



Nombre: _____

Curso: _____

Liceo: _____

I.S.B.N.: 978-956-12-1974-8.

1ª edición: diciembre de 2008.

Número de ejemplares: 275.001.

© 2008 por Empresa Editora Zig-Zag, S.A.

Inscripción Nº 176.071. Santiago de Chile.

Derechos exclusivos de edición reservados por

Empresa Editora Zig-Zag, S.A.

Editado por Empresa Editora Zig-Zag, S.A.

Los Conquistadores 1700. Piso 10. Providencia.

Teléfono 8107400. Fax 8107455.

E-mail: zigzag@zigzag.cl

Santiago de Chile.

El presente libro no puede ser reproducido ni en todo ni en parte, ni archivado ni transmitido por ningún medio mecánico, ni electrónico, de grabación, CD-Rom, fotocopia, microfilmación u otra forma de reproducción, sin la autorización escrita de su editor.

Impreso por RR Donnelley.

Antonio Escobar Williams 590. Cerrillos.

Santiago de Chile.

FÍSICA II MEDIO

Un proyecto del Departamento Editorial
de Empresa Editora Zig-Zag S.A.

Gerencia General

Ramón Olaciregui

Dirección Editorial

Mirta Jara

Edición

Cristián Galaz Esquivel

Edición Técnica

Daniella Gutiérrez González

Asesoría Pedagógica

Mauricio Briones Plata

Jorge Ianiuszewski

Corrección de Estilo

Alida Montero

Director de Arte

Juan Manuel Neira

Diseño

Daniel Brown

Equipo de Diseño

Erika Federici

Pamela Buben

Franco Giordano

Alfonso Díaz

Francisco Martínez

Claudio Silva

Mirella Tomicic

Ilustraciones

Faviel Ferrada

Fernando Vergara

Archivo Editorial

Fotografías

Fuentes escritas

Ilustraciones

FÍSICA II



TEXTO PARA EL ESTUDIANTE

FRANCISCO SOTO ARTEAGA

Profesor de Física y Ciencias Naturales.
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Índice

Unidad 1: El movimiento 12

Capítulo 1

Descripción del movimiento 14

1. Movimiento y reposo 16
2. Trayectoria y desplazamiento 18
3. Velocidad y rapidez media 20
4. Movimiento uniforme rectilíneo (MUR) 21
 - Ecuación del MUR 22
 - Representación gráfica del MUR 23
 - Gráfico de la velocidad en función del tiempo en el MUR 24
5. Movimiento acelerado o variado 25
 - Aceleración 26
6. Movimiento uniformemente acelerado (MUA) 27
 - Ecuación del desplazamiento para el MUA 28
 - Itinerario del movimiento uniformemente acelerado (MUA) 29
 - Gráfico de itinerario del MUA 29
7. Galileo y los sistemas de referencia 30
- Síntesis del Capítulo 32
- Evaluación 33

Interacciones: fuerza y movimiento 34

1. Las fuerzas 36
 - Naturaleza direccional de las fuerzas 37
 - Interacciones 37
2. Algunas fuerzas importantes en mecánica 38
 - Fuerza-peso 38
 - Fuerza Normal 39
 - Fuerzas de roce mecánico 39
 - Fuerza neta 42
3. Leyes del movimiento de Newton 43
 - Ley de inercia (1ª ley de Newton) 43
 - Ley de aceleración y masa (2ª ley de Newton) 44
 - Ley de acción y reacción (3ª ley de Newton) 46
4. Impulso y momentum 47
 - Momentum o cantidad de movimiento lineal 47
 - Relaciones entre impulso y momentum 47
 - Ley de conservación del momentum lineal 49
5. Torque y rotación 50
 - Sentido del torque 50
- Síntesis del Capítulo 52
- Evaluación 53

Capítulo 2

Energía mecánica 54

1. El trabajo mecánico 56
 - Observaciones a la definición de trabajo 57
 - Potencia mecánica 58
2. Energía potencial gravitatoria 60
3. Energía cinética 61
 - Trabajo neto y energía cinética 62
4. Energía mecánica 64
 - Transformaciones de la energía 64
 - Conservación de la energía mecánica 65
 - Representación gráfica de la energía mecánica 66
 - Formulación matemática del principio de conservación de la energía mecánica 67
5. Roce y conservación 68
- Síntesis del Capítulo 70
- Evaluación 71
- Camino al Bicentenario 72
- Proyecto científico 73
- Síntesis de la Unidad 74
- Evaluación de la Unidad 75

Capítulo 3

Unidad 2: El calor 78

La temperatura 80

1. El concepto temperatura 82
 - Pero... ¿Qué es la temperatura? 83
2. Escalas termométricas 85
 - La escala centígrada de Celsius 86
 - La escala Kelvin 87
3. Termómetros 88
 - El termómetro clínico 89
4. Dilatación térmica 90
 - La dilatación lineal 91
5. Dilatación superficial y volumétrica 93
 - Dilatación superficial 93
 - La dilatación volumétrica 95
6. La anomalía del agua 96
- Síntesis del Capítulo 98
- Evaluación 99

Capítulo 1

Capítulo 2	Materiales y calor 100
1. El concepto de calor	102
2. Calorimetría	105
El calor específico	105
La capacidad calorífica	108
3. Equilibrio térmico	109
Temperatura de equilibrio	110
4. Propagación del calor	112
Conducción	112
Convección	113
Radiación	114
5. Cambios de estado	115
Fusión y solidificación	115
Vaporización y condensación	116
6. Roce y percepción térmica	118
Síntesis del Capítulo	120
Evaluación	121
Capítulo 3	Conservación de la energía 122
1. El equivalente mecánico del calor	124
La irreversibilidad de los procesos de transformación	124
2. Transformaciones de la energía y su conservación	129
Generalización del principio de conservación	129
Máquinas térmicas	132
3. Recursos energéticos	134
Empleo y consumo de la energía	134
Eficiencia energética	136
Síntesis del Capítulo	138
Evaluación	139
Camino al Bicentenario	140
Proyecto científico	141
Síntesis de la Unidad	142
Evaluación de la Unidad	143

Capítulo 1	La Tierra 148
1. ¿De qué y cómo se forma nuestro hogar?	150
¿Cómo se formó la Tierra?	151
¿De qué está compuesta la Tierra?	154
Características generales de la Tierra	154
2. Flotando y moviéndonos en un mar de rocas	155
Las placas tectónicas y la deriva continental	156
Los sismos o temblores	157
3. La Tierra, un buen lugar para vivir	161
Síntesis del Capítulo	164
Evaluación	165
Capítulo 2	El Sistema Solar 166
1. La Tierra y sus vecinos	168
¿Dónde encontrar a los planetas?	168
2. Los modelos del sistema solar a través del tiempo	172
Los aportes de Kepler a la astronomía	173
La ley de la Gravitación Universal de Isaac Newton	176
3. Los movimientos de la Tierra y sus consecuencias	180
Los movimientos de la Tierra	180
Las estaciones del año	183
El sur arriba	184
4. La Luna y su relación con la Tierra	185
Sincronizando la Luna	185
Fases lunares	186
Las mareas	186
Los eclipses	188
Síntesis del Capítulo	192
Evaluación	193
Capítulo 3	El Universo 194
1. Las estrellas, las fábricas de los elementos	196
Formación y evolución de una estrella	196
La formación de los elementos	197
Las galaxias y la Vía Láctea	199
Grandes estructuras del Universo	199
El Universo en expansión	200
2. Observación astronómica y exploración espacial: ¿cuál es la frontera?	201
Explorando el Universo	202
Chile en el espacio	203
¿Dónde están los satélites?	204
Síntesis del Capítulo	206
Evaluación	207
Camino al Bicentenario	208
Proyecto científico	209
Síntesis de la Unidad	210
Evaluación de la Unidad	211
Bibliografía	212
Páginas en internet	213
Solucionario	214

Esquema gráfico del texto

Inicio de unidad:

Dos páginas destinadas a entregarte una visión general de los contenidos a través de una breve presentación, acompañada de un organizador gráfico en el cual se relacionan los contenidos de los diferentes capítulos que se tratan en la unidad.

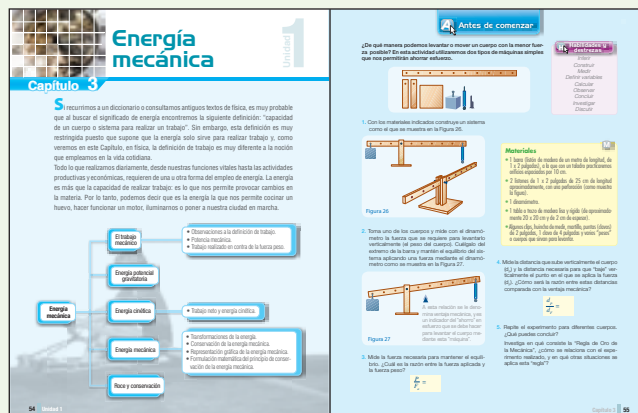


Inicio de capítulo:

Esta página tiene como objetivo presentarte los temas que se tratarán en el capítulo junto con una actividad de exploración de conocimientos previos.

Antes de comenzar:

Es una invitación a revisar, reflexionar y recordar, a través de distintas situaciones o experiencias, los conocimientos que se relacionan con los temas que se tratarán más adelante, con lo cual podrás contrastar tus ideas y predicciones con los contenidos tratados.



Desarrollo de contenidos:

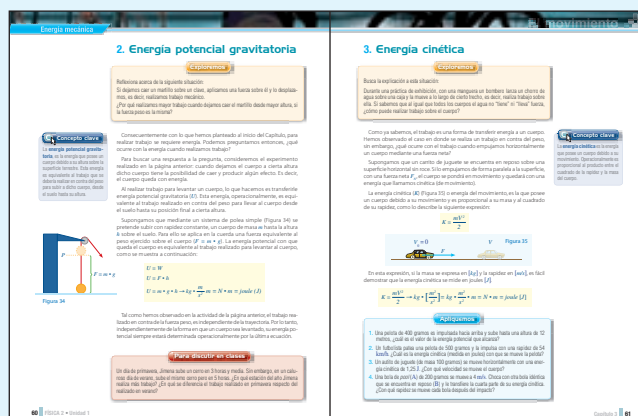
El texto va presentando de manera articulada los contenidos, apoyado por imágenes, esquemas y diferentes secciones que te permitirán, entre otras cosas, relacionar lo aprendido con tu vida cotidiana.

Exploremos:

Actividades guiadas, semiguías o autónomas tendientes a indagar en los conocimientos previos del estudiante acerca del tema.

Para discutir en clases:

En esta sección se proponen diferentes situaciones, las que deben ser debatidas por el curso de manera razonada y fundamentada con el fin de obtener conclusiones significativas y consensuadas acerca del tema propuesto.



2. Velocidad y rapidez media

¿Qué sabes?

Marcelo fue en el estadio con los amigos a ver el partido de fútbol de la selección chilena de Santiago. Tienen una cancha de 100 m por 70 m y se juega a 90 minutos. Se calcula que, en un partido de fútbol, se recorren unos 10 km. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km un jugador de fútbol? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km un jugador de fútbol? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km un jugador de fútbol?

Para que Marcela pueda predecir el tiempo que tardará en llegar al colegio, debe calcular la velocidad media de su bicicleta. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

¿Qué sabes?

La velocidad media es la relación entre el desplazamiento y el tiempo. Se calcula como: $v = \frac{d}{t}$. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

¿Qué sabes?

La rapidez media es la relación entre el camino recorrido y el tiempo. Se calcula como: $r = \frac{c}{t}$. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

4. Movimiento uniforme rectilíneo (MUR)

¿Qué sabes?

En un MUR, la velocidad es constante. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

¿Qué sabes?

La ecuación del MUR es: $d = v \cdot t$. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

Habilidades y destrezas:
 Todas las actividades de exploración y de indagación más relevantes hacen referencia a las habilidades y destrezas cognitivas involucradas en la actividad y que podrás practicar las veces que quieras durante su desarrollo.

Concepto clave:
 Estos "tips" destacan los términos o conceptos centrales presentados en los contenidos, los que te ayudarán a reconocer las ideas primordiales en el tema tratado.

Para tener en cuenta:
 Estos "tips" destacan información anexa relacionada con el tema que se está desarrollando. El objetivo de esta información es enriquecer el acervo de conocimientos no formales acerca del tema tratado.

Sistema de Capítulo

La energía es una propiedad de la materia que se manifiesta como la capacidad de realizar trabajo. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

La energía puede ser cinética, potencial, térmica, eléctrica, etc. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

Exposición

1. Crea para discutir

¿Qué es la energía? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

2. Ejercicios

1. Si un objeto de 2 kg se eleva a una altura de 10 m, ¿cuánto trabajo se realiza? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

Síntesis de capítulo:
 Te presentamos los conceptos o ideas centrales de cada capítulo y sus interrelaciones a través de un organizador gráfico.

Evaluación de capítulo:
 Como una manera de verificar aprendizajes en el capítulo te proponemos una serie de preguntas graduadas en orden de complejidad, las cuales te servirán para medir tus niveles de logro alcanzados.

Camino al Bicentenario

En la edición 100 del año 2010, se realizó en la ciudad de Santiago la "Fiesta del Bicentenario". ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

EL BÓLIDO BRITÁNICO

El bolido británico es un vehículo que se utiliza para pruebas de velocidad. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

Proyecto Científico

Como una forma de integrar los contenidos de la unidad, se propone un proyecto científico. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

¿Qué es un proyecto científico?

Es un plan de trabajo que se realiza para resolver un problema. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

Camino al Bicentenario:
 En esta sección revisamos algún aspecto de los temas tratados en la Unidad los cuales, alguna vez fueron informados en antiguas publicaciones chilenas. De esta manera nos acercamos a la memoria de nuestro país, recuperamos nuestra historia y la de generaciones anteriores.

Proyecto científico:
 Al final de cada unidad te invitamos a desarrollar un proyecto en equipo, el cual te ayudará a lograr un objetivo determinado e inmerso en alguno de los temas tratados en la unidad.

Síntesis de la Unidad

La energía es una propiedad de la materia que se manifiesta como la capacidad de realizar trabajo. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

La energía puede ser cinética, potencial, térmica, eléctrica, etc. ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

Evaluación de la Unidad

1. Crea para discutir

¿Qué es la energía? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

2. Ejercicios

1. Si un objeto de 2 kg se eleva a una altura de 10 m, ¿cuánto trabajo se realiza? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km? ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer 10 km?

Síntesis de la unidad:
 Se presentan los conceptos o ideas centrales de cada capítulo que conforma la unidad y se integran por medio de un organizador.

Evaluación de la unidad:
 Como una manera de verificar aprendizajes te proponemos una serie de preguntas que medirán tus niveles de logro, graduadas en orden de complejidad.



Algunas habilidades que desarrollarás en este texto

El desarrollo de habilidades en las ciencias tiene su punto de partida en la percepción. Hacer observaciones te permite realizar deducciones acerca de las posibles causas de un determinado fenómeno observado. Estas causas se pueden organizar y así poder determinar diferencias, similitudes o realizar comparaciones.

RECONOCIMIENTO:

Implica recordar información aprendida con anterioridad, partiendo de datos específicos desde su recuerdo hasta conceptos de mayor complejidad. Lo que se requiere es recuperar la información de manera explícita y tal como se aprendió.

Algunos de sus indicadores son:

- Reconocer la conceptualización básica utilizada en el estudio de la ciencia.
- Identificar las características de fenómenos naturales.
- Recordar características esenciales de algunos fenómenos físicos o hechos históricos.
- Identificar los elementos y tendencias presentes en el contexto de la física.

COMPRENSIÓN:

Implica percibir el sentido de hechos e ideas, organizando, comparando, haciendo descripciones y exponiendo las ideas principales de distintos tipos de información. Junto con entender la información y captar su significado, también implica trasladar el conocimiento a contextos nuevos, a través de la inferencia de causas o la interpretación de hechos, entre otros.

Algunos de sus indicadores son:

- Explicar las características del comportamiento de los fenómenos físicos.
- Distinguir los componentes básicos de la física y su aplicación en diferentes contextos.
- Explicar las características del funcionamiento de los fenómenos físicos.
- Determinar la relación entre fenómenos físicos en los procesos actuales y del pasado.
- Explicar las relaciones existentes entre los fenómenos físicos y el medio.

APLICACIÓN:

Plantea resolver o solucionar problemas, haciendo uso del conocimiento adquirido como por ejemplo conceptos, técnicas y reglas de maneras diferentes, es decir, supone aplicar la información aprendida a situaciones complejas.

Algunos de sus indicadores son:

- Utilizar la información de tablas, cuadros, gráficos, imágenes, entre otros, para la resolución de problemas.
- Aplicar leyes y teorías para luego contrastar y elaborar informes.
- Organizar información compleja de manera coherente.
- Completar esquemas utilizando información relevante.
- Elaborar modelos.

ANÁLISIS, SÍNTESIS Y EVALUACIÓN:

Estos términos se aplican a habilidades cognitivas de nivel superior e implican examinar y fragmentar la información, realizar inferencias y encontrar evidencias que apoyen generalizaciones. Además, suponen reunir información y relacionarla de diferente manera combinando elementos para finalmente, exponer y sustentar opiniones y juicios sobre distintos tipos de información.

Algunos de sus indicadores son:

- Determinar los elementos comunes y disímiles de los elementos en estudio o bien entre variables.
- Utilizar las estructuras para poder ordenar y clasificar.
- Analizar la relación entre diversos fenómenos.
- Examinar tablas que sustenten ciertas certezas.

Normas de seguridad

El trabajo experimental en ciencias es muy motivador, sin embargo, debes tomar una serie de precauciones para cuidar tu seguridad y la de tus compañeros.

Planificar y anticipar es una norma general, estudia bien cada paso del trabajo que vas a realizar, para saber lo que debes hacer, en qué momento y las precauciones que debes tomar en cada caso.

1. Actitud



- SIEMPRE debes seguir las instrucciones de tu profesor o profesora.
- SIEMPRE debes proteger tu ropa, lo ideal es usar un delantal blanco.
- NO DEBES correr ni jugar cuando realizas una actividad experimental, especialmente, al interior del laboratorio.
- NO DEBES comer mientras realizas actividades experimentales.
- SIEMPRE debes lavar bien tus manos antes y después de realizar la actividad.
- SIEMPRE debes conocer las vías de evacuación.

2. Materiales



- Los materiales que se van a utilizar deben estar limpios.
- Lavar los recipientes con agua de la llave.
- Emplear detergente si es necesario.
- Dejar secar el material para, posteriormente, poder reutilizarlo en forma rápida. La mesa de trabajo debe limpiarse con una esponja húmeda y secarse con un paño apropiado.

3. Cuidado



- NO DEBES tocar productos químicos si no lo autoriza el profesor(a).
- NO DEBES aproximar productos inflamables a mecheros.
- SI UTILIZAS mecheros de gas, no olvides cerrar las llaves de paso.

En caso de accidentes se debe avisar **inmediatamente** al profesor o profesora.

Si sigues todas estas normas de seguridad podrás realizar de manera exitosa tus trabajos experimentales sin riesgos para la seguridad del grupo.

Protección del medioambiente

El trabajo en el laboratorio, junto con tomar en cuenta las medidas de seguridad, debe implicar el respeto y cuidado del medioambiente ya que, por lo general, se trabaja con sustancias tóxicas que se deben eliminar. Por otro lado, es necesario anticiparse y advertir situaciones que pudieran afectarlo y dañarlo, dentro de estas se destacan:

Residuos y vertidos tóxicos

- Si los residuos son líquidos, estos deben diluirse previamente con agua y luego ser eliminados por el desagüe. Si los residuos son sólidos, deben ponerse en bolsas plásticas bien selladas para que no se puedan abrir y si es necesario, ponerles una indicación de su contenido. Si en tu laboratorio existen sustancias no rotuladas y desconoces su procedencia, puedes comunicarte con tu municipalidad y pedir que sean ellos los que retiren estos elementos tóxicos de tu colegio.


Protección de los recursos naturales como la flora y la fauna

- Si vas a trabajar con animales vivos debes recordar que por disposición del MINEDUC estos animales no pueden ser objeto de maltratos ni sometidos a experimentos que los pongan en peligro. Solo se puede trabajar con animales que se constituyan como fuente de alimentación como peces, moluscos, etc. Si sales a terreno no debes capturar ningún animal ni planta en peligro de extinción. Para ello, te puedes informar en CONAF (www.conaf.cl). Enséñale a tus compañeros y compañeras a mantener limpio el lugar que estén visitando, dejando la basura en los receptáculos adecuados o bien llevándosela para eliminarla en los lugares correspondientes. Si quieren hacer una fogata, no deben prender fuego en los sitios con mucha vegetación, si es necesario deben limpiar de ramas y pasto en una zona de unos 3 metros de diámetro y en el centro hacer una fogata. Cuando la apaguen deben cerciorarse de que queda bien apagada y cubrirla con tierra.

Unidad

1

El movimiento



Los orígenes de la física están muy ligados a los fenómenos que estudiaremos en esta Unidad. En efecto, ya en la antigua Grecia, Aristóteles buscaba explicar el movimiento de los cuerpos así como las causas que lo modifican. Sin embargo, gran parte de las ideas científicas desarrolladas en esa época, hoy han sido desechadas, especialmente, luego de que en el Renacimiento, un físico florentino llamado Galileo Galilei, se atreviera a desafiar las antiguas teorías griegas y diera inicio a una nueva forma de estudiar la naturaleza, basada en la experimentación.

En esta primera Unidad estudiaremos el movimiento como un fenómeno que, además de estar presente de manera constante en nuestra vida cotidiana, su descripción depende, en gran medida, de quien lo observe. Por este motivo, lo abordaremos procurando precisar conceptos y la manera en que estos se relacionan para que puedas elaborar por ti mismo una concepción apropiada del movimiento como fenómeno, y también de las interacciones que lo modifican.



Descripción del movimiento



Capítulo 1

En este capítulo aprenderás a:

- Aplicar los conceptos físicos asociados al movimiento para describir diferentes movimientos presentes en la vida cotidiana.
- Aplicar definiciones operacionales y modelos matemáticos, tanto como para la descripción del movimiento como para la resolución de problemas.
- Construir e interpretar gráficos de itinerario y velocidad para describir el movimiento de un cuerpo.

Interacciones fuerza y movimiento

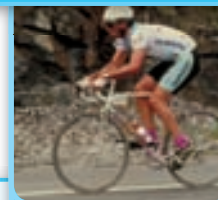


Capítulo 2

En este capítulo aprenderás a:

- Caracterizar a las fuerzas como interacciones entre dos o más cuerpos y aplicar este concepto para explicar situaciones de la vida cotidiana.
- Emplear la noción de fuerza para describir y explicar los cambios que experimenta el movimiento de un cuerpo.
- Aplicar las Leyes del movimiento de Newton en la resolución de problemas.
- Caracterizar el momentum como una medida de la inercia de un cuerpo en movimiento.
- Aplicar la noción de impulso para explicar las variaciones de momentum que experimenta un cuerpo bajo la acción de una fuerza neta.
- Verificar la conservación del momentum y aplicar este concepto a la explicación de situaciones de la vida cotidiana y la resolución de problemas.
- Aplicar la noción de torque a rotaciones presentes en la vida cotidiana.

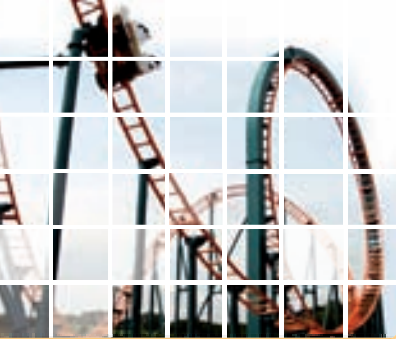
Energía mecánica



Capítulo 3

En este capítulo aprenderás a:

- Reconocer situaciones de la vida cotidiana en las que se realiza trabajo mecánico y explicarlas mediante la aplicación de este concepto.
- Caracterizar a la energía mecánica como la capacidad de realizar transformaciones y asociarla con la noción de trabajo.
- Comprender la noción de energía cinética y asociar su transferencia al concepto de trabajo mecánico.
- Asociar la noción de energía potencial gravitatoria al trabajo mecánico realizado en contra del peso y observar su independencia de la trayectoria.
- Aplicar el concepto de conservación de la energía para explicar situaciones de la vida cotidiana.



