida media de los elementos radiactivos. La ley de desintegración radiactiva se deriva de un cálculo estadístico, por lo tanto solamente es válida para un grupo de átomos y no para uno solo; Es como si te dijeran que el 33.5% de la población mexicana es fumadora, esto NO quiere decir que el 33.5% de cada persona fuma, sino más bien que si tomamos al azar un grupo de 1000 mexicanos, es muy probable que 335 de ellos fumen.

Detectores de radiactividad

A un átomo o molécula se le llama ion, sí no es eléctricamente neutro. Para ionizar un átomo o molécula se requiere remover uno o más electrones de un átomo y/o molécula neutro, lo cual hace que se convierta en ion positivo. Este proceso puede darse al interaccionar el átomo con otras partículas cargadas eléctricamente. También, se puede ionizar un átomo al chocar fotones con electrones del átomo o molécula.

Por otra parte, la detección de iones en una sustancia es clave para seguir la trayectoria de partículas cargadas que pasan a gran velocidad. Esta sencilla idea, de observar la trayectoria de partículas rápidas que van sembrando iones en una sustancia, permitió construir detectores de partículas usando recipientes con algún gas o líquido que son ionizados por el paso de partículas y cuyos rastros se pueden seguir a través de fotografías de las trayectorias.

Los detectores se clasifican en:

- a) Aparatos para registrar trayectorias de partículas, como son: cámara de niebla de Wilson, cámara de burbujas y cámara de chispas.
- b) Detectores de partículas, como son: contador de centelleo y contador Geiger-Müller.

Aplicaciones de la radiactividad

La radiactividad natural por los núcleos de los átomos es aplicada en diversas actividades del hombre, así como de manera artificial se producen sustancias radiactivas, los llamados radioisótopos que de la misma forma tiene muy interesantes aplicaciones. Entre las principales podemos mencionar:

Médicas

Los radioisótopos naturales y artificiales se usan para combatir el cáncer, fuentes de cobalto- 60, y para extirpar la glándula pituitaria con itrio-90. También, las fuentes radiactivas se utilizan para esterilizar instrumentos quirúrgicos y vestuarios de aquellos cuyos materiales no resistentes al calor.

Industriales

Las fuentes de cobalto se usan para revisar estructuras metálicas con el objetivo de detectar defectos en ellas y evitar rupturas de las estructuras.

Agricultura

En actividad, se usa para aumentar el periodo de almacenamiento de ciertos vegetales y también para inhibir la germinación de la papa en la bodega. Los radioisótopos se orientan al desarrollo de nuevas especies vegetales mediante la inducción de mutación genética.

Geológicas

Fuentes radiactivas son útiles en la exploración de formaciones petrolíferas, en el subsuelo. Para ello, se introducen en el suelo agujas radiactivas, rayos γ , en los pozos de exploración y luego se mide la radiación obtenida en lugares cercanos. Y con ello, se puede realizar un perfil de las capas inferiores de la superficie terrestre, para con esa información tomar decisiones sobre la ejecución o no de la perforación de los pozos.

Fusión y Fisión nuclear

Existe otro importante proceso que se presenta cuando el núcleo de un átomo se *divide* y se forman dos nuevos productos, a este proceso se le denomina fisión nuclear, y es el resultado de un aumento en la fuerza eléctrica que separan los protones.

Un ejemplo de este tipo de proceso lo muestra la siguiente figura, donde se “bombardea” un átomo de Uranio 235 con un neutrón, y se obtienen dos núcleos más pequeños, neutrones y energía gamma. En este proceso se libera una cantidad enorme de energía (millones de veces mayor al proceso de energía que libera la dinamita). Como se muestra en la figura 4.9.

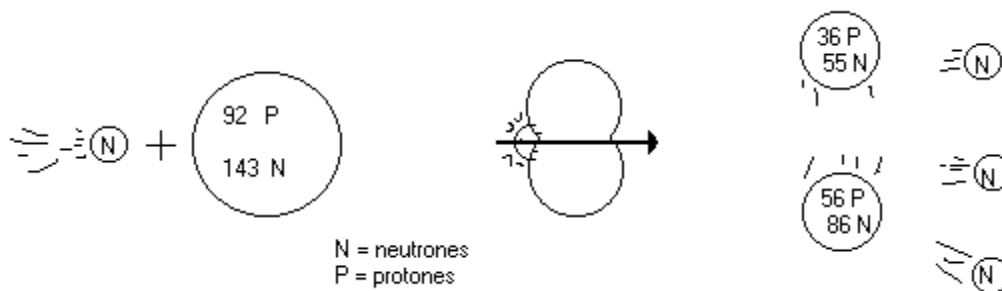


Fig. 4.9. Proceso de fisión nuclear, se muestra el “rompimiento” de los núcleos inestables de un elemento radiactivo, al hacer chocar un neutrón.

Tomando en cuenta la figura anterior, te darás cuenta que un solo átomo de uranio será capaz de liberar energía y partículas que a su vez reaccionarán con dos o tres átomos más, con lo que se liberarán cuatro o nueve neutrones adicionales, y así sucesivamente. El proceso, llamado *reacción en cadena* (ver la figura 4.10), se presenta cuando existe suficiente material radiactivo para que un neutrón recorra la distancia mínima necesaria, encuentre un nuevo núcleo de uranio y entonces reaccione. Por lo tanto, el *detonador* consiste solamente en reunir dos masas que juntas reúnan la cantidad mínima necesaria, esta cantidad mínima de la que hablamos es la *masa crítica*.

En el caso del uranio, la masa crítica ocupa un volumen similar a la que ocupa una pelota de béisbol, si la masa reunida es menor, la reacción no se presenta.

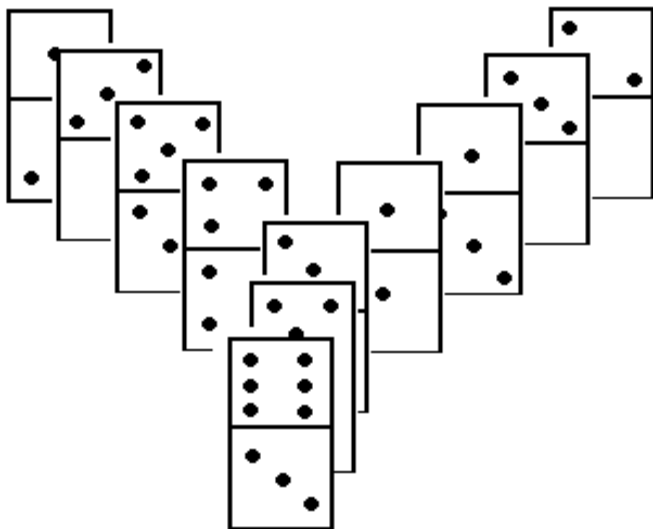


Fig. 4.10. El “efecto dominó” es una especie de reacción en cadena.

La clave para entender por qué se libera una gran cantidad de energía en las reacciones nucleares tiene que ver con la equivalencia de la masa y la energía ($E = mc^2$). De acuerdo a Einstein, la masa se puede considerar como una acumulación de la energía que, bajo ciertas condiciones, se puede liberar.

Por otra parte, es posible realizar el proceso inverso a la fisión nuclear, es decir, que se puede obtener energía cuando se unen o combinan dos núcleos ligeros, a este proceso se le conoce como *fusión nuclear*. Después del proceso de fusión tenemos que la masa total de los núcleos ligeros formados por el proceso de fusión es menor que la masa total de los núcleos que se fusionaron (defecto de masa).

Dado que los núcleos atómicos tienen carga eléctrica positiva, generalmente se requiere, para llevar a cabo una fusión nuclear que los núcleos choquen entre sí con una gran rapidez para vencer la repulsión eléctrica.