Descripción del movimiento

Unidad 1

Capítulo 1

Desde las moléculas y los pequeños microorganismos que están presentes en una gota de agua hasta los grandes cuerpos celestes que vemos por la noche, en la naturaleza prácticamente todo se encuentra en movimiento. En esta Unidad nos abocaremos a estudiar y describir el movimiento de los cuerpos, tomando en consideración los elementos que le son propios como rapidez y trayectoria.





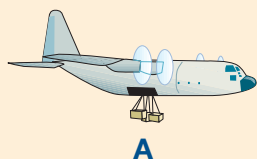
De forma previa a lo que presentará el texto en esta Unidad, los invitamos a desarrollar la siguiente actividad grupal, utilizando para ello no solo sus conocimientos previos, sino también sus propias curiosidades y capacidades científicas. Para realizarla se debe trabajar en tríos.

Recuerden trabajar en sus cuadernos.



Habilidades y destrezas

*Predecir
Experimentar
Concluir*



B

C



1. Supongan que desde un avión en movimiento se desea soltar un bulto con medicamentos para que caiga en un campamento de refugiados. Para dar en el blanco, ¿en qué posición, (A, B o C), será más efectivo soltarlo?
 - Hagan una predicción y justifiquenla.
2. Verifiquen su predicción, realizando la siguiente actividad: en una zona despejada de la sala o el patio, ubiquen un papelerero, un recipiente o un tarro abierto en su parte superior. Este objeto simulará ser el campamento en el cual se debe dejar caer el paquete con medicamentos. Para verificar sus predicciones, pidan a un compañero que, simulando ser un avión en vuelo, pase en diferentes ocasiones por el lado del objeto que lo representa y trate de acertar dentro de este con la pelota, soltándola desde diferentes posiciones (antes de llegar al tarro, sobre el tarro y después de pasar sobre el tarro).
 - ¿Se verifica la predicción del grupo?
3. ¿En qué posición aproximada se tendría que soltar desde el avión el bulto con medicinas para que cayera en el blanco?
4. Justo antes del instante en que se suelta la pelota, ¿cómo se mueve dicho cuerpo? Dibújenlo.
5. Justo cuando se suelta la pelota, ¿en qué dirección se mueve? Dibújenlo.
6. ¿Qué pueden concluir respecto del movimiento de la pelota antes y después de ser soltada?

1. Movimiento y reposo

Exploremos

Se cuenta que hace años, un conocido científico inició una conferencia sobre el movimiento dando dos golpes con su puño sobre la mesa, con un intervalo de 2 segundos entre ellos. Después de esto dijo a la concurrencia: “les puedo asegurar que los dos golpes anteriores los he dado en lugares diferentes. De hecho, los golpes fueron dados en puntos que se encuentran a varios kilómetros uno de otro”. ¿Qué puedes decir sobre la afirmación del científico? ¿Es correcta? ¿Por qué?

C Concepto clave

El **movimiento** es un cambio de posición respecto de un sistema de referencia.

P Para tener en cuenta

Aparte de experimentar un cambio de posición respecto de un sistema de referencia, los cuerpos pueden experimentar otro tipo de movimiento: la rotación, o movimiento que puede realizar un cuerpo al girar sobre sí mismo sin cambiar de posición, como ocurre con un trompo que gira siempre en la misma posición.

Al igual que en la actividad inicial, vemos que es común que cuando se habla de un cuerpo en **movimiento**, se le asocie de inmediato con un cambio de lugar o posición. Así, de esta forma, decimos que nos movemos al caminar, que los automóviles que pasan por la calle se desplazan, o que la Luna se mueve. Sin embargo, esta concepción de movimiento, si no es totalmente errónea es, a lo menos, imprecisa.

Imaginemos que vamos en un tren como el de la Figura 1 que se mueve en forma constante y rectilínea. Si llevamos bastante tiempo a bordo, de modo que ya nos hemos habituado a este y al suave movimiento en los asientos, lo más probable es que digamos, respecto de nuestros compañeros de viaje, que estos se encuentran en reposo. En efecto, a menos que se paren de sus asientos para ir al baño o hacer otra cosa, podemos decir que respecto del tren, no han realizado movimiento alguno y que permanecen en su misma posición. Sin embargo, una persona situada al borde de la línea, verá que el tren se mueve rápidamente y con él todos los pasajeros que están a bordo. En otras palabras, y como se demuestra en la actividad inicial, el movimiento depende, en gran medida, del observador.

Figura 1

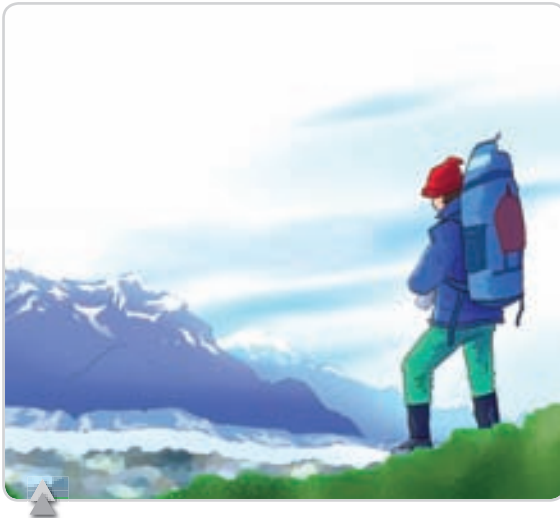


El movimiento, al igual que el reposo, es un fenómeno totalmente relativo, es decir, ocurre respecto de algo. A este "algo" le llamaremos **sistema de referencia**, que puede ser un punto, marco o sistema de coordenadas desde el cual observamos y describimos el movimiento, y que, por supuesto, debemos considerar si está en reposo o fijo. La selección del sistema de referencia es algo totalmente arbitrario, es decir, depende del observador (Figura 2 y 3). Cotidianamente, nuestro sistema de referencia suele ser la Tierra, de manera tal que, casi inconscientemente, al describir el movimiento de un cuerpo, lo hacemos respecto de nuestro planeta aunque no lo señalemos de manera explícita.

C Concepto clave

El **sistema de referencia** está constituido por un punto fijo o un marco desde el que observamos y describimos el movimiento.

Figura 2



Para el montañista resulta fácil orientarse en la cordillera ya que sabe muy bien que la posición de las montañas es siempre la misma (están en reposo).

Figura 3



Para alguien que observa la rotación y la traslación de la Tierra desde el espacio, la cordillera, ¿se encuentra en reposo?

Para discutir en clases

Así como el sistema de referencia es arbitrario y el movimiento es relativo, no existe el reposo absoluto, ¿por qué crees tú? Coméntalo con tu compañero(a) y discútelo.

2. Trayectoria y desplazamiento

Exploremos

Con una barra de plastilina, construye una pequeña esfera. ¿Qué forma tendrá el camino si la lanzas horizontalmente desde cierta altura? Clava en el centro de la esfera un lápiz grafito como si fuera un martillo. ¿Qué forma tendrá el camino seguido ahora por la esfera si repites el lanzamiento, impulsándola desde el lápiz?

Verifica tu predicción. ¿Qué observas? ¿Cambia el camino seguido por la esfera? ¿Por qué ocurre esto?

Concepto clave

La **trayectoria** es la curva que describe el cuerpo en su movimiento.

El **desplazamiento** mide el cambio de posición, es una flecha (vector) que va desde la posición inicial hasta la posición final.

Como ya hemos señalado, para describir el movimiento de un cuerpo, lo primero que se requiere es un sistema de referencia. En la mayoría de los casos se suele emplear un sistema de coordenadas cartesianas, sin embargo, antes de emplear un lenguaje matemático para dicha descripción, es conveniente utilizar un ejemplo de la vida cotidiana para identificar algunos elementos que resultan claves al momento de estudiar el movimiento.

Supongamos que queremos dirigirnos desde un extremo a otro de la plaza, tal como lo indica la Figura 4. Supongamos además, que debido a que existen algunos obstáculos en nuestro camino (juegos) no podemos realizar el recorrido en línea recta y tenemos que tomar un camino diferente. En este ejemplo, la posición corresponde al lugar o al punto donde nos ubicamos dentro de la plaza (que es nuestro sistema de referencia). Podemos hablar entonces de un movimiento desde nuestra posición inicial P_0 hasta nuestra posición final P . En el ejemplo, además se observan dos elementos muy importantes en todo movimiento: la **trayectoria** y el **desplazamiento**.

Figura 4



El **desplazamiento** es el cambio de posición que experimenta el cuerpo. Se representa por una flecha (vector) que va desde la posición inicial hasta la final. El desplazamiento no es necesariamente una línea real, es simplemente una magnitud que permite estimar el cambio de posición. Se simboliza con una letra \vec{d} .

Se define como **trayectoria** de un cuerpo a la línea formada por los puntos representativos de las distintas posiciones que sucesivamente va ocupando este en el espacio. Es decir, corresponde a la curva que describe un cuerpo en su movimiento (es la "forma" del camino). La **distancia recorrida** es la longitud de la trayectoria, consiste en la distancia efectivamente recorrida por el móvil al desplazarse.

Exploremos

1. Consigue un mapa a escala o de tu localidad o un plano de la ciudad y ubica en él dos posiciones que sean significativas para ti, como por ejemplo, tu casa y el colegio. Dibuja con un lápiz de color dos posibles trayectorias y traza con una regla el desplazamiento, es decir, el cambio de posición. Mide con una regla la longitud de la trayectoria (distancia recorrida) y compárala con la longitud del desplazamiento: ¿qué concluyes? ¿Es posible que la distancia recorrida sea superior a la longitud del desplazamiento?
2. Señala ejemplos de movimientos y clasifícalos de acuerdo con su tipo de trayectoria. Trabaja en una tabla como la siguiente:

Movimiento rectilíneo	Movimiento curvilíneo	Movimiento cerrado	Movimiento abierto
			

H Habilidades y destrezas

Predecir
Identificar
Medir
Ordenar
Tabular
Comparar
Concluir

De acuerdo con su trayectoria, los movimientos pueden clasificarse en: curvilíneos (como el que desarrolla una abeja en torno a una flor), rectilíneos (como la caída de un cuerpo), cerrados, en los que el cuerpo pasa por los mismos puntos (como la órbita de un planeta en torno al Sol) o abiertos (como el que desarrolla una jabalina lanzada por un atleta). Es importante señalar que para ir desde una posición a otra existen infinitas trayectorias posibles, sin embargo, el desplazamiento es siempre uno solo.

Para discutir en clases

Rodrigo dice: “En realidad, la Luna no se mueve respecto de la Tierra, ya que después de aproximadamente un mes, se encuentra en la misma posición, es decir, no se ha desplazado”. Su hermano Francisco le dice: “¡Estás equivocado!, la Luna tiene una trayectoria y un recorrido”. ¿Quién tiene la razón? ¿Por qué?



3. Velocidad y rapidez media

Exploremos

Marianela lee en el periódico que los buses del actual sistema de transporte público de Santiago “tienen una rapidez media de 20 km por hora en horario de mayor demanda”. De acuerdo con esto, ella razona de la siguiente manera: “Como vivo a 10 km del colegio, tengo que tomar el bus a las 07:15 horas en la mañana para poder llegar al colegio a las 07:45 horas”. ¿Estás de acuerdo con el razonamiento de Marianela? ¿Por qué?

Para que Marianela pueda predecir el tiempo que tardará en llegar al colegio, sería necesaria una condición básica: que el autobús se mueva siempre “al mismo ritmo”. Es decir, que siempre tarde el mismo tiempo en recorrer cada cuadra.

Además de la trayectoria, el movimiento de un cuerpo puede ser caracterizado considerando el tiempo empleado en cambiar de posición, es decir, considerando su velocidad. En la mayor parte de los movimientos de la vida cotidiana, los cuerpos no siempre se mueven “al mismo ritmo”, como ocurre, por ejemplo, en el movimiento de un bus en la ciudad debido a los tacos, semáforos y pasos peatonales. En tal caso resulta útil introducir dos conceptos: rapidez y velocidad media.

Rapidez media (V_m). Operacionalmente, la rapidez media se define como la razón entre la distancia total recorrida por un cuerpo (d) y el tiempo total (que denotaremos con una letra t) empleado en dicho recorrido.

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

Velocidad media (\vec{V}_m). La velocidad media corresponde a la razón entre el desplazamiento realizado \vec{d} y el tiempo total empleado.

$$\vec{V}_m = \frac{\vec{d}}{t}$$

Para tener en cuenta

En el sistema internacional de unidades (SI), se establece como unidad patrón para las longitudes (y obviamente las distancias), el metro, cuya abreviatura es la letra m minúscula y cursiva [m]. Por otra parte, en este mismo sistema, la unidad de medida del tiempo es el segundo, que se abrevia con una letra s minúscula y cursiva [s].

De acuerdo con lo anterior, la unidad de medida de la rapidez media está dada por la razón siguiente:

$$V_m \rightarrow \frac{[m]}{[s]} = [m/s] = ms^{-1}$$

La velocidad media por su parte, tiene las mismas unidades que la rapidez, por lo tanto, se denota de la siguiente manera.

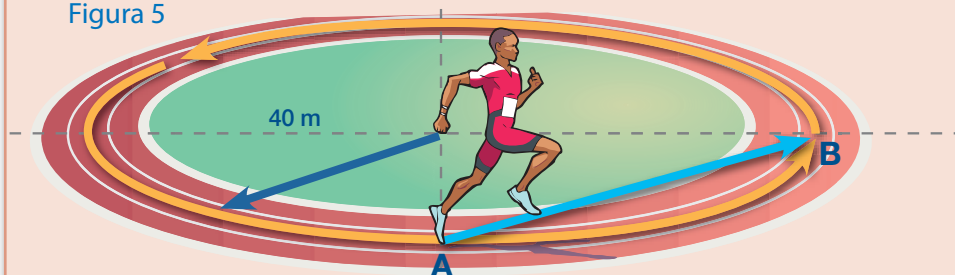
$$\vec{V}_m \rightarrow \frac{[m]}{[s]} = [m/s] = ms^{-1}$$

Para discutir en clases

Un atleta corre alrededor de una pista circular de 40 metros de radio, y se mueve desde la posición A hasta la posición B, tal como muestra la Figura 5. Se sabe además, que tarda 100 segundos en llevar a cabo su movimiento (una vuelta completa). Con esta información, trabaja con tu compañero y determina la rapidez media del atleta y la magnitud de su velocidad media.

Discute tus resultados y el significado de estos con el profesor.

Figura 5



4. Movimiento uniforme rectilíneo (MUR)

Exploremos

José Luis observa el movimiento de una pequeña hormiga que se mueve de forma rectilínea en el pasillo del colegio. En los primeros 14 segundos la hormiga recorre una distancia equivalente a una baldosa.

Transcurridos 40 segundos, la hormiga ha avanzado hasta la segunda baldosa. ¿Puedes predecir cuánto tiempo tardará en recorrer 4 baldosas? ¿Por qué?

El movimiento de una hormiga no se caracteriza por “mantener el ritmo”, por lo tanto, no es posible realizar predicciones respecto de su posición. Sin embargo, hay casos en que el movimiento de un cuerpo es muy regular, como ocurre con el caso de Consuelo que viaja en tren desde Santiago a Talca (Figura 6). Como el viaje es largo y aburrido, se dedica a observar por la ventana y nota que cada cierto tiempo, “pasan” frente a ella los postes del tendido eléctrico que corre paralelo a la vía. Guiada por su curiosidad científica, decide contar cuántos postes pasan frente a ella en cada minuto. Realiza la medición varias veces y se da cuenta que, invariablemente, “pasan” frente a ella 15 postes en cada minuto de viaje. Cuando llega a Talca, toma un microbús rumbo a la casa de su tía (Figura 7). Al repetir el “experimento” efectuado en el tren, se da cuenta de que la situación en este vehículo es diferente ya que al mirar por la ventana, que en el primer minuto, “pasan” frente a ella 6 postes, pero al segundo minuto, solo pasan 4. Al observar nuevamente en el tercer minuto, son 8 los postes que pasan frente a su ventana.

Figura 6



Consuelo en el tren.

Figura 7



Consuelo en el microbús.

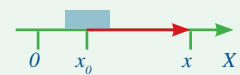
Si comparamos los respectivos movimientos del tren y del microbús, teniendo como información que los postes se encuentran equidistantes y ambos vehículos se mueven en línea recta, ¿cuál será la rapidez del tren y del microbús respectivamente?

Concepto clave

El **movimiento uniforme rectilíneo (MUR)**, es un movimiento que se caracteriza, fundamentalmente, porque en él, el cuerpo realiza desplazamientos iguales en intervalos de tiempo iguales.

Para tener en cuenta

En este texto trabajaremos con movimientos rectilíneos, de esta forma y si el cuerpo viaja siempre en el mismo sentido, la distancia recorrida será equivalente al valor del desplazamiento. En este caso, emplearemos como sistema de referencia el eje X .



La distancia (d) recorrida tendrá el mismo valor que la magnitud del desplazamiento.

El módulo o magnitud del desplazamiento en este caso, se obtiene mediante la resta entre ambas posiciones, es decir:

$$|\vec{d}| = x - x_0$$

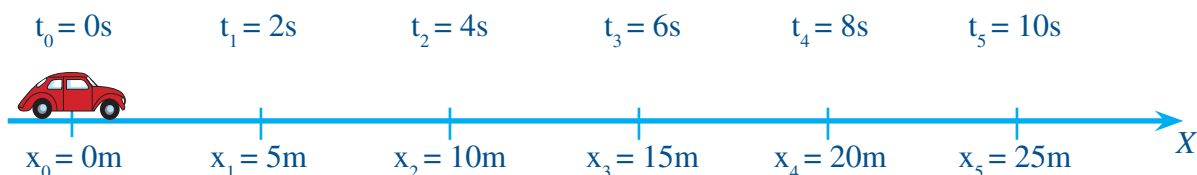
Para referirnos a esta diferencia de posiciones emplearemos la simbología Δx (se lee “delta equis”) que significa “diferencia de posiciones” o módulo del desplazamiento:

$$\Delta x = x - x_0$$

Si el movimiento uniforme tiene además, trayectoria rectilínea, decimos que se trata de un movimiento uniforme rectilíneo (MUR), cuya principal característica son “los desplazamientos iguales en intervalos de tiempo iguales” que realiza el cuerpo.

Imaginemos un carrito de juguete que se mueve sobre una recta (el eje X), ocupando las siguientes posiciones para los diferentes instantes (Figura 8):

Figura 8



Para tener en cuenta

En estricto rigor, rapidez y velocidad son dos magnitudes de diferente naturaleza, ya que rapidez se refiere a la distancia recorrida en una unidad de tiempo, mientras que velocidad está relacionada con el cambio de posición (desplazamiento) en una unidad de tiempo. Sin embargo, en ocasiones, se suelen utilizar como sinónimo. En efecto, al describir los movimientos unidimensionales (rectilíneos), normalmente la distancia recorrida coincide con la magnitud del desplazamiento, de tal forma que, numéricamente, la rapidez y la velocidad son equivalentes.

En este ejemplo es posible observar que el cuerpo siempre realiza el mismo desplazamiento (5 metros) cada dos segundos.

En este tipo de movimiento, podemos calcular la rapidez media de la siguiente manera:

$$V_m = \frac{x_5 - x_0}{t} = \frac{25m - 0m}{10s} = 2,5[m/s]$$

Sin embargo, más que hablar de velocidad media, en este caso hablamos simplemente de velocidad, ya que es siempre la misma, aunque la calculemos entre x_0 y x_1 , x_1 y x_2 , x_2 y x_3 , etc. ¡Verificalo!

Ecuación del MUR

Dado que este movimiento es rectilíneo y tiene velocidad constante, podemos describirlo de la siguiente manera:

x_0 : posición inicial

x : posición final

Δx : desplazamiento

$$\Delta x = x - x_0$$

Por lo tanto:

$$\overline{V}_m = \frac{x - x_0}{t}$$

$$\overline{V}_m = \frac{\Delta x}{t}$$

$$\Delta x = \vec{v} \cdot t$$

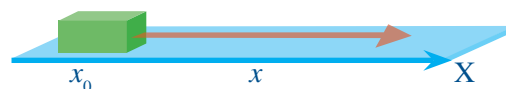
Considerando que:

$$\Delta x = x - x_0$$

Podemos obtener una relación (función) que nos permitirá determinar la posición del cuerpo en cualquier instante:

$$x = x_0 + v \cdot t$$

A esta última ecuación se le denomina “ecuación de itinerario”, puesto que permite determinar la posición del cuerpo en cualquier instante.



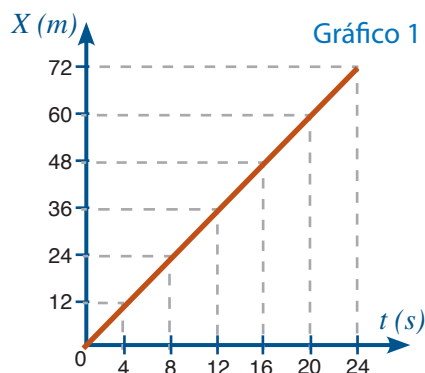
Representación gráfica del MUR

Claudia tiene un pequeño automóvil a control remoto el cual, según la información contenida en el manual, se mueve con velocidad constante. Para verificar la información, realizó el siguiente experimento: a lo largo del patio principal del colegio, trazó una línea recta con vistosas marcas ubicadas cada un metro. Ubicó el juguete en la primera marca y justo en el momento de ponerlo en marcha, activó un cronómetro para observar y registrar la posición del automóvil (medida en metros respecto de la marca inicial) cada 4 segundos. Así obtuvo los datos que anotó en la Tabla 1. Al observarla, resulta fácil notar que en cada intervalo de 4 segundos, el automóvil se desplaza 12 metros, con lo que podemos calcular su rapidez, que es de 3 m/s .

De acuerdo con esta tabla, el **gráfico de itinerario** es:

Tiempo (s)	Posición (m)
0	0
4	12
8	24
12	36
16	48
20	60
24	72

Tabla 1



En el Gráfico 1, la curva corresponde a una recta, cuya pendiente, es decir, su grado de inclinación, nos indica la forma en que cambia la posición a medida que transcurre el tiempo. En efecto, en un gráfico de itinerario de un movimiento uniforme rectilíneo, la pendiente de la curva (en este caso recta) corresponde físicamente a la velocidad del movimiento ¡Verifícalo!

Para discutir en clases

Como se muestra en la Figura 9, Luis se pone en movimiento en el camino rectilíneo que une el centro de la ciudad con el lago. El muchacho no parte desde el centro de la ciudad, sino desde 8 km de dicho punto, en dirección al lago que se encuentra en el kilómetro 14.

Suponiendo que Luis se mueve con velocidad constante (MUR) y tarda 25 minutos en llegar al lago, trabaja con tu compañero(a) y determinen:

- La velocidad del movimiento y su ecuación de itinerario.
- La posición de Luis transcurridos 10 minutos después de haberse puesto en movimiento.
- ¿En qué instante se encontraba en el kilómetro 13?
- Construyan el gráfico del itinerario de Luis.

Discutan sus resultados y el significado de estos con el profesor(a).



km 0



km 8



km 14

Figura 9



Para tener en cuenta

El itinerario de un cuerpo en movimiento o un "móvil", corresponde a la descripción de las posiciones en las que se encuentra el cuerpo en los diferentes instantes de su movimiento. Así, por ejemplo, en las estaciones de ferrocarril, se publica para los diferentes servicios de tren, la hora y lugar de salida de este, y la hora en que pasará por las estaciones de las ciudades que forman parte de su recorrido.



Conceptos clave

La **tabla de itinerario**, es una tabla de datos que registra para cada instante, las diferentes posiciones por las que pasa el cuerpo en su movimiento.

El **gráfico de itinerario**, es la representación de las posiciones del móvil a medida que transcurre el tiempo. No representa la trayectoria del cuerpo.



Habilidades y destrezas

Identificar variables
Interpretar
Analizar
Calcular
Graficar

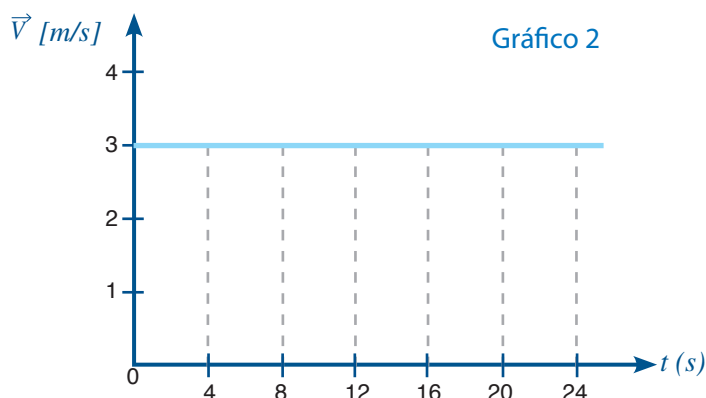
Para tener en cuenta

Como se puede observar en el Gráfico 2, para cualquier instante, la velocidad siempre tiene el mismo valor, ya que se trata de un MUR. Por esta razón, la curva obtenida corresponde a una recta horizontal, es decir, sin pendiente (o pendiente nula) ya que la velocidad no experimenta cambio alguno.

La relación entre el desplazamiento y el área bajo la curva en un gráfico \vec{v}/t , es una poderosa herramienta cuyo real alcance podremos apreciar al analizar movimientos cuya velocidad no es constante.

Gráfico de la velocidad en función del tiempo en el MUR

Si consideramos el caso anterior, al igual que en todos los MUR, la velocidad es constante, por lo tanto, el gráfico, en este caso, será:

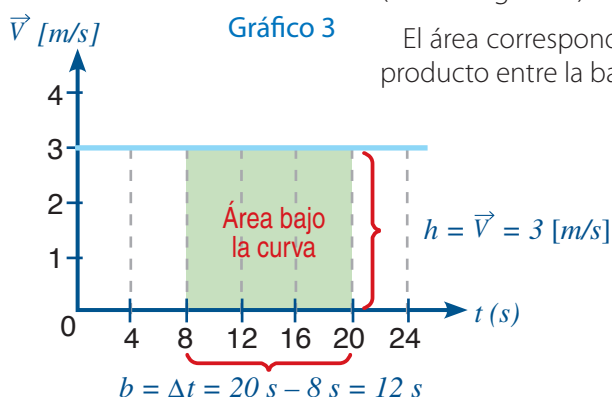


En el Gráfico 2 de la velocidad en función del tiempo (o gráfico \vec{v}/t), es posible obtener el desplazamiento de un móvil entre dos instantes, calculando el "área" bajo la curva, en este caso, una recta gráfica entre dichos instantes.

En rigor, es necesario señalar que no se trata precisamente de un área, puesto que la unidad de medida de dicha magnitud es el cuadrado de una unidad de longitud, es decir m^2 . Sin embargo, la operación que realizaremos es similar a la que habría que realizar para determinar un área.

Por ejemplo, si queremos saber el desplazamiento del ciclista entre los instantes 8 y 20 segundos, podemos hacerlo mediante el cálculo del área (método gráfico) o aplicando las ecuaciones (método analítico).

El área corresponde a un rectángulo, así que calculamos dicha área como el producto entre la base (b) y la altura (h) (Gráfico 3):



$$A = b \cdot h = \vec{v} \cdot \Delta t$$

$$A = 3[m/s] \cdot 12[s] = 36[m]$$

$$A = \Delta x$$

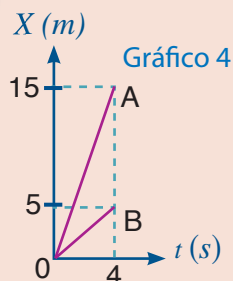
¡Verifica este cálculo aplicando las ecuaciones!

Para discutir en clases

En el Gráfico 4 se describen los itinerarios de dos autitos A y B, que parten desde el mismo punto con MUR.

Por simple inspección visual, ¿cuál cuerpo tiene mayor velocidad?

¿Cuál es la distancia que separa a ambos cuerpos pasados cuatro segundos después de ponerse en movimiento?



5. Movimiento acelerado o variado

Exploreemos

En una competencia de skaters, mediante sensores de movimiento, se logra construir la Tabla 2, que informa acerca del itinerario correspondiente a 1,2 segundos del movimiento experimentado por un deportista que se mueve sobre una rampa curva.

¿Es un MUR? ¿Cuál es el valor de su velocidad media?

Si el cuerpo se moviera hasta el instante 1,6 segundos, ¿cómo podríamos predecir su posición final?

t (s)	x (m)
0	0
0,2	0,1
0,4	0,4
0,6	0,9
0,8	1,6
1	2,5
1,2	3,6

Tabla 2

En nuestra vida cotidiana, es relativamente difícil encontrar movimientos totalmente rectilíneos y, además, con velocidad uniforme. En la mayoría de los casos, los movimientos no son rectilíneos, ni mucho menos uniformes.

Pensemos en un carro de montaña rusa que se mueve tal como muestra la Figura 10. En este caso, desde luego que el movimiento no es rectilíneo, sino curvilíneo. Sin embargo, no es solo la trayectoria lo que nos llama la atención, sino su rapidez. En efecto, esta magnitud cambia constantemente en este vehículo. Parte lentamente hasta llegar a la zona más alta luego cae, aumentando su rapidez y nuevamente sube por la pista, disminuyendo su movimiento. De hecho, hay puntos donde se mueve tan lentamente que casi pareciera quedar en reposo.

Concepto clave

Se denomina **movimiento variado (o acelerado)** a cualquier movimiento cuya velocidad no permanezca constante, es decir, un movimiento en el cual la velocidad aumente, disminuya o cambie de dirección.



Figura 10

A este tipo de movimiento, se le denomina **movimiento variado o acelerado**. Un cuerpo tiene movimiento acelerado cuando su velocidad está cambiando, ya sea en magnitud, en dirección o en sentido.

Hay ocasiones en que de manera errónea llamamos “acelerado” a un cuerpo que se mueve muy rápidamente, pero que, sin embargo, lo hace con velocidad constante. También es muy común que se asocie la aceleración únicamente con un aumento de la velocidad, en circunstancias que la aceleración corresponde a cualquier cambio de velocidad, cuando el cuerpo está frenando inclusive.

C Concepto clave

La **aceleración** es un cambio de velocidad que experimenta un cuerpo, ya sea en dirección o en módulo. Es decir, cuando un cuerpo aumenta su velocidad, la disminuye o bien, cambia de dirección. Operacionalmente es el cambio de velocidad que experimenta el cuerpo en una unidad de tiempo.

P Para tener en cuenta

Es interesante notar que la unidad de medida de la aceleración es de tipo vectorial, ya que posee módulo, dirección y sentido. Esto se debe a que la aceleración corresponde al cambio de velocidad, que se mide en $[m/s]$, en un tiempo determinado, que se mide en $[s]$.

Si escribimos:

$$\frac{m/s}{s}$$

Podemos reescribirlo como:

$$\frac{m}{s} : s$$

Que es lo mismo que:

$$\frac{m}{s} : \frac{s}{1} = \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s}$$

Y, finalmente:

$$\frac{m}{s^2} = [m/s^2] = [ms^{-2}]$$

Aceleración

Al igual que en la montaña rusa hay diversas situaciones de nuestra vida cotidiana en las que la velocidad de un cuerpo cambia a través de su movimiento. Una manera de estimar el “ritmo” al que cambia la velocidad, es mediante el concepto de aceleración.

La variación de velocidad respecto del tiempo (positiva o negativa), recibe el nombre de aceleración. Operacionalmente, la aceleración corresponde a la variación de velocidad que un móvil experimenta en una unidad de tiempo. Sin embargo, las variaciones de velocidad no siempre se producen de manera uniforme o “al mismo ritmo”, por lo que en algunos movimientos resulta conveniente hablar de aceleración media (a_m), la que se determina como la variación de velocidad dividida por el tiempo durante el cual transcurre esta variación. Por ejemplo, si en cierto instante un cuerpo se mueve con una velocidad inicial \vec{V}_0 , y esta varía de tal forma que al cabo de un tiempo t su valor es \vec{V} , podemos determinar la aceleración media que experimenta el cuerpo de la siguiente manera:

$$a_m = \frac{\vec{V} - \vec{V}_0}{t}$$

De la misma forma como hemos hecho con las variaciones de posición:

$$\Delta \vec{V} = \vec{V} - \vec{V}_0$$

Podemos escribir entonces,

$$a_m = \frac{\Delta \vec{V}}{t}$$

Para discutir en clases

Un ciclista que se mueve a una velocidad de 4 m/s , llega a una pendiente y comienza a descender, aumentando paulatinamente su rapidez, de forma tal que al cabo de 20 segundos, se mueve a 14 m/s . De acuerdo con esto, comenta y trabaja con tu compañero(a) para responder las siguientes preguntas:

¿Cuál es el valor de la aceleración experimentada por este ciclista?

¿En qué unidad se mide la aceleración?

¿Qué significa que un cuerpo tenga una aceleración constante de 2 m/s^2 ?

Discutan sus resultados con su profesor(a).

6. Movimiento uniformemente acelerado (MUA)

Exploremos

Cuando desde el reposo un tren se pone en movimiento, experimenta una aceleración, ¿cuál es la diferencia entre esta aceleración y la que experimenta un carrito de montaña rusa a lo largo de su trayectoria?

Cuando en un movimiento rectilíneo y acelerado, el cuerpo aumenta o disminuye su velocidad siempre "al mismo ritmo", decimos que tiene aceleración constante y que dicho movimiento, es **uniformemente acelerado** (MUA).

Por ejemplo, consideremos el movimiento de un automóvil cuya velocidad varía como muestra la Tabla 3.

Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
0	12
1	15
2	18
3	21
4	24
5	27

Tabla 3

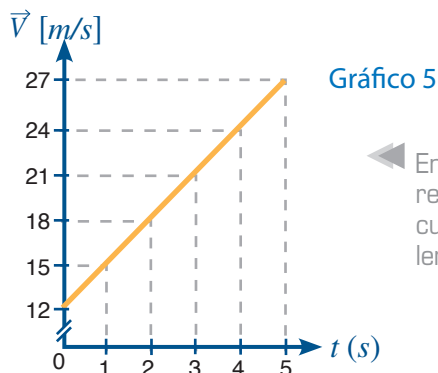
En este caso, estamos frente a un movimiento uniformemente acelerado (MUA) con aceleración positiva de 3 m/s^2 . En situaciones como esta, no tiene mayor sentido hablar de aceleración media (a_m), por eso nos referimos a esta magnitud simplemente como aceleración (a):

$$a = \frac{\vec{V} - \vec{V}_0}{t} \quad \text{o bien,} \quad a = \frac{\Delta \vec{V}}{t}$$

A partir de la anterior definición podemos escribir:

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + a \cdot t \quad \text{y} \quad a \cdot t = \vec{V} - \vec{V}_0$$

En esta última ecuación podemos observar que si la aceleración de un cuerpo es constante, entonces su velocidad varía de manera directamente proporcional al tiempo. Dicha proporcionalidad, también queda de manifiesto a través del Gráfico 5 \vec{V}/t que en el caso anterior, es el siguiente:



En el MUA la gráfica \vec{V}/t , es una recta con pendiente constante, cuyo valor es equivalente a la aceleración del cuerpo. ¡Verificalo!

Concepto clave

El **movimiento uniformemente acelerado (MUA)**, es un movimiento en el cual el cuerpo, de manera periódica, experimenta siempre el mismo cambio de velocidad.



Para tener en cuenta

Otra forma de caracterizar a un MUA, es decir que en este movimiento, las variaciones de velocidad son directamente proporcionales al tiempo.

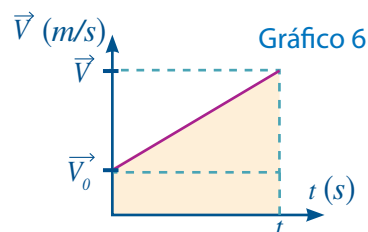
Si $\vec{V} > \vec{V}_0$, es decir, la velocidad final es mayor que la velocidad inicial, es un movimiento con aceleración positiva.

En cambio, si $\vec{V} < \vec{V}_0$, es decir, la velocidad final es menor que la velocidad inicial, el cuerpo tiene una aceleración negativa, o sea, va desacelerando o "frenando". La antigua expresión "movimiento retardado" para referirse a los movimientos con aceleración negativa ha caído en desuso.

Ecuación del desplazamiento para el MUA

Si se recuerda que en un gráfico \vec{V}/t el área bajo la curva corresponde al desplazamiento, resulta relativamente sencillo deducir algunas relaciones matemáticas para determinar el desplazamiento y la posición de un móvil con MUA.

Supongamos que un vehículo de carreras que se mueve en forma rectilínea con cierta velocidad inicial \vec{V}_0 empieza a acelerar de manera constante de tal forma que al cabo de cierto tiempo t su velocidad final es \vec{V} (Gráfico 6):



La determinación del desplazamiento del vehículo desde el momento en que se puso en marcha y el instante t , está dado por el "área" bajo la gráfica entre dichos instantes. La figura, en este caso, corresponde a un trapecio, por lo tanto, calculamos el área como:

$$\begin{aligned} \text{área} &= \left(\frac{\vec{V} + \vec{V}_0}{2} \right) \cdot t \\ \Delta x &= \left(\frac{\vec{V} + \vec{V}_0}{2} \right) \cdot t \Rightarrow \Delta \vec{V} = \left(\frac{\vec{V} + \vec{V}_0}{2} \right) \quad (1) \end{aligned}$$

Si la ecuación (2) proviene de la página 27, donde se la presenta como corolario de la definición operacional de aceleración, podemos incluso "demostrarla" nuevamente, escribiendo:

$$a = \frac{\vec{V} - \vec{V}_0}{t}$$

$$a \cdot t = \vec{V} - \vec{V}_0$$

$$a \cdot t + \vec{V}_0 = \vec{V}$$

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + a \cdot t \quad (2)$$

Podemos reemplazar el valor de \vec{V} en la ecuación (1), y nos queda:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= \left(\frac{\vec{V} + \vec{V}_0}{2} \right) \cdot t \\ \Delta x &= \left(\frac{(\vec{V}_0 + a \cdot t) + \vec{V}_0}{2} \right) \cdot t \\ \Delta x &= \left(\frac{2\vec{V}_0 + a \cdot t}{2} \right) \cdot t \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Delta x &= \frac{2\vec{V}_0 \cdot t}{2} + \frac{a \cdot t^2}{2} \\ \Delta x &= \vec{V}_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (3) \end{aligned}$$

En esta última ecuación, es posible observar que, a diferencia de lo que ocurre en el MUR, en un MUA, el desplazamiento no es lineal con el tiempo, sino proporcional al cuadrado de dicha magnitud.

Itinerario del movimiento uniformemente acelerado (MUA)

Considerando que el desplazamiento Δx corresponde a la diferencia de posiciones $x - x_0$, podemos reemplazar en la última ecuación (3), de forma tal, que nos queda:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x - x_0 \\ x - x_0 &= \vec{V}_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \end{aligned} \right\} x = x_0 + \vec{V}_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \quad \text{Ecuación de itinerario del MUA}$$

En esta última ecuación, es conveniente notar que la posición del cuerpo es proporcional al cuadrado del tiempo, lo que significa que si graficamos el itinerario, no obtendremos una recta, sino otra curva.

Gráfico de itinerario del MUA

Consideremos el ejemplo de la página 27 (Tabla 3), donde el cuerpo tiene una velocidad inicial de 12 m/s y una aceleración de 3 m/s^2 . Si asumimos que parte desde el origen del eje X ($x_0 = 0$) podemos construir la siguiente ecuación de itinerario:

$$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ \vec{V}_0 &= 12 \text{ m/s} \\ a &= 3 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} x &= x_0 + \vec{V}_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \\ x &= 0 + 12 \text{ [m/s]} t + \frac{3 \text{ m/s}^2 \cdot t^2}{2} \\ x &= 12 \text{ [m/s]} t + \frac{3 \text{ m/s}^2 \cdot t^2}{2} \end{aligned}$$

Si asignamos diferentes valores al tiempo t y calculamos la posición x en cada caso, obtendremos la Tabla 4 de itinerario, con su correspondiente gráfico (Gráfico 7).

El gráfico de itinerario para este movimiento muestra una **parábola** (la posición es proporcional al cuadrado del tiempo).

En este tipo de movimientos, la velocidad para cada instante puede determinarse mediante el cálculo de la pendiente de la recta tangente a la curva en dicho instante, como se muestra en la figura.

Concepto clave

La **parábola** es una curva como la mostrada en la figura. Como es una curva, no tiene una pendiente constante. De hecho, en este ejemplo podemos notar que la pendiente es cada vez mayor.

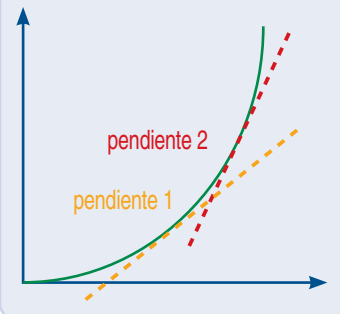
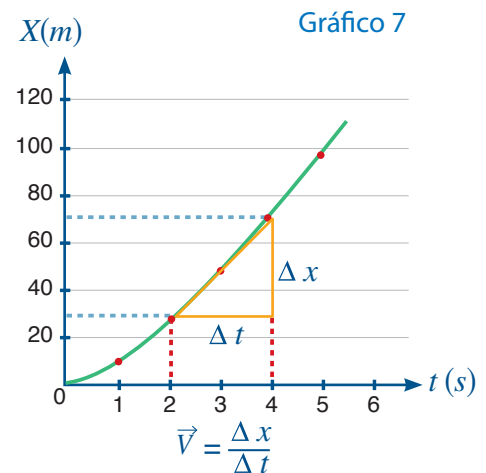


Tabla 4

t (s)	x (m)
0	0
1	13,5
2	30
3	49,5
4	72
5	97,58



Para discutir en clases

La bala de un rifle parte del reposo y es acelerada a lo largo del cañón a 1200 m/s^2 . Grafica su itinerario durante el primer segundo de movimiento, tomando como unidad la décima de segundo. Determina la velocidad de la bala a los 0,5; 0,7 y 0,9 segundos.

Para determinar la velocidad en el instante $t = 3 \text{ (s)}$, trazamos la tangente a la curva en el punto $t = 3 \text{ (s)}$ y calculamos la pendiente de esta tangente.

7. Galileo y los sistemas de referencia

Exploremos

Como bien sabemos, la Tierra realiza dos movimientos, uno de traslación y otro de rotación. Respecto de la rotación, sabemos que un punto situado en el Ecuador, se mueve de manera lineal con una rapidez superior a los 1500 km/h (o más de 415 m/s). Sin embargo, ¿por qué razón cuando una persona salta de forma vertical, cae en el mismo lugar?



Galileo Galilei (1564 -1642), astrónomo, filósofo, matemático y físico italiano del Renacimiento. Sus logros incluyen la mejora del telescopio, gran variedad de observaciones astronómicas, la primera ley del movimiento y un apoyo determinante para el copernicanismo. Ha sido considerado como el "padre de la astronomía moderna", el "padre de la física moderna" y el "padre de la ciencia".



Modelo de telescopio de la época utilizado por Galileo para sus observaciones.

En el Siglo XVII, Galileo Galilei, un físico florentino, se atrevió a desafiar algunas de las ideas "científicas" más arraigadas en los sabios de su época al declarar públicamente que el Sol y los demás planetas no giran en torno a la Tierra, por el contrario, nuestro planeta se encuentra en movimiento en torno a nuestra estrella madre. Esta situación, que a Galileo le valió ser conminado por la Inquisición a retractarse públicamente de sus afirmaciones, refuerza una idea central de la cinemática: **"el movimiento de los cuerpos es relativo"**. En efecto, durante muchos siglos la humanidad pensó que la Tierra era el centro del Universo y que permanecía fija mientras que todos los demás astros se movían en torno a ella. Es decir, la Tierra constituía un sistema de referencia absoluto, lo que parecía verse confirmado por las limitadas observaciones y el escaso conocimiento del Universo. No obstante, sabemos que no hay sistemas de referencia privilegiados sino que son **totalmente arbitrarios**, es decir, son **elegidos por el observador**.

Imaginemos un pasajero que viaja sentado en un tren que se mueve con velocidad constante \vec{V}_T (Figura 11). En el interior de dicho tren se mueve un gato con velocidad constante \vec{V}_G . Si el observador es el pasajero y el sistema de referencia es el tren, entonces podemos decir que el gato se mueve con velocidad \vec{V}_G , mientras que el pasajero se encuentra en reposo.



Figura 11

Sin embargo, si el observador se encuentra al lado de la vía y el sistema de referencia es la Tierra, el pasajero está en movimiento con \vec{V}_T , y el gato se mueve, respecto de la Tierra, con una velocidad dada por:

$$\vec{V} = \vec{V}_T + \vec{V}_G$$

Para discutir en clases

En el caso del gato en el interior del tren: si el animal se mueve en sentido opuesto a la velocidad del tren respecto de la Tierra, ¿cuál sería la expresión para determinar su velocidad para un observador situado al borde de la línea del tren?

¿De qué manera deberían moverse dos ciclistas respecto de la Tierra para que uno de ellos se pueda considerar en reposo respecto del otro?

Actividad experimental

Objetivo

El propósito de esta actividad, es observar, determinar y analizar de manera experimental algunos de los elementos del movimiento para establecer la ecuación de itinerario en un plano inclinado.

Preparémonos

Corta los listones de dos metros de longitud y únelos con los clavos, formando un canal como el de la Figura 12.

Con un plumón y la huincha de medir haz marcas en el canal cada 20 cm. Acomoda el canal con un extremo sobre el suelo y el otro a una altura no superior a 15 cm (puedes utilizar unos libros para darle altura). Utiliza la plasticina para acomodar el canal en el suelo y evitar que se voltee.

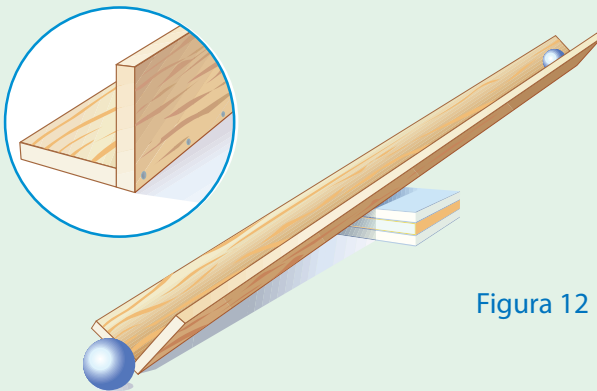


Figura 12

Materiales

- 2 listones de madera pulida (cepillada), de lo menos 2 metros de longitud, y de aproximadamente, 4 cm de ancho y dos de grosor (en las barracas o ferreterías, venden listones cepillados de 1 x 2 pulgadas y 3,2 metros de longitud, son ideales para la actividad), puntas (clavos sin cabeza) de 2 pulgadas, martillo, 1 sierra o serrucho y 1 huincha de medir.
- 1 plumón, bolitas de cristal de tamaño grande (bolones), 1 poco de arcilla, plasticina o masilla para vidrios, 1 cronómetro y tu cuaderno.

Ahora a experimentar

En la parte superior del canal, suelta una de las bolitas de modo que ruede hasta llegar al suelo. Verifica que el canal esté liso y no presente irregularidades que impidan el movimiento. Suelta nuevamente la bolita y mide el tiempo que tarda en llegar a la base después de recorrer los dos metros del canal.