Resumen

En este capítulo se analizó la estructura del átomo formada por el electrón, protón y el neutrón. Además se describe el experimento de Rutherford que permitió descubrir el núcleo atómico. Este experimento fue importante no solo por sus contribuciones para entender la estructura del átomo, sino que proporcionó técnicas y métodos experimentales que ampliaron las posibilidades de la investigación en Física. Dando lugar al entendimiento de los procesos de división y unión nuclear llamados: fisión y fusión nuclear.

También, en este capítulo se mostró la descripción del efecto fotoeléctrico y la explicación propuesta por Einstein y la comprensión de fenómenos como la radiactividad natural y artificial.

4.5. Autoevaluación 4

INSTRUCCIONES. Consigue unas hojas aparte para realizar tu autoevaluación. Lee cuidadosamente cada una de las preguntas, intenta razonarlas, si es necesario realiza un diagrama que te ayude a visualizar el fenómeno del que se trata y analiza los datos proporcionados en el enunciado. Por favor, intenta escribir tus procedimientos completos, esto es muy útil para que puedas revisarlas y preguntarle tus dudas a alguien. Cuando hayas terminado compara con las respuestas que se encuentran al final de la Guía. Marca las respuestas correctas con una ✓, y obtén tu calificación, de la siguiente manera:

$$\text{Calificación} = \text{No. de aciertos}$$

1. Los rayos "beta":
 - A) Tiene carga eléctrica negativa
 - B) Tienen carga eléctrica positiva
 - C) No tienen carga eléctrica
 - D) Tienen $1/3$ de e
2. Los rayos "gamma" (partículas de alta energía) se pueden detener con:
 - A) Unos centímetros de aire
 - B) Un papel de unos cuantos milímetros de espesor
 - C) Una pared de aluminio de unos cuantos centímetros de espesor
 - D) Una placa de plomo de unos centímetros de espesor
3. ¿Qué efecto produce la emisión de radiación electromagnética, cuando sobre una superficie metálica es frenado un electrón bruscamente?
 - A) Efecto fotoeléctrico
 - B) Rayos x
 - C) Rayos gamma
 - D) Radiactividad
4. ¿Cuál de las siguientes radiaciones está formada por núcleos de helio?
 - A) Rayos X
 - B) Rayos gamma
 - C) Rayos beta
 - D) Rayos alfa
5. A fines del siglo XIX se tenía claro que la energía radiante (en forma de rayos X, ultravioleta o luz) al incidir sobre diversos metales podía arrancar electrones de su superficie. A este efecto se le conoce como:
 - A) Fotoeléctrico
 - B) Faraday
 - C) Lenz
 - D) Oersted

6. ¿Cuál es la unidad energética de radiación electromagnética?
- A) Electrón
 - B) Fotón
 - C) Protón
 - D) Positrón
7. La energía de un fotón es directamente proporcional a su :
- A) Carga eléctrica
 - B) Masa en reposo
 - C) Frecuencia
 - D) Velocidad
8. ¿Cuál es el instrumento que se usa para detectar partículas radiactivas?
- A) Contador Geiger-Müller
 - B) Galvanómetro
 - C) Tubo de rayos catódicos
 - D) Osciloscopio
9. Cierta isótopo radioactivo tiene una vida media de una semana cuando queda el 25% del isótopo original habrán pasado:
- A) 4 semanas
 - B) 3 semanas
 - C) 2 semanas
 - D) 1 semana
10. Fue el científico quién bombardeó con partículas alfa láminas de oro, interpretando que un átomo está formado por un núcleo pesado con carga positiva.
- A) Thompson
 - B) Pauli
 - C) Bohr
 - D) Rutherford

EXAMEN TIPO EXTRAORDINARIO

INSTRUCCIONES. Cuando consideres que estás listo para presentar el **Examen**, después de haber estudiado la *Guía Temática y Conceptual*, reflexiona sobre lo aprendido, de tu compromiso y responsabilidad para aprobar la asignatura. En caso de ser positiva tu reflexión, es el momento para responder el *Examen Tipo Extraordinario*.

Te proponemos un *Simulacro de Examen*. Acércate una calculadora, un formulario, goma, lápiz y hojas de papel para que realices una última evaluación.