1. Repite a lo menos unas seis veces el experimento y mide cada vez el tiempo. ¿Es siempre el mismo? ¿Cuál es el valor promedio del tiempo empleado por la bolita en recorrer los dos metros del canal?
2. ¿Puedes predecir cuánto tarda la bolita en realizar la mitad de su recorrido a partir del extremo superior del canal? ¿Y en recorrer la cuarta parte? Formula tu predicción.
3. Mediante un procedimiento similar al empleado para medir el tiempo total de recorrido, verifica experimentalmente tu predicción. ¿Qué valores obtienes? ¿Qué puedes concluir?
4. Emplea el cronómetro para determinar los instantes en los cuales la bolita pasa por las posiciones 20 cm, 40 cm, 60 cm, etc. Construye el gráfico de itinerario. De acuerdo con la curva obtenida, ¿qué tipo de movimiento es este?
5. ¿De qué manera podrías construir la ecuación de itinerario de este movimiento? ¡Hazlo!

Habilidades y destrezas

Predecir
Tabular
Medir
Calcular
Identificar variables
Graficar
Evaluar
Proponer
Discutir
Relacionar

M

El **movimiento** es un fenómeno relativo, consiste en un cambio de posición (desplazamiento) que se describe respecto de un **sistema de referencia**. Los movimientos se pueden caracterizar mediante su **trayectoria** (que es la forma del camino) en **movimientos curvilíneos** y en **movimientos rectilíneos**, que son los que hemos estudiado en este Capítulo.

Además de la trayectoria, un movimiento se puede describir mediante la **velocidad** y la **aceleración**, de tal forma que podemos hablar de movimientos rectilíneos que poseen **velocidad constante** (movimiento uniforme rectilíneo) y movimientos rectilíneos cuya velocidad varía de manera constante en el tiempo, es decir, tienen **aceleración constante** (movimiento uniformemente acelerado).



Evaluación

I. Casos para discutir

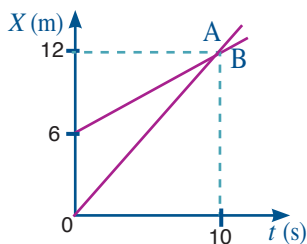
Caso 1: Cecilia y Joaquín debaten acerca de la importancia del sistema de referencia para definir el movimiento de un cuerpo. Cecilia dice: “Si un cuerpo está en movimiento, entonces está cambiando de posición respecto de un sistema o punto de referencia”. Joaquín por su parte agrega: “Entonces, si el cuerpo no se acerca ni se aleja del punto de referencia, entonces está en reposo”. ¿Están ambos en lo cierto? ¿Por qué?

Caso 2: José Luis afirma que es posible realizar un movimiento con desplazamiento nulo, ¿es posible esto?

Caso 3: Agustín es un ocupadísimo hombre de negocios del Siglo XXII que tiene que llegar lo más rápido posible a una cita a otro continente. Frente a esta situación tiene dos posibilidades: abordar un avión que viaja con rapidez constante de 7200 km/h o bien, viajar en una nave experimental que parte desde el reposo, pero con una aceleración constante de $0,01 \text{ m/s}^2$. Si para llegar a su cita de un continente a otro debe recorrer 14400 km, ¿cuál vehículo resulta más conveniente?

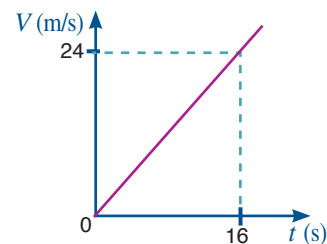
II. Ejercitemos

1. Tres animales: un ratón, un gato y un perro se disputan una carrera. Si la rapidez media respectiva de los animales es: 300 m/min; 36 km/h y 8 m/s. ¿En qué orden llegan a la meta?
2. Un tren que viaja con rapidez constante de 120 km/h, recorre en forma rectilínea 90 km. ¿Cuánto tarda en el recorrido?
3. Dos ciclistas se mueven uno al encuentro del otro en línea recta, con velocidades constantes de 3 y 6 m/s. Si inicialmente están separados por una distancia de 810 metros, ¿cuánto tardarán en encontrarse?
4. Un automóvil que parte aceleradamente desde el reposo y recorre en los primeros 5 segundos una distancia de 200 metros. ¿Cuál es el valor de la aceleración de este automóvil? ¿Cuánto tarda en recorrer los primeros 100 metros?
5. Un automóvil que viaja en forma rectilínea con una velocidad inicial de 90 km/h, comienza a frenar de manera constante, de tal forma que se detiene por completo después de haber recorrido una distancia de 125 metros desde que comienza a frenar. ¿Cuánto tarda en este proceso el vehículo? ¿Cuál es el valor de su aceleración?
6. Dos automóviles A y B se ponen en movimiento simultáneamente, y sus itinerarios se representan en el gráfico adjunto mediante las respectivas curvas A y B.



¿A qué tipo de movimiento corresponden estas curvas?
 Construye las respectivas ecuaciones de itinerario.
 ¿Cuál será la separación entre ambos cuerpos en el instante $t = 36 \text{ s}$?
 ¿En qué instante estarán separados por 48 metros?

7. A partir del movimiento de un cuerpo que cae deslizando por un plano inclinado se obtiene el gráfico adjunto que ilustra cómo varía la rapidez de dicho cuerpo respecto del tiempo.

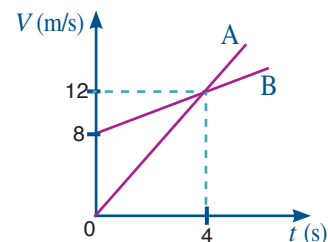


¿Cuál es el valor de la aceleración del cuerpo?

¿Cuál es el valor del desplazamiento realizado por el cuerpo en los primeros 16 segundos de su movimiento?

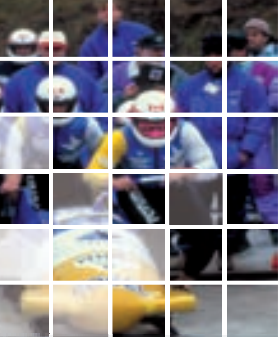
Considerando que el cuerpo parte del origen del sistema de coordenadas ($V_0 = 0$); construye la ecuación de itinerario del móvil.

8. Dos cuerpos A y B se mueven de acuerdo con el gráfico V/t adjunto.



Suponiendo que ambos parten desde el origen del sistema de coordenadas, determina:

¿Qué distancia separa a ambos cuerpos en el instante $t = 4 \text{ s}$?
 ¿En qué instante volverán a tener la misma separación?
 ¿En qué instante se encuentran en la misma posición?
 ¿Cuál es la rapidez de cada cuerpo en dicho instante?

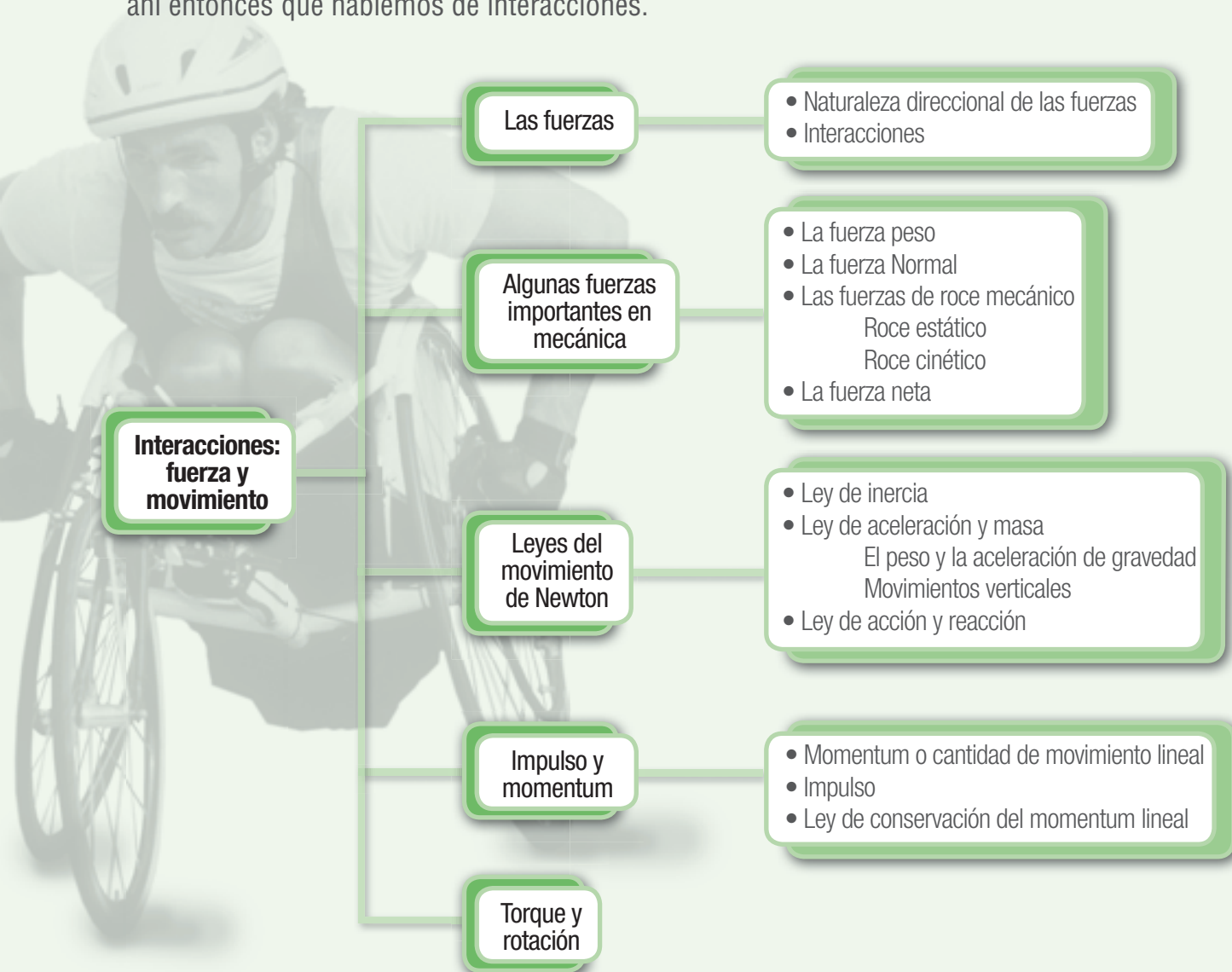


Interacciones: fuerza y movimiento

Unidad 1

Capítulo 2

¿Por qué cambia el movimiento de un cuerpo? Como lo hemos señalado en el Capítulo anterior, los movimientos uniformes no son los más abundantes en la naturaleza. En efecto, la mayoría de los movimientos presentan permanentes cambios, ya sea en el módulo de su velocidad o su trayectoria. Lo que provoca dichos cambios, no es otra cosa que la fuerza, o más propiamente las fuerzas, ya que como veremos, estas siempre aparecen en “parejas”. De ahí entonces que hablemos de interacciones.





Antes de comenzar

Con un grupo de compañeros, realiza la siguiente actividad. Para ello necesitan dos patinetas (*skateboard*) y una cuerda. Es conveniente que para la actividad, los estudiantes que tengan que subirse a las patinetas, lo hagan con implementos de seguridad para mitigar los efectos de una posible caída.

Pidan a dos compañeros de similar contextura física que se ubiquen frente a frente sobre las patinetas unidos mediante la cuerda tensa como muestran las Figuras 13 y 14.



Habilidades y destrezas

Observar
Predecir
Identificar variables
Comparar
Aplicar

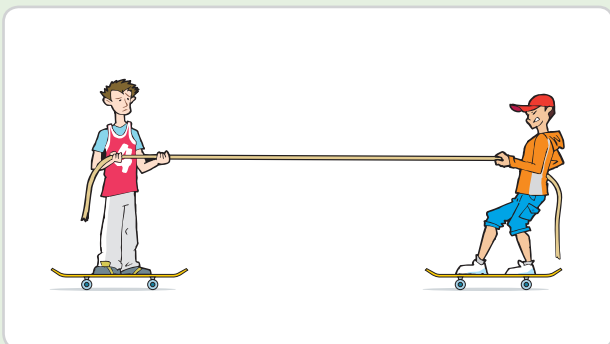


Figura 13

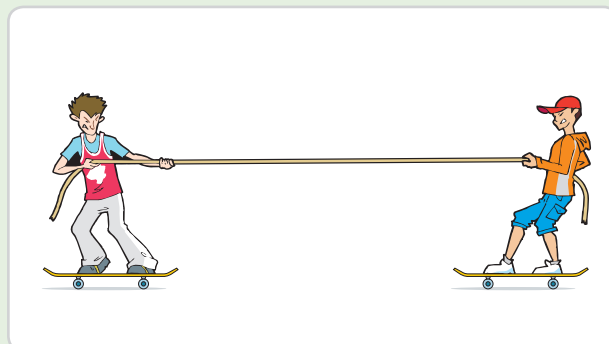


Figura 14

1. Si uno de ellos tira de la cuerda lentamente, ¿cuál de los dos se moverá? Realicen una predicción.
2. Verifiquen la predicción pidiéndole a un compañero que tire suavemente de la cuerda. ¿Qué observan?
3. Ahora, hagan una predicción frente a la siguiente interrogante: si ambos compañeros tiran de la cuerda simultáneamente, ¿cuál de los dos se moverá? ¿Cuál será la diferencia respecto de la anterior situación?
4. Verifiquen la predicción pidiéndole a ambos compañeros que tiren al mismo tiempo de la cuerda suavemente. ¿Se cumple la predicción?
5. ¿Qué pueden concluir respecto de la acción que se ejercen los compañeros mediante la cuerda?
6. ¿Qué situaciones conoces en las cuales se aplica un efecto similar para producir el movimiento de un cuerpo?

1. Las fuerzas

Exploremos

Consigue un trozo de cartón piedra, algunas bolitas de acero y varios imanes.

Sobre el cartón, marca con un plumón una línea recta y luego, lanza las bolitas hasta que logres que estas se muevan en forma rectilínea, lo más próximo posible a la línea trazada. Pon ahora los imanes debajo del cartón, distribuidos de manera aleatoria.

¿Qué ocurriría ahora si trataras de repetir la experiencia anterior? ¿Será posible que las bolitas sigan una trayectoria rectilínea? Formula una hipótesis y verifícala de forma experimental.

¿Qué trayectoria siguen las bolitas? ¿Cuál es la causa de esta trayectoria?

En la actividad anterior observamos que los imanes o más bien la fuerza ejercida por los imanes, modificó la trayectoria de las bolitas. En efecto, las fuerzas pueden modificar el movimiento de un cuerpo, ya sea alterando su velocidad o modificando su trayectoria. Estamos tan acostumbrados a ejercer fuerzas en nuestra vida cotidiana, que solemos hablar de ellas, pero pocas veces nos detenemos a preguntarnos: ¿qué es una **fuerza**?

Cuando nos hacemos dicha pregunta, normalmente pensamos en un puntapié, un empujón o un tirón que podemos dar a un cuerpo para ponerlo en movimiento o cambiar su movimiento, o, simplemente, para deformarlo, como ocurre con un resorte.

De acuerdo con lo anterior, diremos que: una fuerza es una acción mutua entre dos o más cuerpos que produce cambios en el movimiento o en la forma de ellos. Es decir, las fuerzas son acciones recíprocas (aparecen entre dos o más cuerpos) que necesariamente existen mientras están siendo ejercidas, es decir, mientras los cuerpos están interactuando. Por tal razón, al referirnos a las fuerzas hablamos de interacciones. Debido a esto es conveniente señalar que:

- En primer lugar las fuerzas no son propiedad de los cuerpos, sino el resultado de una acción mutua, es decir, una interacción. O sea, un atleta no “tiene más fuerza” que un niño, sino que tiene mayor capacidad para ejercerla. Consecuentemente, las fuerzas no se pueden almacenar, no se “gastan”, ni “se hacen”. Duran mientras existe la interacción y se aplican o ejercen.
- Para que exista una fuerza debe haber, a lo menos dos cuerpos, ya que ningún cuerpo puede aplicar fuerza sobre sí mismo. En el caso de nuestro cuerpo, es cierto que podemos aplicar fuerza con la mano sobre nuestra cara, por ejemplo, sin embargo, esto es posible debido a que nuestro cuerpo es un sistema compuesto por muchos otros cuerpos.



Concepto clave

Las **fuerzas**, son acciones mutuas entre los cuerpos, que producen cambios en la forma o en el movimiento.

Naturaleza direccional de las fuerzas

Exploremos

En el patio del colegio, ubica una pelota de fútbol. Dale a un compañero la siguiente instrucción: “patea la pelota (ejerce una fuerza) y ponla en movimiento”. Si a esto no agregas nada más, ¿puedes predecir cuál será la trayectoria seguida por la pelota? ¿Por qué?
¿Cómo se puede reformular la instrucción dada a tu compañero?

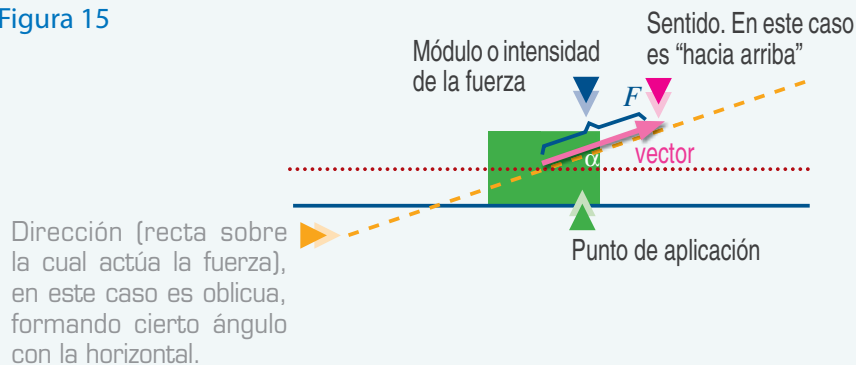
H Habilidades y destrezas

*Predecir
Argumentar
Proponer*

C Concepto clave

Las **magnitudes vectoriales**, son magnitudes que tienen una intensidad o módulo, dirección y un sentido, como las fuerzas, la velocidad, el desplazamiento, etc.

Figura 15



P Para tener en cuenta

Para representar gráficamente una fuerza se emplean vectores, que son segmentos orientados. El módulo del vector (medida del segmento) es proporcional a la intensidad de la fuerza; la dirección, el sentido y el punto de aplicación corresponden a los elementos o cualidades de la fuerza. Una fuerza siempre se dibuja a partir del punto y el cuerpo que recibe la acción de esta. Para diferenciar dos fuerzas que actúan en una misma dirección, pero en sentidos opuestos, se les asignan signos (+ o -) dependiendo de la orientación de estas respecto de nuestro sistema de referencia (que siempre es arbitrario). Por ejemplo, en el eje X , las fuerzas que apuntan a la derecha se consideran positivas (+) y las que apuntan hacia la izquierda las consideraremos negativas (-).

Interacciones

Una de las características fundamentales de las fuerzas es su carácter de interacción, es decir, acciones mutuas o recíprocas entre dos o más cuerpos. Esta característica, que describiremos más adelante mediante la Ley de Acción y Reacción, consiste en que cada vez que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro (acción), este último ejercerá sobre el primero otra fuerza de igual magnitud y en la misma dirección, pero en sentido opuesto (reacción). Estas fuerzas (acción y reacción) actúan de manera simultánea, pero no actúan sobre el mismo cuerpo y por tal razón producen efectos diferentes.

Para discutir en clases

Si las fuerzas son acciones recíprocas y de igual magnitud entre dos o más cuerpos, ¿por qué en la competencia de “tirar la cuerda” entre dos equipos de estudiantes hay un equipo ganador?

2. Algunas fuerzas importantes en mecánica

Exploremos

Las fuerzas no solo producen cambios en el movimiento, sino también cambios en la forma de un cuerpo. Mide la longitud de un pequeño elástico para billetes. Si cuelgas verticalmente de él un objeto pequeño (como tu estuche), notarás que el elástico aumenta su longitud, es decir, se deforma. ¿Cuál es la fuerza que produce esta deformación?

Figura 16



Fuerza-peso

¿Cuál es tu peso? La mayor parte de las personas que responde rápidamente a esta pregunta, nos da una respuesta que si bien es aceptada, desde el punto de vista de la física, no es correcta. En efecto, la mayoría de las personas responde a esta pregunta con el valor de su masa (por ejemplo, 60 kilogramos). Sin embargo, aún cuando esta propiedad está asociada al peso, no son lo mismo.

El **peso** es una fuerza de tipo gravitatoria que la Tierra ejerce sobre los cuerpos, atrayéndolos hacia su centro. Como todas las fuerzas, el peso no es propiedad del cuerpo, sino la manifestación de una interacción (en este caso, gravitacional o gravitatoria). Ver Figura 16.

Comúnmente decimos que el peso es una fuerza que apunta verticalmente hacia “abajo”. Sin embargo, es preferible decir “hacia el centro de la Tierra”, ya que el “arriba” o “abajo”, es una condición muy subjetiva.

El peso es proporcional a la **masa** (m), pero ambas magnitudes no son ni equivalentes ni sinónimas. En efecto, de acuerdo con la mecánica clásica (Newtoniana o no relativista), la masa de un cuerpo se mantiene constante, mientras que el peso no solo varía en diferentes lugares del Universo sino que en la propia Tierra. El peso (P), es proporcional a la masa del cuerpo y, por supuesto, a la intensidad del campo gravitacional terrestre g , el que por ahora, solo definiremos como la fuerza ejercida por unidad de masa sobre un cuerpo que se encuentra en las proximidades de nuestro planeta.

La unidad en que se mide el peso, así como todas las fuerzas, es el **newton** (con minúscula, para distinguirlo de Isaac Newton, el científico). Un **N** (la abreviatura del **newton**) corresponde, aproximadamente, al peso ejercido por la Tierra sobre un cuerpo de 100 gramos (0,1 kg).

De acuerdo con esto, diremos que el campo gravitacional terrestre tiene un valor aproximado de 10 N/kg , es decir, la Tierra ejerce una fuerza de 10 N por cada kilogramo de masa de un cuerpo que se encuentra en el interior de su campo gravitacional.

Operacionalmente, el peso se determina como:

$$P = m \cdot g \quad \text{donde:} \quad \begin{aligned} m &\rightarrow kg \\ g &\rightarrow 9,8 \, N/kg \approx 10 \, N/kg \\ P &\rightarrow newton \end{aligned}$$

Ahora responde:

¿Cuál es tu masa? ¡Calcula tu peso!

Conceptos clave

La fuerza **peso**, es la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos hacia su centro. Como toda fuerza, no es propiedad de los cuerpos, sino que es una acción, cuyo origen se debe a la gravedad.

La **masa** de un cuerpo, es la cantidad de materia que este posee. Su diferencia fundamental con el peso es que constituye una propiedad de los cuerpos que no depende de la atracción gravitacional ejercida por el planeta o satélite en el que se encuentre el cuerpo, en otras palabras, se considera constante.

Fuerza Normal

¿Qué ocurriría si sobre un cuerpo que dejamos sobre una mesa, actuara solamente la fuerza peso? Obviamente, si solo actuase el peso, el cuerpo se movería aceleradamente hacia el centro de la Tierra. Sin embargo, como muestra la Figura 17, el cuerpo descansa en equilibrio sobre la mesa ya que no solamente actúa el yunque, sino también una fuerza denominada Normal (N), la cual aparece siempre que hay dos superficies en contacto. En este caso, la fuerza impide que el cuerpo caiga o se hunda en la mesa.

La fuerza Normal es una fuerza “de contacto”; existe siempre que hay dos o más cuerpos en contacto y su dirección es perpendicular (Normal) a la superficie entre ambos cuerpos (Figura 18).

Figura 17

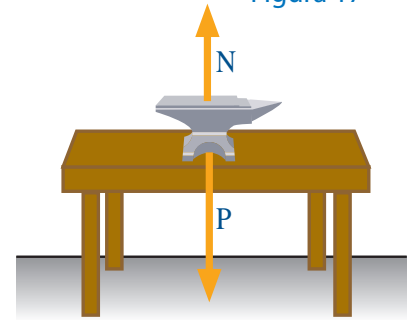
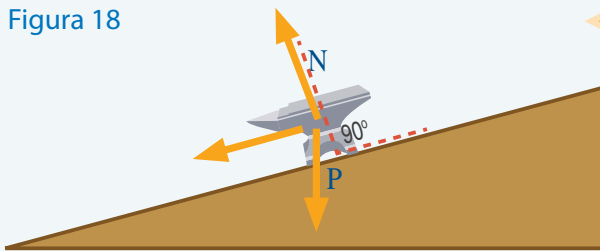


Figura 18



En una gran cantidad de casos, la fuerza Normal tiene el mismo módulo y dirección que el peso, pero en sentido opuesto. Esto ocurre cuando, por ejemplo, el cuerpo está sobre una superficie horizontal, en reposo vertical y sobre él no actúan más fuerzas que el peso y la Normal. Sin embargo, esto no es necesariamente así en todos los casos.

Fuerzas de roce mecánico

¿Te has fijado en lo que ocurre con el movimiento de un cuerpo que es impulsado horizontalmente sobre una superficie? Obviamente hay una fuerza que actúa sobre él modificando su movimiento. A esta fuerza que es ejercida por la superficie, se le denomina fuerza de roce mecánico.

Más que oponerse al movimiento, las fuerzas de roce mecánico se oponen al deslizamiento relativo de dos superficies en contacto. Estas fuerzas no siempre tienen un efecto negativo ya que nosotros podemos desplazarnos y las ruedas pueden rodar gracias al rozamiento con el piso.



Para tener en cuenta

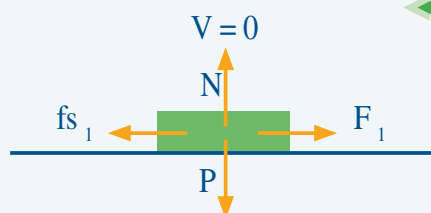
Además de las fuerzas de roce mecánico, que se oponen al deslizamiento, existen las fuerzas de roce viscoso, que se oponen al movimiento de un cuerpo en medio de un fluido (líquido o gas). Esta fuerza es la que permite el uso del paracaídas como dispositivo de seguridad y la que nos permite desplazarnos en el agua mediante el nado.



Básicamente, las fuerzas de roce mecánico son de dos tipos: el roce estático (f_s) y el roce cinético (f_c). Estas fuerzas son paralelas a la superficie de contacto y dependen de dos factores: la naturaleza de las superficies en contacto y la magnitud de la fuerza Normal.

Roce estático (f_s)

Es la fuerza que aparece cuando aplicamos una fuerza sobre un cuerpo para arrastrarlo sobre una superficie con roce, mientras este permanece en reposo. Esta es una fuerza variable, ya que su magnitud cambia de acuerdo con la intensidad de la fuerza aplicada sobre el cuerpo.

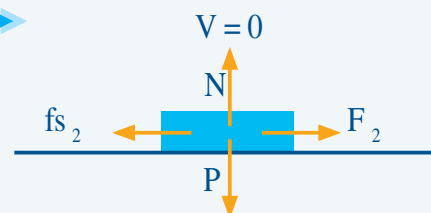


En este caso, al tratar de mover el cuerpo aplicando una fuerza F_1 sobre él, aparece una fuerza roce estático f_{s1} cuya magnitud es igual al módulo de la fuerza aplicada. De este modo, el cuerpo permanece en reposo.

$$f_{s1} = F_1$$

Si aumentamos la fuerza aplicada hasta un valor F_2 , entonces el roce estático también aumenta hasta un valor f_{s2} , para así equilibrar a la fuerza aplicada, manteniendo el cuerpo en equilibrio (en reposo).

$$f_{s2} = F_2$$



Concepto clave

La **fuerza de roce estático**, aparece cuando empujamos un cuerpo sobre una superficie, equilibrando la fuerza aplicada, de forma tal que el cuerpo permanece en reposo. Es una fuerza variable, ya que su valor depende del de la fuerza aplicada. Sin embargo, tiene un valor máximo, que al ser superado por la fuerza aplicada, se anula, permitiendo el movimiento del cuerpo.

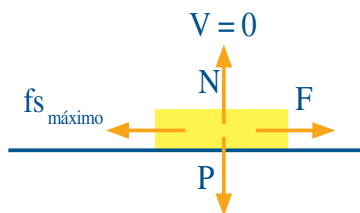
Es evidente que el roce no puede aumentar de manera indefinida, sino que tiene un valor límite (o máximo) permitido. Tal valor máximo está dado por:

$$f_{s\text{ máximo}} = \mu_s \cdot N \rightarrow \text{movimiento inminente}$$

Donde:

μ_s → Coeficiente de roce estático, es una constante que depende de la naturaleza de las superficies en contacto.

N → Magnitud de la fuerza normal.



Si aplicamos al cuerpo una fuerza F de magnitud igual al módulo de la fuerza de roce estático máximo, entonces el cuerpo quedará en reposo, pero en "movimiento inminente". Es decir, está en reposo pero el más pequeño desequilibrio puede ponerlo en movimiento.

Exploremos

Pon un libro sobre una superficie horizontal y mediante un dinamómetro, aplica una pequeña fuerza y comienza a aumentar su valor hasta que el cuerpo quede en “movimiento inminente”. Registra el valor de la fuerza.

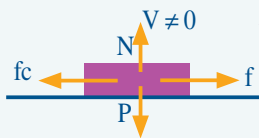
Si pones el libro en movimiento, la fuerza indicada por el dinamómetro, ¿será igual, mayor o menor que la fuerza requerida para poner al cuerpo en movimiento inminente? ¡Verifícalo! ¿A qué crees que se debe lo observado?

H Habilidades y destrezas

Predecir
Aplicar
Calcular
Inferir

Roce cinético (f_c)

El roce cinético aparece cuando un cuerpo se encuentra en movimiento sobre una superficie. A diferencia del roce estático, la fuerza roce cinético es constante, y su valor depende de la naturaleza de las superficies en contacto y de la magnitud de la fuerza normal.



En la figura, el cuerpo es arrastrado sobre una superficie horizontal con roce. En este caso, el módulo de la fuerza aplicada f es mayor que la magnitud de la fuerza roce $f_{s\text{ máxima}}$.

$$f_c = \mu_c \cdot N$$

Donde:

$\mu_c \rightarrow$ Coeficiente de roce cinético, es una constante que depende de la naturaleza de las superficies en contacto.

$N \rightarrow$ Magnitud de la fuerza Normal.

De manera experimental se verifica que la fuerza necesaria para mantener un objeto deslizándose a velocidad constante es menor que la necesaria para ponerlo en movimiento. Es decir, la magnitud de la fuerza de rozamiento cinético es sensiblemente menor que la fuerza de rozamiento estático.

O sea:

$$f_c \leq f_{s\text{ máxima}}$$

$$\mu_c \leq \mu_s$$

Por otra parte, también es posible verificar que:

$$0 < \mu_c \leq \mu_s \leq 1$$

P Para tener en cuenta

La fuerza de roce cinético, aparece luego que al “vencer” la fuerza de roce estático el cuerpo es puesto en movimiento. A diferencia del roce estático, el roce cinético es constante y, por lo general, de menor valor.

Para discutir en clases

Un cuerpo de 40 kg se encuentra sobre una superficie horizontal con roce y al aplicar sobre él una fuerza horizontal de 180 N , el cuerpo queda en “movimiento inminente”. ¿Cuál es el valor del coeficiente de roce estático entre el cuerpo y la superficie?

Supón que el coeficiente de roce cinético entre un cuerpo y la superficie sobre la cual se mueve es 0,2. Explica en qué caso y por qué el valor de la fuerza roce cinético es menor en una superficie inclinada o en una superficie totalmente horizontal.

Discute tus resultados con tu profesor(a) y el resto del curso.

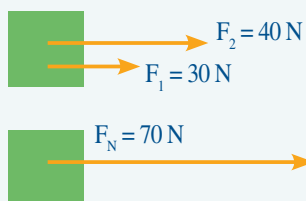
Fuerza neta (F_N)

Supongamos que movemos horizontalmente un cuerpo, empujándolo sobre una superficie con roce. En este caso, sobre el cuerpo actúan cuatro fuerzas: la Normal, el peso, el roce y la fuerza que aplicamos, sin embargo, el cuerpo solo se mueve en la dirección en que empujamos, ¿por qué no se mueve verticalmente o de manera opuesta a la dirección en que empujamos?

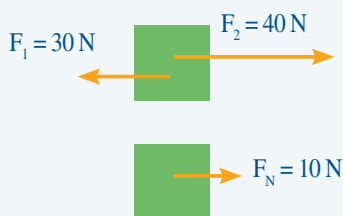
Por lo general, sobre un cuerpo actúa más de una fuerza con sus correspondientes efectos. Sin embargo, existe una fuerza que reemplaza a todas las que actúan sobre un cuerpo, y su efecto es equivalente a la suma de los efectos de todas las demás fuerzas. Es la denominada fuerza neta (F_N) y corresponde a la suma geométrica de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

Ejemplos:

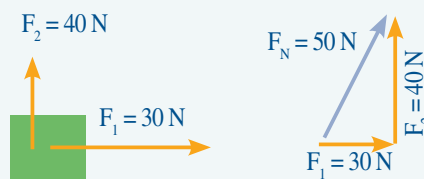
Si sobre un cuerpo actúan dos fuerzas F_1 y F_2 , en la misma dirección (horizontal) e igual sentido, la fuerza neta será una fuerza cuyo módulo corresponde a la suma entre F_1 y F_2 , y su sentido corresponde al sentido de las fuerzas.



Si sobre el mismo cuerpo actúan ahora dos fuerzas F_1 y F_2 , en la misma dirección (horizontal) pero en sentido opuesto, la fuerza neta será una cuyo módulo corresponde a la diferencia entre F_1 y F_2 , y su sentido corresponde al de la fuerza de mayor módulo.



Si las fuerzas son perpendiculares, la suma se hace de forma geométrica y el módulo de la fuerza neta se obtiene aplicando el teorema de Pitágoras.



$$F_N^2 = F_1^2 + F_2^2$$

$$F_N = \sqrt{(30N)^2 + (40N)^2}$$

$$F_N = \sqrt{2500N^2}$$

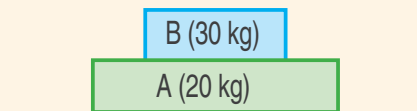
$$F_N = 50N$$

Habilidades y destrezas

Relacionar
Comparar
Calcular
Analizar

Exploremos

1. En la figura, se muestran dos bloques **A** y **B** que están en reposo sobre una superficie horizontal. ¿Cuál es el valor de la fuerza Normal ejercida sobre el cuerpo **A** por la superficie? ¿Cuál es el valor de la fuerza Normal ejercida sobre el cuerpo **B** por la superficie del cuerpo **A**?



2. Un cuerpo de 70 kg está en reposo sobre una superficie horizontal. Si $\mu_s = 0,6$ y $\mu_c = 0,4$. Determina:
 - a) ¿Cuál es el valor de la fuerza que es necesario aplicar sobre el cuerpo para que quede en movimiento inminente?
 - b) Si el cuerpo es puesto en movimiento por una fuerza horizontal de 500 N, ¿cuál es el valor de la fuerza resultante (neta) sobre el cuerpo?
3. Sobre una superficie horizontal con roce se arrastra un cuerpo tirándolo con una fuerza de 500 N. Si el coeficiente de roce cinético es $\mu_c = 0,6$ y el cuerpo se mueve con la acción de una fuerza neta de 140 N, ¿cuál es la masa del cuerpo?

3. Leyes del movimiento de Newton

Exploremos

Con un calcetín viejo o un trozo de tela, forma una pequeña esfera y átalala con una cuerda de no más de 60 centímetros de largo. Toma el otro extremo de la cuerda y comienza a dar vueltas circulares a la esfera de manera horizontal sobre tu cabeza, como si se tratase de una honda. Si en cierto momento se corta la cuerda o sueltas el hilo con que das vuelta a la esfera, ¿cuál será la trayectoria que sigue esta? Haz un esquema, registra tu predicción y verifícala de manera experimental. Repite varias veces la acción. ¿Qué puedes concluir respecto de la trayectoria posterior de la esfera? ¿A qué se debe este fenómeno?

Las tres leyes del movimiento de Isaac Newton, fueron publicadas por este físico británico en el año 1687 en su obra “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica” (“Principios matemáticos de la Filosofía natural”). Estas leyes, junto con la relatividad del movimiento (Galileo), constituyen la base de la mecánica clásica.

Estas tres leyes son complementarias entre sí, y se describen a continuación.

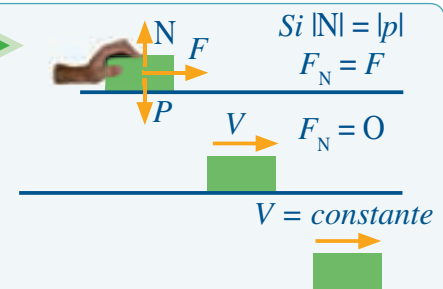
Ley de inercia (1ª ley de Newton)

A menudo, cuando hablamos de inercia, la mayoría de las personas piensa en el reposo o en la inactividad. Sin embargo, aún cuando un cuerpo en reposo está en estado de inercia, también, lo puede estar un cuerpo en movimiento. La inercia es, básicamente, “la incapacidad de un cuerpo para cambiar su estado de movimiento o reposo por sí mismo”, es decir, para que un cuerpo cambie su movimiento o reposo es necesaria la acción de una fuerza externa al cuerpo.

La ley de inercia establece que: “Si la fuerza neta (fuerza equivalente o resultante) que actúa sobre un cuerpo es nula (cero), entonces dicho cuerpo permanecerá indefinidamente moviéndose con velocidad constante (MUR) o en reposo”.

$$\vec{F}_N = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \vec{V} = 0 \\ \vec{V} = \text{constante} \end{cases}$$

Supongamos que lanzamos un cuerpo horizontalmente sobre una superficie tan pulida, que podemos considerar nulo al roce. En dichas circunstancias, la fuerza que impulsa al cuerpo (F), solo actúa mientras la mano está en contacto con el cuerpo. Sin embargo, después de ser empujado, el cuerpo se mueve con el impulso inicial, de modo que no hay fuerza empujándolo hacia adelante. Si consideramos que el roce es nulo y que no hay movimiento vertical (el módulo de la normal tendrá el mismo valor que el módulo del peso), entonces la fuerza neta sobre el cuerpo es nula. En tal caso, ya que nada empuja ni frena al cuerpo, este se moverá con velocidad constante.



Para tener en cuenta

La inercia es una propiedad de los cuerpos, que se manifiesta como la oposición o resistencia que presentan a cambiar de estado de movimiento o reposo. Para un cuerpo en reposo, su masa es una medida de la inercia. Sin embargo, tal como veremos más adelante, cuando un cuerpo está en movimiento, además de la masa, la inercia depende de la velocidad.

Para discutir en clases

Raúl, un estudiante de segundo año medio, al escuchar la formulación de la Ley de inercia, exclama: “¡cuando hay roce, la Ley de inercia no se cumple ya que la velocidad del cuerpo no permanece constante!”. ¿Estás de acuerdo con Raúl? Discútelo con tu profesor(a).

Ley de aceleración y masa (2ª ley de Newton)

Habilidades y destrezas

Observar
Experimentar
Concluir

Exploremos

Consigue un pequeño carrito con ruedas o un camión de juguete, pequeños “pesos” o cuerpos de masas similares (puedes reemplazarlas por pequeñas bolsas o calcetines viejos, llenos con igual cantidad de arena), un cronómetro y una huincha de medir.

Pon un “peso” en el carrito y empújalo sobre una superficie horizontal. Mide cuánto alcanza a recorrer en los primeros 3 segundos. Repite la experiencia, aumentando progresivamente la masa y, tomando la precaución de empujar aproximadamente con la misma intensidad. ¿De qué manera afecta la masa al movimiento del cuerpo?

De manera consecuente con lo señalado en la primera Ley de Newton, si la fuerza neta sobre un cuerpo no es nula, este se moverá con una velocidad que no es constante, es decir, se moverá aceleradamente. La segunda ley del movimiento establece una relación cuantitativa entre la fuerza neta o resultante sobre un cuerpo y la aceleración que este adquiere: “la aceleración que adquiere un cuerpo, es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, e inversamente proporcional a su masa” (Figura 38).

Operacionalmente:

$$a = \frac{F_N}{m}$$

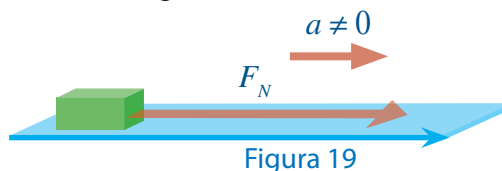


Figura 19

A partir de esto podemos establecer una relación para calcular la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo, conociendo su aceleración y masa, como:

$$F_N = m \cdot a$$

En esta relación podemos redefinir la unidad de fuerza señalada en la página 38, el newton, de acuerdo a lo siguiente:

$$F_N = m \cdot a \Rightarrow \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{newton [N]}$$

Ya que la división entre cantidades direccionales no está definida, estableceremos la siguiente razón entre los módulos de F_N y a :

$$m = \frac{F_N}{a}$$

Al resultado de esta relación, lo denominamos masa inercial del cuerpo. Es decir, la masa del cuerpo es una medida de su inercia, esto es, la masa mide la resistencia que presenta el cuerpo para cambiar su movimiento o reposo frente a la acción de una fuerza neta. Como muestra esta relación, si la masa inercial es pequeña, entonces el cuerpo cambia fácilmente su movimiento, mientras que dicho cambio se realiza con mayor dificultad si su masa inercial es mayor.

El peso y la aceleración de gravedad

Imaginemos un cuerpo que es soltado desde cierta altura sin velocidad inicial. Si suponemos que el roce es totalmente despreciable, entonces el cuerpo tendrá un movimiento de caída libre y la única fuerza que actuará sobre él será el peso. Consecuentemente con esto, el cuerpo caerá aceleradamente. Mediante la aplicación de la segunda ley de Newton, es posible calcular su aceleración:

$$a_{\text{caída}} = \frac{p}{m} = g = \text{constante}$$

La intensidad del campo gravitacional de la Tierra es la aceleración con que se mueve un cuerpo en caída libre (cuando el roce es nulo y la fuerza neta es equivalente al peso).

Movimientos verticales

Si tomas dos piedras, una de más o menos el triple de masa que la otra y las sueltas simultáneamente desde la misma altura (aproximadamente 1,5 m), ¿cuál de ellas llegará primero al suelo? ¡Verifícalo!

Contrariamente a lo que creían los antiguos griegos, si en las cercanías de la Tierra soltamos simultáneamente dos cuerpos de diferente masa desde la misma altura, ambos llegarán al suelo al mismo tiempo y con la misma velocidad, si despreciamos el roce con el aire. Esto se debe a que todos los cuerpos caen con la misma aceleración (g) producida por la fuerza peso. Aunque el valor de g puede experimentar algunas variaciones con la altura y la latitud, en general, se considera constante y se asume su valor promedio de $9,8 \text{ m/s}^2$. Sin embargo, para todos los efectos de cálculo o análisis emplearemos el valor aproximado:

$$g \approx 10 \text{ m/s}^2$$

Existen dos movimientos verticales que analizaremos a continuación (en ambos se supone que el roce es despreciable).

Caída libre

Si dejamos caer dos bolitas de plastilina iguales desde diferentes alturas, ¿cuál de ellas experimentará mayor deformación? ¿Por qué? ¡Verifícalo!

La caída libre es el movimiento que experimenta un cuerpo que es soltado (sin rapidez inicial) desde cierta altura y sobre el cual consideramos que el roce es nulo.

Las ecuaciones que describen este movimiento, son similares a las de cualquier otro MUA. Si consideramos rapidez inicial nula ($V_0 = 0$), desplazamiento igual a h (altura) y aceleración igual a g , es posible demostrar que la altura de caída se relaciona con

g de la siguiente manera:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

La rapidez en cualquier instante está dada por:

$$V_{\text{instante}} = g \cdot t$$

Rapidez de llegada al suelo:

$$V_{\text{llegada}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Tiempo de caída:

$$t_{\text{caída}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Lanzamiento vertical ascendente

El lanzamiento ascendente es el que realiza un cuerpo cuando es impulsado “hacia arriba”, es decir, en contra de la aceleración de gravedad, la que en este caso frena al cuerpo (es considerada negativa).

Para establecer las ecuaciones que rigen este movimiento hay que hacer las siguientes consideraciones: en primer lugar, la aceleración frena al cuerpo, el que disminuye

paulatinamente su rapidez, así que para todos los efectos de cálculo, la consideraremos negativa. Del mismo modo, la rapidez inicial no es nula:

$$V_o \neq 0$$

$$a = -g$$

Altura en cualquier instante:
$$h = V_o \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Rapidez en cualquier instante:
$$V = V_o - g \cdot t$$

Altura máxima:
$$h_{\text{máxima}} = \frac{V_o^2}{2 \cdot g}$$

Tiempo de subida:
$$t_{\text{subida}} = \frac{V_o}{g}$$

Tiempo total:
$$t_{\text{total}} = 2 \cdot t_{\text{subida}}$$

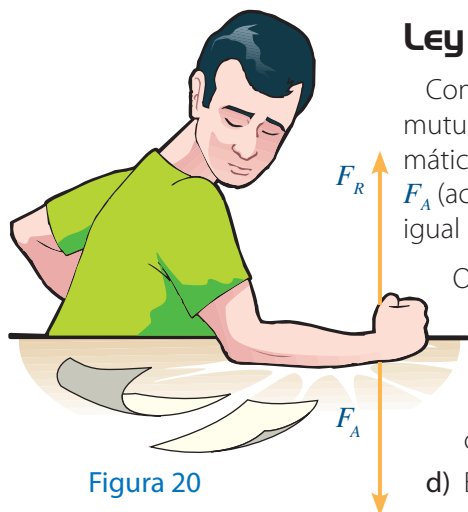


Figura 20

Ley de acción y reacción (3ª ley de Newton)

Como señalamos en la página 36, las fuerzas son interacciones, es decir, acciones mutuas entre dos o más cuerpos. Mediante esta ley se le da cierta formalidad matemática a esta situación: "Si un cuerpo **A** ejerce sobre un segundo cuerpo una fuerza F_A (acción), entonces este último ejercerá sobre el primero otra fuerza F_R de igual magnitud, pero de sentido opuesto, a la que llamamos reacción" (Figura 20).

Observaciones:

- Las fuerzas de acción y reacción son simultáneas.
- Son fuerzas de igual magnitud, pero opuestas.
- Como actúan sobre cuerpos diferentes, ejercen efectos diferentes, de acuerdo con la naturaleza de cada cuerpo.
- Estas fuerzas no se anulan entre sí porque no actúan sobre el mismo cuerpo.

Apliquemos

- Un cuerpo de 30 **kg** se suspende en el aire mediante una cuerda vertical. Si el cuerpo permanece en equilibrio, ¿cuál es el valor de la fuerza ejercida por la cuerda?
- En la Luna, la aceleración de gravedad es, aproximadamente, la sexta parte de la aceleración de gravedad terrestre (1,66 **m/s**²). De acuerdo con esto, ¿cuál es el peso en la Luna de un cuerpo que pesa 1200 **N** en la Tierra?
- Un ascensor de 500 **kg** de masa es tirado verticalmente hacia arriba por medio de una cuerda de acero. Determinar el valor de la fuerza ejercida mediante la cuerda (tensión) en los siguientes casos:
 - El ascensor sube con una aceleración de 4 **m/s**².
 - El ascensor desciende con una aceleración de 2 **m/s**².
 - El ascensor sube con una velocidad constante de 10 **m/s**.
- Un cuerpo de 500 **kg**, se mueve sobre una superficie horizontal con roce al ser empujado con una fuerza F_A . Si el coeficiente de roce entre la superficie y el cuerpo es $\mu_c = 0,3$ y la fuerza neta es de 250 **N**, ¿cuál es el valor de la fuerza F_A ? ¿Con qué aceleración se moverá el cuerpo?
- Un cuerpo, inicialmente en reposo, es empujado por una fuerza neta de tal forma que recorre con aceleración constante los primeros 100 metros en 10 segundos. Si la masa del cuerpo es 60 **kg**, ¿cuál es el valor de la fuerza neta?