Recuerda escribir tus procedimientos completos, esto es muy útil para que puedas revisarlas y preguntarle tus dudas a alguien. Cuando hayas terminado compara con las respuestas que se encuentran al final de la Guía. Marca las respuestas correctas con una ✓, y obtén tu calificación, de la siguiente manera:

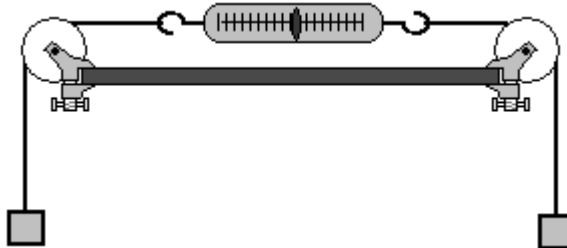
$$\text{Calificación} = (\text{No. de aciertos}) \left(\frac{10}{20} \right)$$

¡Suerte!

ELIJE LA OPCIÓN QUE CONSIDERES CORRECTA

1. Se coloca un par de pesas de 50 N en los extremos de un dinamómetro como se muestra en la figura. ¿Cuál es la lectura del dinamómetro?

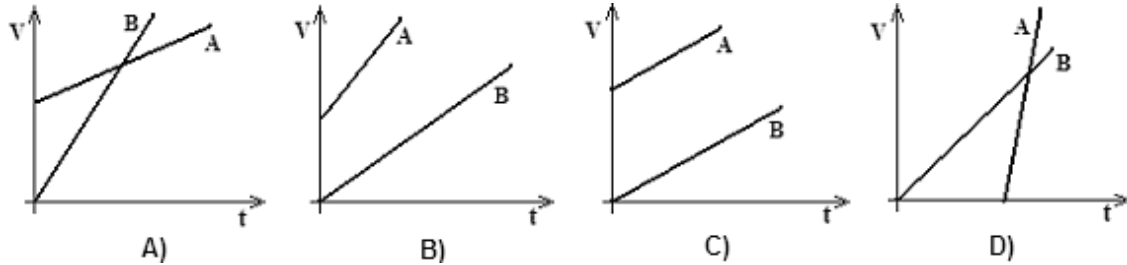
- A) 0
- B) 25 N
- C) 50 N
- D) 100 N



2. ¿Cuál es la aceleración de una roca que es lanzada hacia arriba cuando alcanza el punto más alto de su trayectoria?

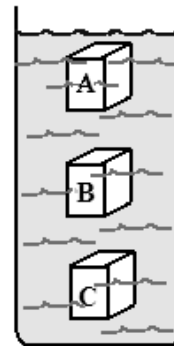
- A) Cero
- B) Igual a g
- C) Menor a g
- D) Mayor a g

3. Dos cuerpos comienzan a caer en el mismo instante. Al cuerpo A se le aplica una velocidad inicial hacia abajo, mientras que B parte del reposo. ¿Cuál de las siguientes gráficas de velocidad contra tiempo representa el movimiento de los cuerpos?



4. Se suspenden tres bloques idénticos bajo el agua en las posiciones mostradas en la figura. ¿Cuál de los bloques recibe mayor fuerza de flotación sobre él?

- A) El bloque A
- B) El bloque B
- C) El bloque C
- D) En todos es igual



5. Si el área de la sección transversal del pistón de salida de un dispositivo hidráulico es diez veces mayor que el área del pistón de entrada, ¿Por cuántas veces se multiplica la fuerza de entrada?

- A) 1
- B) 10
- C) 100
- D) 1000

6. Si un camión cargado puede acelerarse a 1 m/s^2 y de pronto pierde la carga de tal manera que su masa es de $\frac{3}{4}$ de la masa inicial, ¿cuál es la aceleración que puede desarrollar dada una misma fuerza impulsora?