4. Impulso y momentum

Exploremos

Toma un pequeño carrito de juguete y pon encima de él un “peso” de los empleados en la actividad de la página 44. Haz lo mismo con otro carrito, pero ponle el triple de masa. En el extremo de cada uno de ellos pon una bolita de plastilina. Si impulsamos los dos carritos al mismo tiempo y aproximadamente con la misma velocidad hacia la pared, ¿en cuál de ellos la deformación de la plastilina será mayor? ¿Sobre cuál de ellos la fuerza ejercida por la pared para detenerlo será mayor?

Momentum o cantidad de movimiento lineal

Un cuerpo en movimiento opone resistencia a cambiar dicho movimiento, es decir, tiene inercia. Esta inercia, está determinada por dos factores: su velocidad y su masa. La inercia del cuerpo en movimiento, está asociada a su cantidad de movimiento lineal o momentum lineal, que operacionalmente se determina como el producto entre su masa y su rapidez (Figura 21):

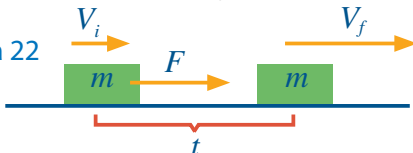
Figura 21



$$p = m \cdot V \rightarrow \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El impulso corresponde al efecto de una fuerza sobre el movimiento de un cuerpo, es proporcional a la intensidad de la fuerza y al tiempo durante el cual actúa sobre el cuerpo (Figura 22).

Figura 22



$$I = F \cdot t \rightarrow \text{N} \cdot \text{s}$$

Conceptos clave

El **momentum lineal** es una propiedad de los cuerpos, y mide cuantitativamente la inercia que tiene el cuerpo cuando está en movimiento. Es un indicador de la oposición que presenta el cuerpo frente a los cambios de movimiento.

El **impulso** es el efecto producido por una fuerza sobre el momentum de un cuerpo.

Relaciones entre impulso y momentum

Si empujamos un cuerpo que viaja con cierta rapidez V_0 mediante una fuerza F en la misma dirección de su movimiento, estaremos produciendo sobre él una aceleración y, por lo tanto, el cuerpo aumentará su rapidez hasta un valor V . En este caso, la fuerza F producirá un impulso y también una variación en la cantidad de movimiento. Podemos escribir:

$$I = F \cdot t \Rightarrow I = m \cdot a \cdot t \Rightarrow I = m \cdot \left(\frac{V - V_0}{t} \right) \cdot t$$

$$I = mV - mV_0 \Rightarrow I = p - p_0$$

Por lo tanto, $I = \Delta p$

A partir de la última relación, podemos escribir:

$$I = \Delta p \quad F \cdot t = \Delta p \quad \text{y finalmente:} \quad F = \frac{\Delta p}{t}$$

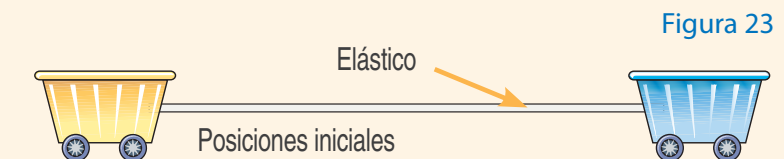
Respecto de las unidades, es fácil demostrar que p e I se miden en las mismas unidades:

$$\text{N} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s}$$

Exploremos

Objetivo

En esta actividad, estudiaremos el choque experimentado por dos cuerpos (carritos de juguete) desde el punto de vista del momentum.



Materiales

- 2 carritos de laboratorio de masas diferentes (los puedes reemplazar por dos carritos de juguete cuyas masas sean diferentes y conocidas o posibles de medir mediante una balanza).
- 1 huincha de medir, papel engomado (*masking tape*) 1 elástico grueso (de aproximadamente un metro de longitud) y algunos chinchos, corchetes u otra forma de fijar el elástico a los carritos tal como muestra la Figura 23.

A experimentar

Separa los carritos unidos por el elástico sobre el suelo, hasta una distancia en la que se note la acción ejercida mutuamente por los carritos mediante el elástico. Marca con cinta la posición inicial de los carritos.

1. Si sueltas los carritos y permites que la fuerza ejercida sobre ellos mediante el elástico los haga chocar, ¿en qué punto, en la línea que une a ambos carritos, se impactarán aproximadamente? (Al medio, más cerca del más liviano, más cerca del más “pesado”, etc.). Formula una predicción.
2. Verifica tu predicción, ¿qué observas?
3. Vuelve a separar los carritos. Antes de soltarlos, ¿cuánto vale el momentum total del sistema?
4. El valor del momentum total del sistema justo en el instante del choque, ¿es mayor o menor que el momentum total inicial? Formula una predicción.

Suelta los carritos y mide la distancia recorrida por cada uno de ellos desde el punto en que son soltados hasta el punto del choque.

Si consideramos que el tiempo empleado por ambos carritos desde que son soltados hasta que chocan frontalmente es el mismo (t), ¿cómo son los correspondientes momentum de los carritos justo en el momento del choque?

5. ¿Qué puedes decir respecto de tu última predicción?
6. ¿Qué puedes concluir respecto del momentum total de un sistema durante un choque?

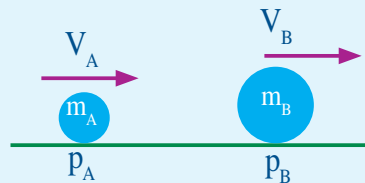
Ley de conservación del momentum lineal

En la actividad anterior hemos revisado una de las leyes fundamentales de la mecánica, es decir, la conservación del momentum. Esta ley permite estudiar y analizar situaciones de la mecánica como choques, explosiones u otras interacciones con gran facilidad. La demostración de esta ley se plantea a continuación.

Supongamos que dos cuerpos se mueven como muestran las figuras y experimentan el choque mostrado en estas:

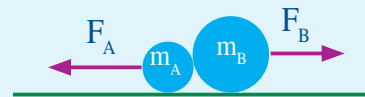
Inicialmente, el cuerpo m_A se mueve en persecución del cuerpo de masa m_B , y ambos cuerpos tienen momentum, cuyos valores respectivos son p_A y p_B . El momentum total del sistema podemos calcularlo como:

$$p_T = p_A + p_B$$



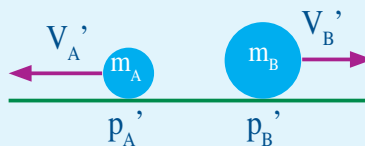
Cuando los cuerpos impactan, se ejercen fuerzas mutuamente (de acuerdo con la 2ª ley de Newton). Dichas fuerzas son de igual magnitud, pero en sentido opuesto. Consecuentemente con esto, ambos cuerpos experimentan impulsos de igual magnitud, pero opuestos:

$$I_A = -I_B$$



Luego del impacto, los cuerpos continúan moviéndose con diferentes velocidades V'_A y V'_B , con el consiguiente cambio en sus respectivos momentum p'_A y p'_B . De manera análoga a la situación inicial, el momentum total está dado por:

$$p'_T = p'_A + p'_B$$



Dado que los impulsos ejercidos sobre cada cuerpo son de igual magnitud, pero opuestos, podemos concluir que lo mismo ocurre con las variaciones de momentum, es decir:

$$\begin{aligned}\Delta p_A &= -\Delta p_B \\ p'_A - p_A &= (p'_B - p_B) \\ p'_A + p_B &= p_A + p'_B \\ p'_T &= p_T\end{aligned}$$



Para tener en cuenta

Tipos de choque:

- Choque elástico: ocurre cuando las deformaciones sufridas por los cuerpos son momentáneas y estos recuperan por sí mismos su forma original. En esta situación se conserva también la energía cinética del sistema.
- Choque inelástico: se produce cuando las deformaciones sufridas por los cuerpos son permanentes y no recuperan por sí mismo su forma original. En esta situación, no se conserva la energía cinética del sistema.
- Choque totalmente inelástico: en este tipo de choque, no solo las deformaciones sufridas por los cuerpos son permanentes, sino que además los cuerpos quedan unidos.

La ley de conservación del momentum lineal, dice: "En un sistema aislado de fuerzas externas y en ausencia de roce, el momentum total se conserva constante, de tal forma que este se transfiere entre los cuerpos que componen dicho sistema, sin embargo, el valor total siempre se conserva constante".

En este sencillo análisis, es posible observar que en el sistema, la cantidad de movimiento total (momentum total) se conserva constante.

5. Torque y rotación

Exploremos

En un programa concurso (“*reality*”), una pareja de concursantes tiene que contener a un animal muy fuerte (como un buey) en el interior de una jaula cuya puerta es muy ancha, pero no tiene seguro o pestillo. Dado que el buey puede ejercer una fuerza equivalente a aproximadamente cuatro hombres, casi todos los equipos pierden la prueba. Sin embargo, en una ocasión, una pareja logró ganarle al buey. ¿Qué condiciones se darían para que la pareja pudiera contener al buey en la jaula? Dibuja un esquema de la situación.

C Concepto clave

El **torque** es una medida del efecto rotacional de una fuerza sobre un cuerpo.

Figura 24

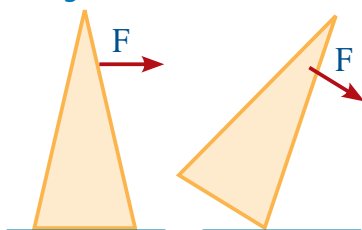
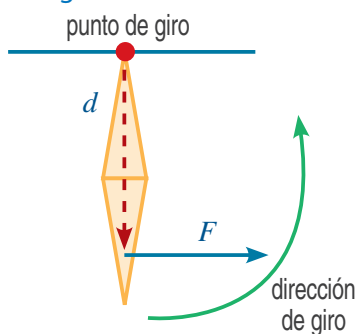


Figura 25



P Para tener en cuenta

Torque neto (τ_N)

El torque neto sobre un cuerpo corresponde a la suma de todos los torques que actúan sobre él. Si el torque neto es nulo, entonces decimos que el cuerpo está en equilibrio rotacional. Es decir, no gira.

A veces, cuando se aplica una fuerza sobre un objeto puede ocurrir que este gire o se tuerza. Este efecto de giro producido por la acción de la fuerza se llama **torque** o momento de una fuerza (Figura 24). La magnitud de un torque depende de la intensidad de la fuerza y del punto donde se aplique. En efecto, en el análisis de la rotación de un cuerpo debido a la acción de una fuerza se destacan dos elementos: la fuerza aplicada y el brazo de torque, que corresponde a la distancia medida desde el punto de aplicación de la fuerza hasta el punto de giro del cuerpo.

Si el brazo de torque d es perpendicular a la dirección de la fuerza F , entonces podemos calcular el torque operacionalmente como el producto entre ambas magnitudes (Figura 25):

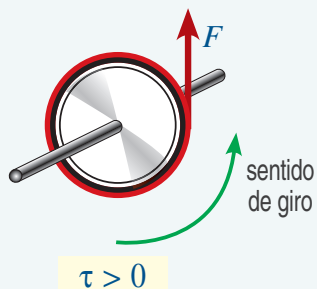
$$\tau = F \cdot d \rightarrow N \cdot m$$

Es muy importante considerar que la unidad de medida del torque es simplemente $N \cdot m$ y no es equivalente a la unidad de medida del trabajo mecánico (joule), que también corresponde al producto entre una fuerza y una longitud.

Sentido del torque

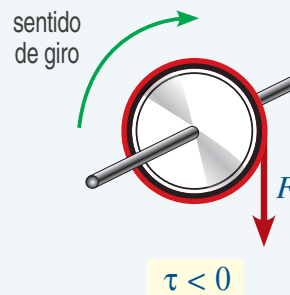
Torque positivo

Cuando una fuerza produce un giro en sentido antihorario (contrario al movimiento de las manecillas de un reloj análogo), entonces decimos que el torque es positivo:



Torque negativo

Cuando una fuerza produce un giro en sentido horario (en el sentido del movimiento de las manecillas de un reloj análogo), entonces decimos que el torque es negativo:



Actividad experimental

Objetivo

Esta actividad tiene como propósito observar experimentalmente el efecto de la longitud del brazo de torque en la rotación de un cuerpo rígido, así como del ángulo formado por la fuerza aplicada y el brazo de torque.

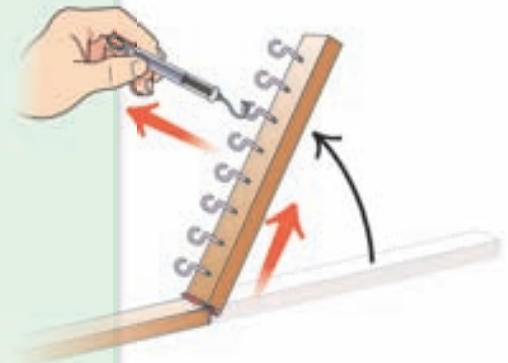
Materiales

- 2 listones de madera pulida (cepillada), de al menos 50 cm de longitud y de aproximadamente 2 cm de ancho y 2 cm de grosor (similares a los empleados en la actividad de la página 31, es decir, de 1x2 pulgadas), 1 trozo de cuero o género resistente para fabricar una “bisagra”, la que fijaremos con clavos pequeños o tachuelas. Necesitarás además 1 martillo, cuchillo cartonero o tijeras, 1 huincha de medir y algunos cáncamos (pequeños ganchitos con una punta roscada como un tornillo, para poner en la madera).
- Emplearemos además 1 dinamómetro, que es un instrumento para medir la intensidad de una fuerza.

Preparémonos

Con las tijeras o el cuchillo, corta una tira de cuero que usarás como bisagra para unir los dos listones como muestra la figura. Para ello usa las tachuelas. Del mismo modo, pon algunos cáncamos en uno de los “brazos” del sistema, espaciados regularmente entre sí.

Ubica el sistema formado con los listones unidos por la bisagra de cuero sobre una mesa como muestra la figura. Pon un objeto pesado sobre el listón que descansa sobre la mesa de manera que se mantenga fijo a ella.



Realización de la actividad

1. Si quisieras levantar el listón para ponerlo de manera vertical, tirándolo desde uno de los cáncamos, ¿desde cuál de ellos habría que tirar para levantarlo con el menor esfuerzo? Formula una predicción.
2. Verifica tu predicción, ¿qué puedes concluir?
3. Repetiremos ahora la experiencia, pero, tomando la precaución de que la fuerza sea permanentemente perpendicular al brazo de torque. Anota el valor de la fuerza necesaria para levantar el listón hasta la posición horizontal.
4. Si levantas el listón pero aplicando la fuerza de modo que esta forme un ángulo menor que 90° con el brazo de torque, la fuerza necesaria para levantarlo, ¿será mayor o menor que en el caso anterior? Formula una predicción.
5. Verifica tu predicción. ¿Qué ocurre?
6. Repite la experiencia para diferentes ángulos y registra, en cada caso, el valor de la fuerza medida por el dinamómetro. ¿Qué puedes concluir respecto de la fuerza necesaria para producir la rotación y el ángulo que esta forma con el brazo?

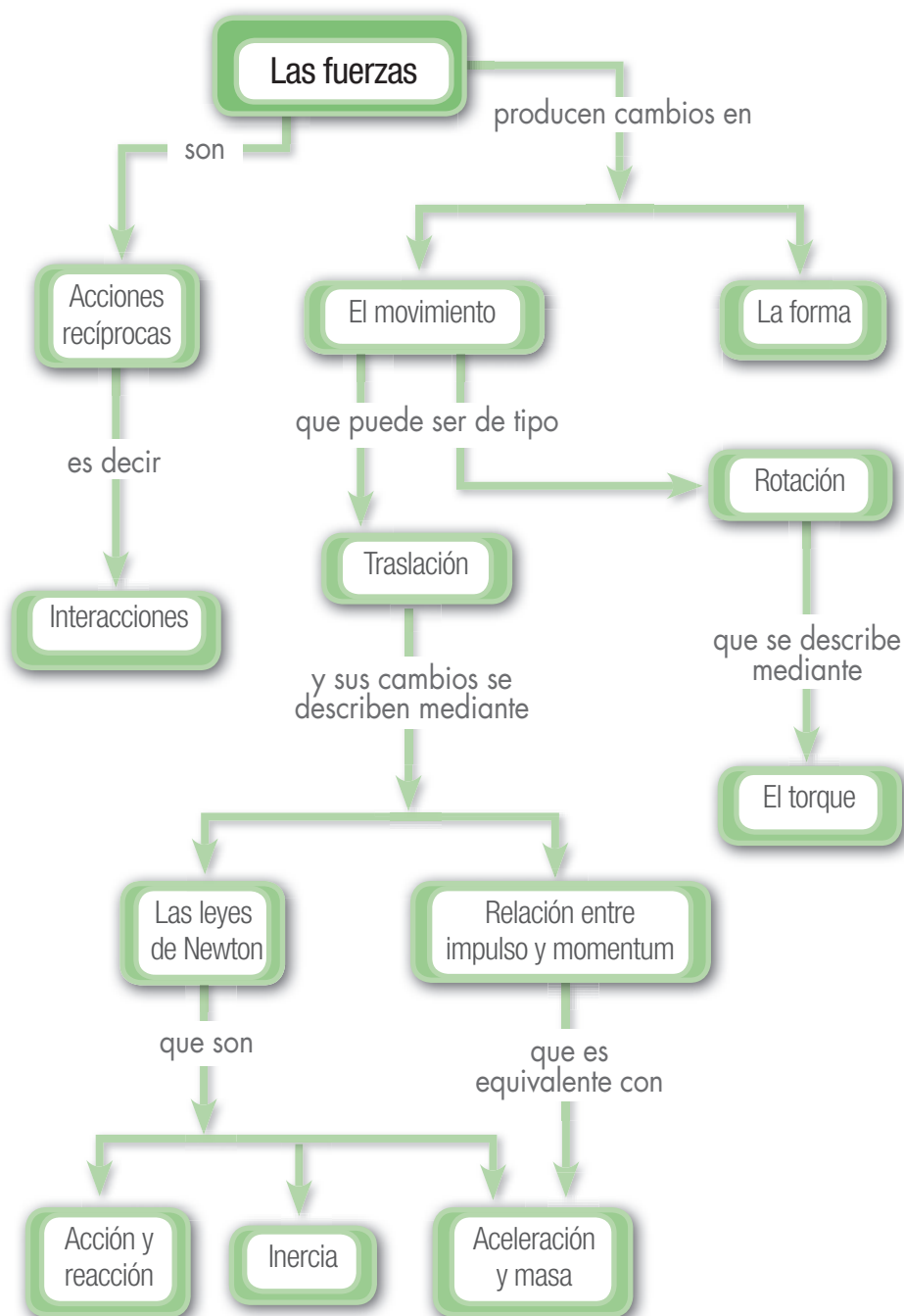
Habilidades y destrezas

Predecir
Observar
Aplicar
Medir
Analizar
Discutir
Concluir

Las fuerzas son un tipo de **acciones recíprocas** o mutua entre dos o más cuerpos (interacción), que pueden producir cambios en la forma o en el movimiento de los cuerpos.

El **movimiento** de un cuerpo, se cuantifica a través de la noción de **momentum**, que mide además la **inercia** de un cuerpo en movimiento. Los cambios en el movimiento de un cuerpo, se describen a través de las tres **leyes del movimiento de Newton**, así como mediante la noción de impulso. El **impulso**, al igual que la segunda ley de Newton (aceleración y masa), relaciona el cambio de movimiento con la **fuerza neta** que actúa sobre el cuerpo.

Los efectos de una fuerza sobre el movimiento de **rotación** de un cuerpo se describen mediante la noción de **torque**.



Evaluación

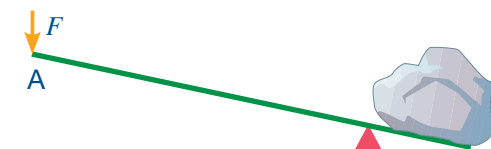
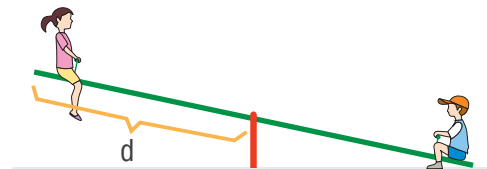
I. Casos para discutir

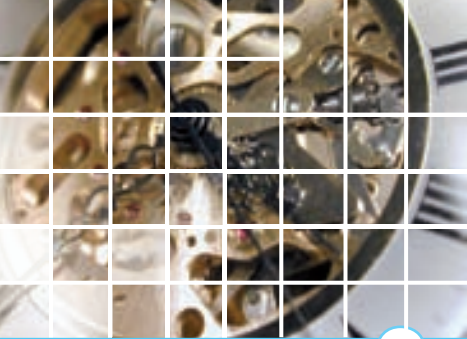
Caso 1: Un automóvil compacto choca con un camión de transporte de valores (camión blindado) que se encuentra estacionado. Producto del impacto, el automóvil se detiene y se deforma casi por completo. El camión, por su parte, solo se desplaza algunos centímetros y sufre daños casi imperceptibles. Respecto de esta situación, Raúl afirma que: “debido a que el camión estaba en reposo, solamente el automóvil ejerció la fuerza”. Marianela, por su parte, afirma que “ambos se ejercieron fuerza mutuamente, sin embargo, la fuerza ejercida por el camión sobre el automóvil fue mayor que la ejercida por este último vehículo”. Rodrigo, exclama: “¡Están equivocados! la magnitud de la fuerza fue igual para ambos cuerpos”. ¿Quién(es) de los tres está(n) en lo correcto? ¿Por qué?

Caso 2: Una nave espacial se encuentra moviéndose en una zona alejada de cualquier campo gravitacional y prácticamente sin roce. Si en dicho instante el comandante de la nave da la orden de apagar los motores, ¿cómo será el movimiento de la nave? Desde uno de los costados de la nave, se suelta un pequeñísimo foco (de masa despreciable). ¿Cuál será el movimiento de este cuerpo, visto por un pasajero en el interior de la nave?

II. Ejercitemos

- Un astronauta experimenta un peso de 850 N en la Tierra. Si en la Luna la aceleración de gravedad es la sexta parte de su valor en la Tierra, ¿cuál es la masa del astronauta en este satélite?
- Un niño se encuentra en reposo, sentado en una silla sobre una superficie horizontal. La masa total del conjunto es de 60 kg. Para moverlo, un compañero comienza a tirar de él lentamente mediante una cuerda que tiene intercalado un dinamómetro. Se observa que justo antes de que el sistema se ponga en movimiento, el dinamómetro marca 120 N. ¿cuál es el valor del coeficiente de roce estático entre las patas de la silla y el suelo?
- En la situación anterior se observa que para mover al niño sobre la silla con velocidad constante, se requiere arrastrarlo con una fuerza de 80 N. ¿Cuál es el valor del coeficiente de roce cinético entre el suelo y las patas de la silla?
- Una montacargas de 400 kg, asciende con velocidad constante de 2 m/s, al ser tirado verticalmente mediante una cuerda. ¿Cuál es el valor de la fuerza ejercida por la cuerda sobre el montacargas?
- Una bola de pool de 350 gramos, que se encuentra, inicialmente, en reposo, es golpeada con el taco de tal forma que sale disparada de forma rectilínea a 72 km/h. ¿Cuál es el valor del momentum adquirido por la bola? ¿Cuál es el módulo del impulso ejercido por el taco sobre la bola? Si el taco permanece en contacto 0,02 segundos con la bola, ¿cuál es la magnitud de la fuerza ejercida sobre dicho cuerpo?
- Una pelota de tenis de 200 gramos se mueve de manera horizontal y rectilínea a 30 m/s y choca contra una pared vertical durante una milésima de segundo. Después del impacto, la pelota se mueve en la misma dirección, pero en sentido opuesto con una rapidez de 20 m/s. ¿Cuál es la magnitud del cambio de momentum experimentado por la pelota de tenis? ¿Cuál es la magnitud de la fuerza ejercida por la pared sobre la pelota?
- Una flecha de 300 gramos se mueve horizontalmente a 25 m/s y se incrusta en un bloque de madera de 4,7 kg que se encuentra inicialmente en reposo. Luego del impacto, ¿cuál es el valor de la velocidad con que queda moviéndose el sistema?
- Dos niños se encuentran jugando en un balancín formado por un tablón de 8 metros de longitud que puede girar en torno a un eje que pasa por su punto medio. Si en uno de sus extremos se ubica un niño de 30 kg de masa, tal como muestra la figura, ¿a qué distancia d del punto de giro debería ubicarse otro niño(a) de masa 50 kg para que el balancín se mantenga en equilibrio?
- Una barra rígida de masa despreciable se utiliza como palanca para mover una pesada roca de 300 kg de masa. Si la distancia entre el punto de apoyo y la roca es la cuarta parte del largo total de la barra, ¿cuál es el valor de la fuerza que se debe ejercer en el punto A para mover la roca?





Energía mecánica

Unidad 1

Capítulo 3

Si recurrimos a un diccionario o consultamos antiguos textos de física, es muy probable que al buscar el significado de energía encontremos la siguiente definición: “capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo”. Sin embargo, esta definición es muy restringida puesto que supone que la energía solo sirve para realizar trabajo y, como veremos en este Capítulo, en física, la definición de trabajo es muy diferente a la noción que empleamos en la vida cotidiana.

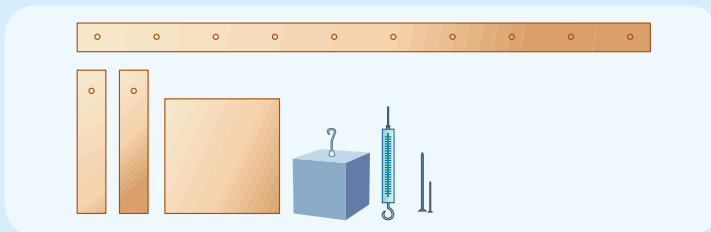
Todo lo que realizamos diariamente, desde nuestras funciones vitales hasta las actividades productivas y económicas, requieren de una u otra forma del empleo de energía. La energía es más que la capacidad de realizar trabajo: es lo que nos permite provocar cambios en la materia. Por lo tanto, podemos decir que es la energía la que nos permite cocinar un huevo, hacer funcionar un motor, iluminarnos o poner a nuestra ciudad en marcha.





Antes de comenzar

¿De qué manera podemos levantar o mover un cuerpo con la menor fuerza posible? En esta actividad utilizaremos dos tipos de máquinas simples que nos permitirán ahorrar esfuerzo.



Habilidades y destrezas

Inferir
Construir
Medir
Definir variables
Calcular
Observar
Concluir
Investigar
Discutir

1. Con los materiales indicados construye un sistema como el que se muestra en la Figura 26.

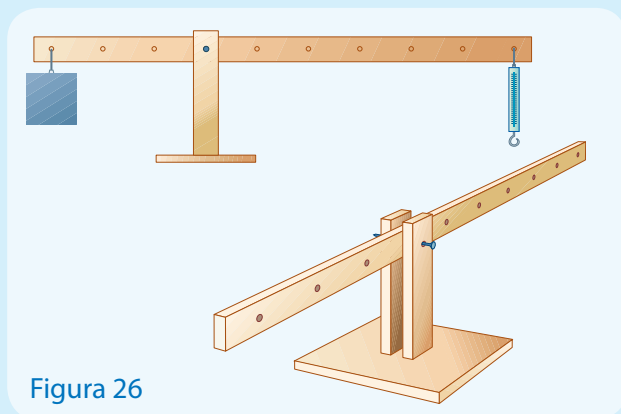


Figura 26

2. Toma uno de los cuerpos y mide con el dinamómetro la fuerza que se requiere para levantarlo verticalmente (el peso del cuerpo). Cuélgalo del extremo de la barra y mantén el equilibrio del sistema aplicando una fuerza mediante el dinamómetro como se muestra en la Figura 27.



Figura 27

3. Mide la fuerza necesaria para mantener el equilibrio. ¿Cuál es la razón entre la fuerza aplicada y la fuerza peso?

$$\frac{P}{F_a} =$$

Materiales

- 1 barra (listón de madera de un metro de longitud, de 1 x 2 pulgadas), a la que con un taladro practicaremos orificios espaciados por 10 cm.
- 2 listones de 1 x 2 pulgadas de 25 cm de longitud aproximadamente, con una perforación (como muestra la figura).
- 1 dinamómetro.
- 1 tabla o trozo de madera lisa y rígida (de aproximadamente 20 x 20 cm y de 2 cm de espesor).
- Algunos clips, huincha de medir, martillo, puntas (clavos) de 2 pulgadas, 1 clavo de 4 pulgadas y varios "pesos" o cuerpos que sirvan para levantar.

4. Mide la distancia que sube verticalmente el cuerpo (d_p) y la distancia necesaria para que "baje" verticalmente el punto en el que se aplica la fuerza (d_f). ¿Cómo será la razón entre estas distancias comparada con la ventaja mecánica?

$$\frac{d_p}{d_f} =$$

5. Repite el experimento para diferentes cuerpos. ¿Qué puedes concluir?

Investiga en qué consiste la "Regla de Oro de la Mecánica", ¿cómo se relaciona con el experimento realizado, y en qué otras situaciones se aplica esta "regla"?

1. El trabajo mecánico

Exploremos

¿Has pensado en lo que se necesita para realizar trabajo mecánico?

¿Conoces la diferencia entre fuerza y trabajo?

Para resolver estas preguntas, te invitamos a realizar la siguiente actividad:

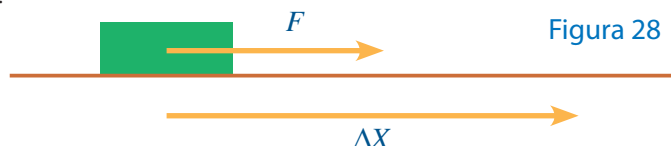
Con un dinamómetro, toma un cuerpo de cierta masa y levántalo desde el piso hasta una altura aproximada de un metro, tomando la precaución de mantener constante la fuerza aplicada. Posteriormente, baja el cuerpo hasta el suelo procurando también mantener constante la fuerza aplicada. ¿En cuál de los dos casos realizaste mayor esfuerzo? ¿En cuál caso realizaste mayor trabajo?

Concepto clave

Una fuerza que actúa sobre un cuerpo realiza **trabajo mecánico** sobre dicho cuerpo cuando lo desplaza en la misma dirección y sentido en que actúa.

En nuestra vida diaria no resulta extraño asociar la idea de esfuerzo o la sensación de fatiga con el concepto de trabajo. Por ejemplo, es común escuchar expresiones como: “me costó mucho trabajo hacer mi tarea” o “trabajé mucho desarrollando los ejercicios de álgebra”. Sin embargo, en física y, particularmente en la mecánica, el concepto de trabajo está asociado al efecto producido por una fuerza sobre el movimiento de un cuerpo; pero de una manera muy restringida: decimos que una fuerza produce un trabajo sobre un cuerpo cuando produce sobre él un desplazamiento en la misma dirección en que actúa (Figura 28).

Por ejemplo:



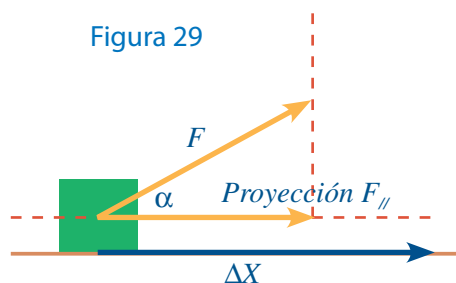
El trabajo se define operacionalmente como el producto entre el módulo de la fuerza aplicada sobre un cuerpo y la magnitud del desplazamiento que experimenta dicho cuerpo.

En el caso en que la fuerza es paralela al desplazamiento, podemos determinar el valor del trabajo como:

$$W = F \cdot \Delta x \rightarrow N \cdot m = \text{joule (J)}$$

A diferencia de lo que ocurre con el torque, en el caso específico del trabajo mecánico, la unidad $N \cdot m$ equivale a joule (J), que es la unidad en el sistema internacional de unidades para el trabajo y la energía.

¿Y si la fuerza no es paralela al desplazamiento? En este caso debemos determinar su “proyección” sobre el desplazamiento, es decir, debemos determinar la componente de la fuerza paralela al desplazamiento, puesto que esta es la fuerza que produce trabajo (Figura 29). Para obtener la proyección de la fuerza es necesario trazar un eje cartesiano (X o Y) de manera paralela al desplazamiento y dibujar la “sombra” que proyecta la fuerza sobre dicho eje. Realizando una sencilla proporción por medio de longitudes, podemos asignar un valor de intensidad (en newton) a la fuerza paralela al desplazamiento. Así, podemos escribir:



$$W = F_{//} \cdot \Delta x$$

Observaciones a la definición de trabajo

- Si no hay desplazamiento, entonces el trabajo realizado por la fuerza es nulo. En este caso, es necesario recordar que la definición de trabajo es estricta, de manera que si la fuerza no produce desplazamiento, aunque nos cansemos o “gastemos” energía, sin desplazamiento no hay trabajo.

$$W = 0$$



Si únicamente sostenemos el cuerpo, aunque nos cansemos, no realizamos trabajo porque no hay desplazamiento

- Si la fuerza es perpendicular al desplazamiento, entonces el trabajo realizado por dicha fuerza es nulo.

$$W = 0$$



Si caminamos de manera horizontal, la fuerza vertical con la que sostenemos la caja no realiza trabajo alguno puesto que no tiene proyección sobre el desplazamiento.

- Cuando la fuerza es opuesta al desplazamiento, entonces el trabajo se considera negativo, tal como ocurre con el trabajo realizado por el roce.
- El trabajo neto (W_N) corresponde al trabajo realizado por la fuerza neta, y también es equivalente a la suma de los trabajos realizados por todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo (incluyendo al roce que realiza trabajo negativo):

$$W_N = W_1 + W_2 + W_3 + W_{roce} + W...$$

El trabajo es una magnitud escalar, sin embargo, en ausencia de roce es independiente de la trayectoria del cuerpo. Esta situación queda claramente de manifiesto cuando se observa el trabajo realizado por la fuerza peso (como se verá más adelante).

Apliquemos

1. Un carrito de juguete de 30 kg se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal sin roce. Mediante una fuerza paralela al piso, el cuerpo se desplaza 20 metros, con una aceleración de 2 m/s². De acuerdo con esta información: ¿cuál es el valor de la fuerza ejercida sobre el carrito? ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por dicha fuerza?
2. Un cuerpo de 20 kg se mueve horizontalmente con una velocidad inicial de 10 m/s sobre una superficie que ejerce sobre él una fuerza de roce cinético de módulo 100 N. Determina la distancia que recorre antes de detenerse. ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por la fuerza de roce en este proceso?
3. Un piano de 200 kg descansa sobre una superficie horizontal y es arrastrado 10 metros, mediante una fuerza paralela al piso de 1200 N. Si el coeficiente de roce cinético entre la superficie y el piano es 0,4 determinar:
 - ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por la fuerza?
 - ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por el roce?
 - ¿Cuánto es el trabajo neto sobre el cuerpo?

Potencia mecánica

Exploremos

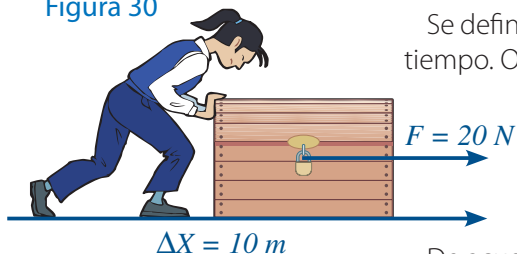
Imagina la siguiente situación y trata de encontrar la respuesta a las preguntas que se plantean:

Víctor y Leonardo son dos compañeros que tienen la misma masa. En una competencia, ambos suben una colina por el mismo camino. Sin embargo, Leonardo llega antes que Víctor. ¿Cuál de los dos realiza más trabajo? ¿En qué se diferencia el trabajo realizado por Víctor respecto al de Leonardo?

C Concepto clave

La **potencia mecánica** es una medida de la rapidez con que se realiza trabajo. Corresponde a la cantidad de trabajo realizado en una unidad de tiempo.

Figura 30



$$P = \frac{W}{t} \rightarrow \frac{W}{t} = \text{watt (w)}$$

Contrario a lo que podría sugerirnos el sentido común, la niña realiza exactamente el mismo trabajo, ya que aplica la misma fuerza y produce el mismo desplazamiento. Sin embargo, hay algo que cambia: y es "la rapidez con que realiza el trabajo". Es decir, varía la potencia.

Se define la potencia como la cantidad de trabajo realizado en una unidad de tiempo. Operacionalmente, la potencia se define como:

De acuerdo con la definición de trabajo, podemos escribir:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{s} = F \cdot \frac{\Delta x}{t}$$

$$P = F \cdot V_{\text{media}}$$

P Para tener en cuenta

Cuando se trabaja con máquinas o procesos de gran magnitud, es común que la potencia se exprese en múltiplos de watt, como:

1kW (kilowatt) = 10^3 watt

1MW (megawatt) = 10^6 watt

Aplicamos

1. El motor de un monopatín eléctrico desarrolla una potencia de 1,5 kW. Si funciona durante 2 minutos, ¿cuánto trabajo realiza?
2. Si un niño se sube al monopatín de la pregunta anterior, se observa que viaja con una rapidez constante de 2 m/s. ¿Cuál es la fuerza ejercida por el motor para empujar el sistema?
3. Una maleta de 12 kg se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal sin roce. Al ser empujada por una fuerza paralela al piso, se mueve con una aceleración de 0,5 m/s². Determina el trabajo realizado y la potencia desarrollada por la fuerza al cabo de 10 segundos.

Exploremos

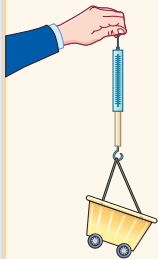
Trabaja en tu cuaderno: ¿de qué depende el trabajo realizado para levantar un cuerpo verticalmente?, ¿qué ocurre si en vez de levantarlo verticalmente empleamos un plano inclinado?

1. Ubica la tabla, apoyando uno de sus extremos en el piso y el otro en el borde de la silla, tal como se muestra en la Figura 31:

Figura 31



Figura 32



- a) Con la huincha mide la altura de la silla y el largo de la tabla.
- b) Con el dinamómetro, mide la fuerza necesaria para levantar verticalmente el carrito hasta la altura de la silla (Figura 32).
- c) Con este valor y la medida anterior, calcula el valor del trabajo necesario para subir el carrito hasta la silla. ¿Qué valor obtienes?

2. Empleando el plano inclinado formado por la tabla sube lentamente el carrito hasta la silla, como se muestra en la Figura 33.

Si subes el carrito de manera uniforme, la medida del dinamómetro se mantendrá constante (fuerza).

- a) En estas circunstancias, la fuerza necesaria, ¿es mayor o menor que cuando se sube verticalmente?
 - b) ¿En cuál de las dos situaciones el trabajo es mayor?
 - c) Verifica tu predicción, calculando y comparando el valor del trabajo en ambos casos. ¿Qué observas?
 - d) ¿A qué se debe lo observado?
3. Repite el experimento, variando la longitud de la tabla para la misma altura y mide en cada caso la fuerza empleada y la longitud recorrida. Completa en tu cuaderno una tabla como la siguiente:

Longitud	Fuerza	Trabajo
<div style="text-align: center;"> </div>		

4. ¿Qué puedes concluir respecto del trabajo realizado para levantar un cuerpo (en contra del peso) hasta determinada altura?

H Habilidades y destrezas

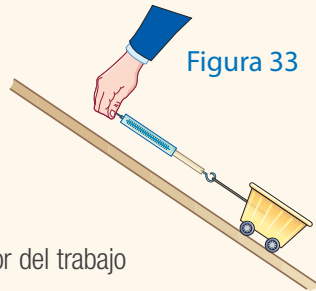
Predecir
Medir
Calcular
Contrastar
Comprobar
Fundamentar
Tabular
Concluir

M

Materiales

- 1 silla.
- 1 carrito con ruedas.
- 1 dinamómetro.
- 1 tabla o trozo de madera lisa y rígida (de aproximadamente 1,5 m de largo por 15 ó 20 cm de ancho).
- Huincha de medir.

Figura 33



2. Energía potencial gravitatoria

Exploremos

Reflexiona acerca de la siguiente situación:

Si dejamos caer un martillo sobre un clavo, aplicamos una fuerza sobre él y lo desplazamos, es decir, realizamos trabajo mecánico.

¿Por qué realizamos mayor trabajo cuando dejamos caer el martillo desde mayor altura, si la fuerza peso es la misma?

Concepto clave

La **energía potencial gravitatoria**, es la energía que posee un cuerpo debido a su altura sobre la superficie terrestre. Esta energía es equivalente al trabajo que se debería realizar en contra del peso para subir a dicho cuerpo, desde el suelo hasta su altura.

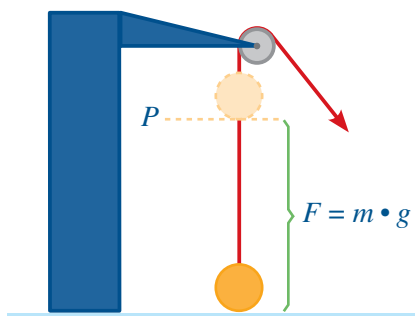


Figura 34

Consecuentemente con lo que hemos planteado al inicio del Capítulo, para realizar trabajo se requiere energía. Podemos preguntarnos entonces, ¿qué ocurre con la energía cuando realizamos trabajo?

Para buscar una respuesta a la pregunta, consideremos el experimento realizado en la página anterior: cuando dejamos el cuerpo a cierta altura dicho cuerpo tiene la posibilidad de caer y producir algún efecto. Es decir, el cuerpo queda con energía.

Al realizar trabajo para levantar un cuerpo, lo que hacemos es transferirle energía potencial gravitatoria (U). Esta energía, operacionalmente, es equivalente al trabajo realizado en contra del peso para llevar al cuerpo desde el suelo hasta su posición final a cierta altura.

Supongamos que mediante un sistema de polea simple (Figura 34) se pretende subir con rapidez constante, un cuerpo de masa m hasta la altura h sobre el suelo. Para ello se aplica en la cuerda una fuerza equivalente al peso ejercido sobre el cuerpo ($F = m \cdot g$). La energía potencial con que queda el cuerpo es equivalente al trabajo realizado para levantar al cuerpo, como se muestra a continuación:

$$U = W$$

$$U = F \cdot h$$

$$U = m \cdot g \cdot h \rightarrow \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{joule (J)}$$

Tal como hemos observado en la actividad de la página anterior, el trabajo realizado en contra de la fuerza peso, es independiente de la trayectoria. Por lo tanto, independientemente de la forma en que un cuerpo sea levantado, su energía potencial siempre estará determinada operacionalmente por la última ecuación.

Para discutir en clases

Un día de primavera, Jimena sube un cerro en 3 horas y media. Sin embargo, en un caluroso día de verano, sube el mismo cerro pero en 5 horas. ¿En qué estación del año Jimena realiza más trabajo? ¿En qué se diferencia el trabajo realizado en primavera respecto del realizado en verano?

3. Energía cinética

Exploremos

Busca la explicación a esta situación:

Durante una práctica de exhibición, con una manguera un bombero lanza un chorro de agua sobre una caja y la mueve a lo largo de cierto trecho, es decir, realiza trabajo sobre ella. Si sabemos que al igual que todos los cuerpos el agua no “tiene” ni “lleva” fuerza, ¿cómo puede realizar trabajo sobre el cuerpo?

Como ya sabemos, el trabajo es una forma de transferir energía a un cuerpo. Hemos observado el caso en donde se realiza un trabajo en contra del peso, sin embargo, ¿qué ocurre con el trabajo cuando empujamos horizontalmente un cuerpo mediante una fuerza neta?

Supongamos que un carrito de juguete se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal sin roce. Si lo empujamos de forma paralela a la superficie, con una fuerza neta F_N , el cuerpo se pondrá en movimiento y quedará con una energía que llamamos cinética (de movimiento).

La energía cinética (K) (Figura 35) o energía del movimiento, es la que posee un cuerpo debido a su movimiento y es proporcional a su masa y al cuadrado de su rapidez, como lo describe la siguiente expresión:

$$K = \frac{mV^2}{2}$$



En esta expresión, si la masa se expresa en $[kg]$ y la rapidez en $[m/s]$, es fácil demostrar que la energía cinética se mide en joules $[J]$.

$$K = \frac{mV^2}{2} \rightarrow kg \cdot \left[\frac{m^2}{s^2} \right] = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m = N \cdot m = \text{joule } [J]$$

Apliquemos

1. Una pelota de 400 gramos es impulsada hacia arriba y sube hasta una altura de 12 metros, ¿cuál es el valor de la energía potencial que alcanza?
2. Un futbolista patea una pelota de 500 gramos y la impulsa con una rapidez de 54 km/h . ¿Cuál es la energía cinética (medida en joules) con que se mueve la pelota?
3. Un autito de juguete (de masa 100 gramos) se mueve horizontalmente con una energía cinética de 1,25 J . ¿Con qué velocidad se mueve el cuerpo?
4. Una bola de pool (A) de 200 gramos se mueve a 4 m/s . Choca con otra bola idéntica que se encuentra en reposo (B) y le transfiere la cuarta parte de su energía cinética. ¿Con qué rapidez se mueve cada bola después del impacto?

Concepto clave

La **energía cinética** es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento. Operacionalmente es proporcional al producto entre el cuadrado de la rapidez y la masa del cuerpo.

Trabajo neto y energía cinética

Supongamos que una pelota se mueve con velocidad constante sobre una superficie horizontal. En cierto momento, Sergio patea la pelota de forma paralela a su movimiento, ¿qué ocurre con su energía cinética?

Evidentemente la energía cinética de la pelota experimentará un cambio ya que al aplicar una fuerza produciremos una aceleración y, por consiguiente, una variación en la velocidad.

En realidad, aunque efectivamente es la fuerza neta la que produce las variaciones en la energía cinética al alterar la velocidad, podemos establecer una relación cuantitativa entre el trabajo que realiza dicha fuerza y la variación de la energía cinética:

Supongamos que el carrito de esta página (Figura 36) se mueve con cierta velocidad inicial V_0 (y, por consiguiente, con energía cinética K_0). Si aplicamos una fuerza neta paralela a su movimiento F_N , a lo largo de un desplazamiento ΔX , realizaremos un trabajo neto W_N que podemos calcular como:

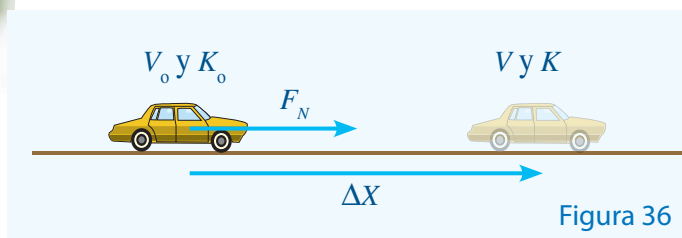


Figura 36

Concepto clave

El **trabajo** es una forma de transferir energía. En efecto, el trabajo neto realizado sobre un cuerpo es equivalente a la variación de energía cinética experimentada por dicho cuerpo.

$$W_N = F \cdot \Delta X$$

$$W_N = m \cdot a \cdot \Delta X$$

Como este movimiento es uniformemente acelerado (de acuerdo con la segunda ley de Newton) tenemos que el desplazamiento es:

$$\Delta X = \frac{(V + V_0)}{2} \cdot t \quad \text{y} \quad a = \frac{(V - V_0)}{t}$$

Por lo tanto, podemos escribir:

$$\begin{aligned} W_N &= m \cdot a \cdot \Delta X \\ W_N &= m \cdot \frac{(V - V_0)}{t} \cdot \frac{(V + V_0)}{2} \cdot t \\ W_N &= \frac{m \cdot t}{2 \cdot t} [(V + V_0) \cdot (V - V_0)] \end{aligned}$$

Si desarrollamos la “suma por diferencia” entre corchetes, tenemos que:

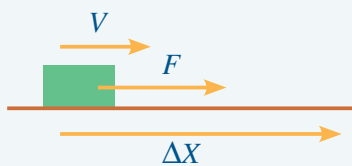
$$W_N = \frac{m}{2} \cdot (V^2 - V_0^2) = \frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2}$$

$$W_N = K - K_0$$

$$W_N = \Delta K$$

El trabajo realizado por la fuerza neta sobre un cuerpo es equivalente a la variación de energía cinética experimentada por dicho cuerpo.