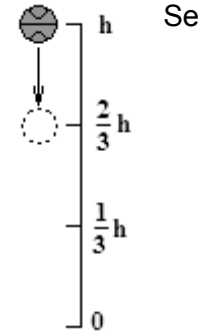
- A) 1.33 m/s^2
- B) 0.75 m/s^2
- C) 1.00 m/s^2
- D) 1.50 m/s^2

7. Para reparar un techo una persona que tiene una masa de 70 kg sube por una escalera de 10 m de altura con una carga de tejas de 15 kg de masa ¿cuánto trabajo realiza? (Considera $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

- A) 0 J
- B) 850 J
- C) 1470 J
- D) 8330 J

8. Una pelota en reposo y a una altura h tiene una energía potencial E . deja caer, ¿cuál será su energía cinética E_c y energía potencial E_p cuando ha recorrido la tercera parte de la altura respecto al suelo? Considera despreciable la fricción con el aire.

- A) $E_c = 1/3 E$, $E_p = 1/3 E$
- B) $E_c = 1/3 E$, $E_p = 2/3 E$
- C) $E_c = 2/3 E$, $E_p = 1/3 E$
- D) $E_c = 2/3 E$, $E_p = 2/3 E$

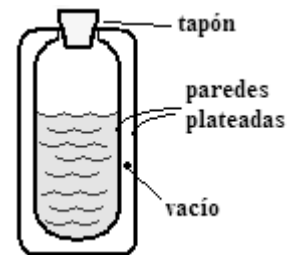


9. Un niño de 41 kg sube una escalera de 5m de altura en 15 segundos, con lo que desarrolla una potencia igual a: (considera $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

- A) 120 W
- B) 134 W
- C) 3075 W
- D) 30135 W

10. El termo es un recipiente de cristal de pared doble pero delgado con un espacio intermedio que se deja al vacío (parcial), las superficies interiores son de vidrio plateado, la salida se hace lo más pequeña posible y se le coloca un tapón de material aislante. Las condiciones anteriores son adecuadas para un termo, excepto que se:

- A) Usen paredes delgadas para evitar la disipación del calor
- B) Plateen las superficies para reflejar la radiación del calor
- C) Extraigan el aire para aminorar la convección del calor
- D) Empleen vidrio para disminuir la conducción del calor

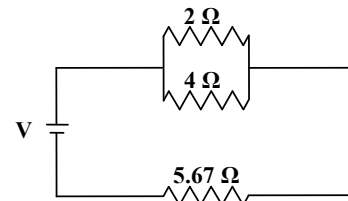


11. Se coloca un refrigerador abierto dentro de un cuarto totalmente cerrado, después de algún tiempo de funcionamiento, la temperatura del cuarto:

- A) Es constante
- B) Disminuye
- C) Aumenta
- D) Es 0°C

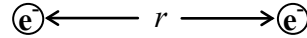
12. ¿Cuál será el valor de la fuente de voltaje para el siguiente circuito eléctrico, si a través de él circula una corriente de 1.29 A.?

- A) 3 V
- B) 6 V
- C) 9 V
- D) 12 V



13. Cuál debe ser la distancia de separación que debe haber entre dos electrones para que la fuerza de repulsión entre ellos sea exactamente igual al peso de uno de ellos. ($q_{e^-} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $m_{e^-} = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$).

- A) $0.5 \times 10^1 \text{ m}$
- B) $1.2 \times 10^{10} \text{ m}$
- C) $1.6 \times 10^{20} \text{ m}$
- D) $8.9 \times 10^{-30} \text{ m}$



14. Al aumentar la frecuencia de una onda electromagnética, ¿qué sucede con su velocidad de propagación?

- A) Aumenta
- B) Es infinita
- C) Disminuye
- D) Es constante

15. Al cargar eléctricamente una burbuja de jabón, sucede que:

- A) La burbuja se colapsa
- B) Su diámetro aumenta
- C) Su diámetro disminuye
- D) Su diámetro es constante

16. El peligro de muerte por electrocución, que representa la exposición a una fuente de energía eléctrica depende principalmente de la:

- A) Fuente de voltaje
- B) Energía disponible
- C) Resistencia del cuerpo
- D) Intensidad de corriente

17. Rutherford en sus experimentos al inferir el núcleo atómico utilizó laminillas de oro, en lugar de aluminio. Esto se debe a que el oro es:

- A) Más rígido
- B) Más denso
- C) Mejor conductor
- D) Más elástico

18. La explicación de Albert Einstein para el efecto fotoeléctrico se basó en que la luz

- A) Se propaga en línea recta
- B) Es una onda electromagnética
- C) Se comporta como un corpúsculo
- D) Viaja con velocidad de 300 000 km/s

19. Para que se presente la fisión nuclear es necesario que el núcleo atómico atrape un:

- A) Neutrón
- B) Neutrino
- C) Electrón
- D) Protón

20. Si una muestra de material radiactivo tenía originalmente unos 100 000 millones de átomos y su vida media es de 50 años, ¿cuál será el tamaño de la muestra después de haber transcurrido 150 años?

- A) 6.25 millones de átomos
- B) 25.0 millones de átomos
- C) 33.3 millones de átomos
- D) 12.5 millones de átomos

RESPUESTAS A LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Autoevaluación

Capítulo 1

Reactivo	Respuesta	Nivel cognitivo
1	C	Comprensión
2	A	Comprensión
3	D	Aplicación
4	C	Aplicación
5	C	Aplicación
6	D	Comprensión
7	B	Comprensión
8	A	Comprensión
9	D	Conocimiento
10	D	Aplicación
11	B	Comprensión
12	D	Comprensión
13	B	Comprensión
14	C	Comprensión

Capítulo 2

Reactivo	Respuesta	Nivel cognitivo
1	D	Conocimiento
2	A	Aplicación
3	C	Comprensión
4	C	Comprensión
5	B	Aplicación
6	C	Comprensión
7	D	Comprensión
8	D	Comprensión
9	C	Aplicación
10	C	Comprensión
11	A	Aplicación
12	B	Conocimiento
13	A	Aplicación

Capítulo 3

Reactivo	Respuesta	Nivel cognitivo
1	C	Comprensión
2	B	Comprensión
3	D	Aplicación
4	C	Conocimiento
5	B	Conocimiento
6	C	Conocimiento
7	A	Comprensión
8	A	Comprensión
9	C	Conocimiento
10	C	Conocimiento
11	C	Comprensión
12	C	Comprensión
13	D	Aplicación

Capítulo 4

Reactivo	Respuesta	Nivel cognitivo
1	A	Conocimiento
2	D	Conocimiento
3	B	Conocimiento
4	D	Conocimiento
5	A	Conocimiento
6	B	Conocimiento
7	C	Conocimiento
8	A	Conocimiento
9	C	Aplicación
10	D	Conocimiento

Examen tipo extraordinario

Reactivo	Respuesta	Nivel cognitivo
1	C	Comprensión
2	B	Comprensión
3	C	Comprensión
4	D	Comprensión
5	B	Comprensión
6	A	Aplicación
7	D	Aplicación
8	B	Comprensión
9	B	Aplicación
10	A	Comprensión
11	C	Comprensión
12	C	Aplicación
13	A	Aplicación
14	D	Conocimiento
15	B	Comprensión
16	D	Conocimiento
17	B	Conocimiento
18	C	Conocimiento
19	A	Conocimiento
20	D	Aplicación

PARA SABER MÁS

Bibliografía:

- Cetto, A. M. (2006). *El mundo de la Física*. México: Trillas editorial.
- Hecht, E. (2001). *Fundamentos de Física*. México: Thomson Learning.
- Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptual*. México: Pearson.
- Máximo, A. y Alvarenga, B. (2005). *Física general*. México: Oxford University Press.
- Pérez, H. (2006). *Física General*. México: Publicaciones Cultural.
- Pople, S. (1997) *Física razonada*. México: Trillas Editorial.
- Tarango, B., Rivera, S. y Valdez R. (2006). *Física*. México: Santillana.
- Zitzewitz, P. W. (2003). *Física 1 y 2. Principios y problemas*. México: McGraw Hill-Interamericana.