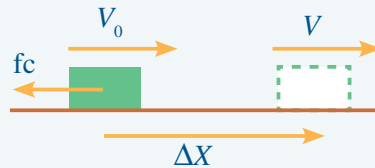
Si la fuerza neta sobre el cuerpo favorece el movimiento de este, entonces el trabajo realizado es positivo, y el cuerpo aumentará su energía cinética.



$$W = F \cdot \Delta X > 0$$

$$W > 0 \Rightarrow \Delta K > 0 \Rightarrow K > K_0$$

Si la fuerza neta sobre el cuerpo se opone al movimiento, como ocurre cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie con roce, el trabajo realizado es negativo, y el cuerpo disminuye su energía cinética.



$$W = f_c \cdot \Delta X < 0$$

$$W < 0 \Rightarrow \Delta K < 0 \Rightarrow K < K_0$$



Para tener en cuenta

Las fuerzas disipativas provocan una disminución de la energía en el cuerpo.

A diferencia del trabajo realizado en contra del peso, que es independiente de la trayectoria, el trabajo realizado por las fuerzas de roce mecánico, sí depende de la trayectoria del cuerpo. En efecto, decimos que las fuerzas de roce son fuerzas disipativas, ya que al actuar sobre el cuerpo hacen que este disipe o “pierda” energía, normalmente en forma de calor que es transferido a las superficies de contacto o al medio.

Las fuerzas que realizan trabajo de manera independiente de la trayectoria se denominan fuerzas conservativas.

Para discutir en clases

Un automóvil de 850 *kg* de masa se mueve a 36 *km/h*. En cierto instante comienza a acelerar de manera constante y después de haber recorrido 100 metros, su velocidad ha aumentado a 90 *km/h*. ¿Cuál es el valor del trabajo hecho por la fuerza neta sobre el vehículo? ¿Cuál es el valor de la fuerza neta ejercida en el proceso?

4. Energía mecánica

Exploremos

Un gran avión de pasajeros se encuentra volando a una altura aproximada de 10 km de altura y viaja a una velocidad de 700 km/h, ¿puede realizar algún trabajo este vehículo? ¿Por qué?

C Concepto clave

Energía mecánica: esta energía permite realizar transformaciones y trabajo mecánico.

La **energía mecánica** es la que poseen los cuerpos o sistemas debido a su movimiento o posición respecto de la superficie de la Tierra. En otras palabras, la energía mecánica está compuesta por la suma de las energías cinética (K) y potencial gravitatoria (U). Estas energías, como lo hemos señalado anteriormente, dependen de la velocidad y la altura sobre la superficie de la Tierra, respectivamente.

$$E_{\text{mecánica}} = K + U$$

En las páginas anteriores se ha comentado que el trabajo mecánico es una forma de transferir energía a un cuerpo, ya sea subiéndolo hasta determinada altura (energía potencial gravitatoria) o impulsándolo con una fuerza neta (energía cinética). En efecto, podemos escribir que:

$$W = \Delta E$$

Un cuerpo posee energía mecánica cuando tiene la capacidad de realizar trabajo mecánico. Del mismo modo, si realizamos trabajo mecánico sobre un cuerpo, podemos transferirle energía mecánica.



Transformaciones de la energía

¿Cómo responderías las preguntas para este caso?

Cuando subimos un cerro realizamos un trabajo en contra de la fuerza peso para llevar nuestro cuerpo hasta determinada altura. ¿De dónde obtenemos energía para este proceso?

Al bajar el cerro disminuye nuestra energía potencial, ¿qué se hace con esta energía? ¿Se transforma en algo?

Como aprendiste en la enseñanza básica, la energía tiene la particularidad de presentarse en múltiples formas: luminosa, eléctrica, química, calórica, etc.



También recordarás que la energía no solo puede presentarse en cualquiera de sus formas, sino que además, está transformándose constantemente. Por ejemplo, los alimentos tienen almacenada energía química, la cual mediante el proceso de digestión es transferida al cuerpo humano, el que la deja "almacenada", o bien, la ocupa para los diversos procesos vitales.

En todos estos procesos, la energía solo se transfiere de un cuerpo a otro o se transforma de una forma a otra, pero no se "pierde". Es decir, no se "gasta" no se "aniquila", como tampoco se "fabrica"; sino que se obtiene a través de la transformación.

Conservación de la energía mecánica

Los procesos de transformación de la energía también se producen entre la energía cinética y la energía potencial. En efecto, si lanzamos verticalmente hacia arriba una pelota, podemos darnos cuenta de que esta disminuye paulatinamente su velocidad y, por consiguiente, su energía cinética, sin embargo, al mismo tiempo aumenta su altura y su energía potencial. Es decir, la energía cinética se puede transformar en potencial y esta en cinética cuando el cuerpo cae.

"En un sistema sin roce, y en ausencia de fuerzas externas, la energía mecánica se conserva constante".

Este postulado se conoce también como el principio de conservación de la energía mecánica. En otras palabras, plantea que la energía puede transformarse o transferirse, pero la suma de las energías cinética y potencial en cualquier instante, es siempre la misma, como se muestra en la Figura 37.

En ella se muestra a un acróbata de 70 kg que se deja caer ($V_0 = 0$) desde una plataforma de 3 metros de altura. Al inicio de su caída solo posee energía potencial gravitatoria (2100 J), a medida que va cayendo, su altura disminuye y con ella, su energía potencial. Sin embargo, al caer, su velocidad aumenta paulatinamente y, por consiguiente, también aumenta su energía cinética. Cada disminución de energía potencial es compensada con el correspondiente aumento de energía cinética, de tal forma que la energía mecánica total se mantiene constante. Obviamente, en este caso despreciamos los efectos del roce. Cuando el acróbata llegue al suelo, toda su energía potencial se habrá transformado en energía cinética. Es decir, su energía potencial será nula (0) y su energía cinética, de 2100 J .

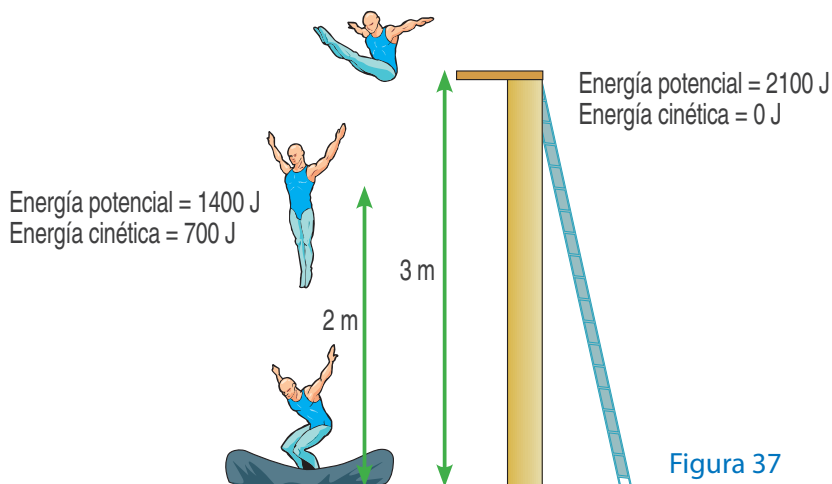
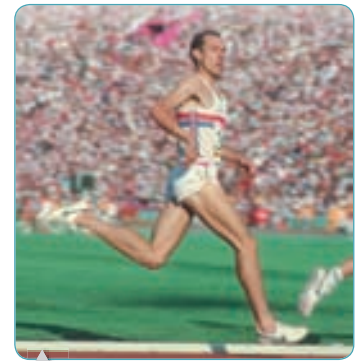


Figura 37



Cuando una persona se encuentra corriendo, decimos que tiene energía cinética, la que obtiene transformando parte de la energía obtenida de sus alimentos.



Asimismo, al subir un cerro el niño adquiere energía potencial. Este proceso, también lo realiza transformando la energía obtenida de los alimentos.



Para tener en cuenta

La energía, al igual que otras magnitudes de la física, no tiene una definición exacta, sin embargo, podemos caracterizarla como una propiedad de la materia que se presenta en diversas formas y permite realizar transformaciones. Sumado a esto, la energía se puede transformar y transferir de una forma en otra y de un cuerpo a otro.

P Para tener en cuenta

En todos los procesos de transformación que ocurren en un sistema cerrado y sin roce, el total de la energía mecánica se conserva constante. Es decir, en la misma medida que el sistema disminuye su energía potencial, aumenta su energía cinética y viceversa.

Del mismo modo, si un cuerpo del sistema “pierde” energía, necesariamente otro cuerpo “gana” energía en la misma cantidad.

Representación gráfica de la energía mecánica

De acuerdo con la conservación de la energía, un cuerpo que cae de manera libre desde cierta altura h_c , a medida que transcurre el tiempo disminuye su altura y, por consiguiente, su energía potencial. Sin embargo, paulatinamente aumenta su rapidez y, por consiguiente, su energía cinética, en la misma proporción que disminuye su energía potencial. En efecto, la energía potencial es la que se transforma en energía cinética a medida que transcurre el tiempo.

¿De qué manera varían estas energías a medida que el cuerpo va cayendo?

Cuando el cuerpo cae libremente, la ecuación que permite determinar la distancia recorrida verticalmente (es decir, la altura caída) respecto del tiempo es:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Por lo tanto, la altura a la que se encuentra el cuerpo respecto del suelo en cada instante está dada por:

$$h = h_c - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Por su parte, la rapidez del cuerpo a medida que transcurre el tiempo, está dada por:

$$V = g \cdot t$$

Por ejemplo, si un cuerpo de 2 kg se deja caer libremente ($V_0 = 0$) desde un acantilado de 180 metros ($h_c = 180 \text{ m}$), su altura y rapidez en cada instante están dadas por la Tabla 5:

Apliquemos

Construye los gráficos para cada una de las energías respecto del tiempo. ¿Cómo varían las energías respecto del tiempo, para un cuerpo que cae libremente?

t(s)	h (m)	V (m/s)
0	180	0
1	175	10
2	160	20
3	135	30
4	100	40
5	55	50
6	0	60

Tabla 5

Formulación matemática del principio de conservación de la energía mecánica

Exploremos

Una pelota de 1 *kg* de masa se mueve horizontalmente a 20 *m/s*. Si transforma toda su energía cinética en potencial, ¿hasta qué altura llegaría el cuerpo?

Si el cuerpo tuviese el triple de masa, ¿hasta qué altura subiría?

¿Qué puedes concluir?

Supongamos un carrito de montaña rusa (Figura 38) que se mueve debido a su propia inercia, es decir, sin una fuerza (motor) actuando sobre él. Del mismo modo, supondremos que no hay roce mecánico. En estas condiciones, la energía mecánica de este cuerpo se conserva constante al moverse desde el punto A hasta el punto B.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía mecánica, podemos escribir que:

$$E_{\text{mecánica}} = \text{constante}$$

$$E_B = E_A$$

$$U_B + K_B = U_A + K_A$$

$$m \cdot gh_B + \frac{m \cdot V_B^2}{2} = m \cdot gh_A + \frac{m \cdot V_A^2}{2}$$

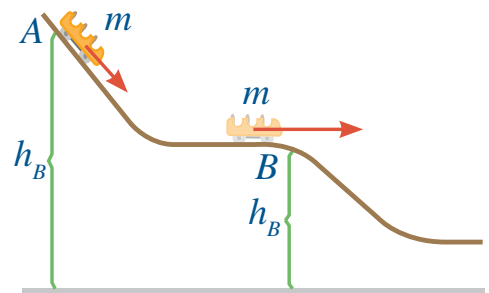


Figura 38

Como la masa es un factor en cada uno de los miembros de la ecuación, podemos simplificar y tenemos:

$$gh_B + \frac{V_B^2}{2} = gh_A + \frac{V_A^2}{2}$$

Es decir, la conservación de la energía mecánica es independiente de la masa del cuerpo.

Para discutir en clases

En una prueba de funcionamiento, un carrito de montaña rusa (vacío) se mueve horizontalmente sobre una rampa ubicada a 12 metros de altura con una velocidad de 20 *m/s*, el carrito sube por una pendiente con su impulso y salta hacia el vacío. ¿Cuál es la máxima altura a la que puede subir el carrito, despreciando los efectos del roce?

5. Roce y conservación

Exploremos

Intenta una respuesta para este caso:

Supón que un ciclista se mueve debido únicamente a la inercia (sin pedalear). Al llegar a una esquina, aplica los frenos y se detiene por completo. ¿Qué ocurre con su energía cinética? ¿Se conserva la energía en este caso?

Para tener en cuenta

Al establecer el calor como una forma de energía, se puede decir, con toda propiedad, que la energía siempre se conserva, ya que en el caso mostrado al inicio se puede demostrar que la energía mecánica inicial (A), es igual a la energía mecánica final con que queda el cuerpo (B), más la energía térmica (calor) disipada.

$$E_A = E_B + Q \text{ (calor)}$$

Normalmente ignoramos la existencia de las fuerzas de roce mecánico y trabajamos con situaciones prácticamente ideales. Sin embargo, hay ciertas situaciones en las cuales resulta imposible despreciar la existencia de las fuerzas de roce, como por ejemplo, cuando un cuerpo cae desde una altura muy grande, ya que de una u otra forma, el rozamiento con el aire afectará su caída. De hecho, en situaciones más cercanas a nuestra vida cotidiana, también el roce actúa afectando el movimiento, como ocurre en la situación que ilustra la Figura 39.

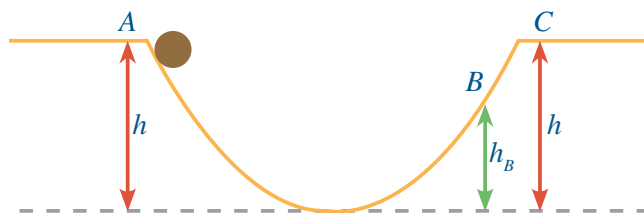


Figura 39

Acá, si soltamos el cuerpo en el punto A, este no será capaz de llegar al punto C aunque esté a la misma altura que el punto A. Esto se debe a que la fuerza de roce le hará perder energía, de tal forma que solo llegará hasta la altura h_B .

En este proceso, al igual que en el caso de un paracaidista que desciende desde un avión, la energía mecánica no permanece constante sino que disminuye. Esto se debe a que las fuerzas de roce o fricción transforman parte de la energía en calor, el cual se disipa al ambiente (de ahí el nombre de fuerzas disipativas).

Precisamente, debido a la existencia de fuerzas disipativas, la formulación de un principio de conservación de la energía solo se hizo realidad recién en el Siglo XIX. En efecto, fue necesario reconocer que el calor que se genera al friccionar dos superficies (como hacemos para calentar nuestras manos en invierno) es una forma de energía (Figura 40).

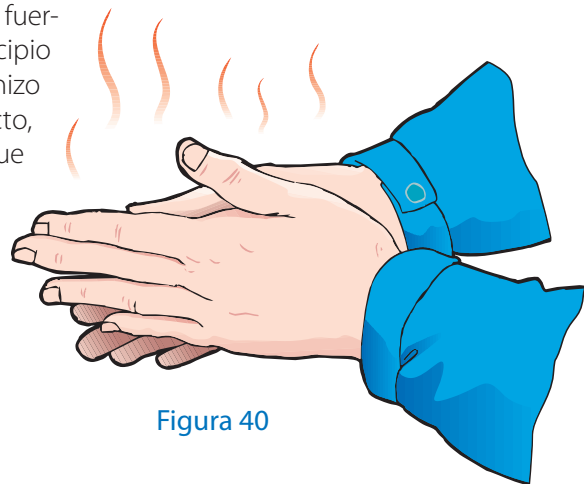


Figura 40

Actividad experimental

Objetivo

- Como ya hemos comentado, un cuerpo que se desliza sobre una superficie puede “perder” energía debido al roce mecánico. En esta actividad observaremos la “pérdida” de energía que experimenta un cuerpo debido al rebote.

Materiales

- 1 pelota de tenis u otra de goma, pero de buena calidad, que rebote sin problemas y cuya masa sea conocida (pueden masarla en el laboratorio del colegio o pedirle al encargado de algún negocio que lo haga en una balanza).
- 1 huincha de medir.
- 1 de papel engomado (masking tape).
- 1 trozo de alfombra.
- 1 cartón poroso.
- Arena.
- 1 trozo de género.

Ahora a experimentar

- Ubica un pasillo del colegio cuyo piso sea de un material duro, como cerámica, baldosa u hormigón. Con papel engomado haz una marca en la pared a una altura aproximada de 1,5 m respecto del suelo. Desde dicha altura, deja caer libremente la pelota elegida y pide a un compañero que registre la altura hasta la cual sube la pelota después de rebotar en el piso (para ello, hagan primero una marca con la cinta y luego, midan con la huincha la altura).
- Mediante la aplicación de las ecuaciones para la energía potencial, determinen el valor de la “pérdida” de energía experimentada por la pelota (de tenis o de goma). ¿A qué porcentaje respecto de la energía original corresponde la pérdida?
- Repite varias veces el experimento para diferentes alturas respecto del suelo. En todos los casos calcula la disminución de energía debido al rebote a través de la diferencia y de la razón porcentual. ¿Existe alguna regularidad en la variación?
- ¿A qué atribuyes la “pérdida” de energía experimentada por la pelota en el rebote contra el piso?
- Si repetimos la experiencia manteniendo constante la altura inicial y variando la textura del piso sobre el cual rebotará la pelota (cerámica, alfombra, cartón, cartón cubierto de arena, género), ¿en cuál de ellos habrá más “pérdida” de energía y en cuál menos?

Verifica tu predicción y completa en tu cuaderno una tabla como la siguiente. ¿Qué puedes concluir?

Superficie	Variación de energía (%)
Cerámica	
Alfombra	
Cartón	
Cartón con arena	
Género	



Habilidades y destrezas

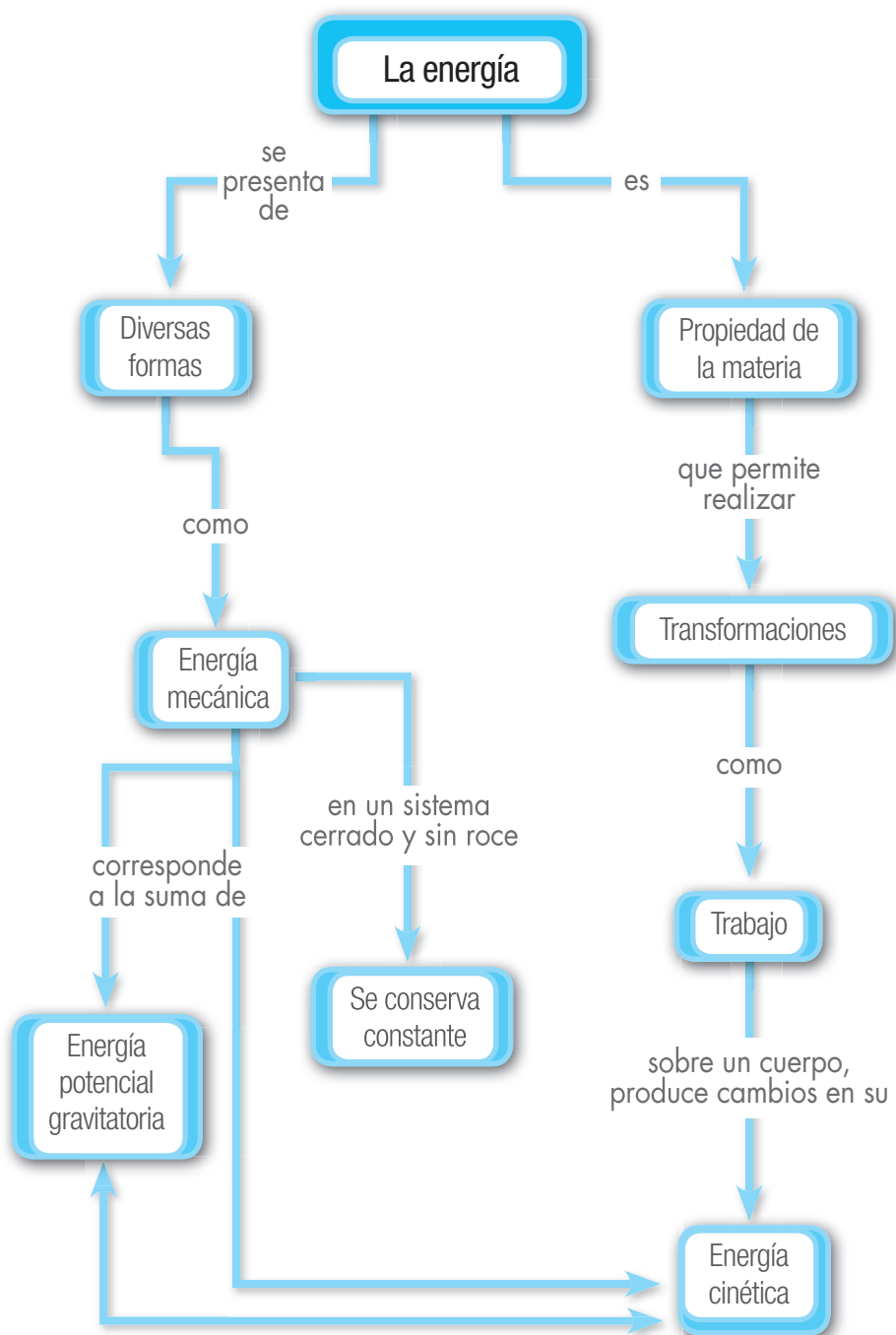
Predecir
Medir
Calcular
Contrastar
Comprobar
Identificar regularidades
Fundamentar
Tabular
Concluir

Investiga:

- ¿Qué significa que un medio o superficie sea “elástico”?
- ¿Cómo influye la elasticidad en la conservación de la energía en un “rebote”?
- ¿Cuál de las superficies experimentadas es más elástica?

La energía es una **propiedad de la materia** (y de los cuerpos) que se manifiesta como la capacidad para realizar **transformaciones** de diferente tipo, dentro de las cuales se encuentra el **trabajo mecánico**, cuya definición se restringe a la situación en la cual una fuerza aplicada sobre un cuerpo produce desplazamiento en la misma dirección en que actúa.

La forma en que se presenta la energía **puede variar** ya que esta se convierte en otros tipos diferentes además de transferirse desde un cuerpo a otro. En efecto, en un sistema cerrado y en ausencia de roce, la **energía mecánica** (compuesta por la **energía cinética** y **potencial gravitatoria**), se mantiene **constante**.



Evaluación

I. Casos para discutir

Caso 1: En determinado instante, un pequeño automóvil y un camión de alto tonelaje se mueven, debido a la inercia, con sus motores apagados, con idéntica energía cinética. Si la fuerza de roce que los frena es de igual magnitud para ambos vehículos, ¿cuál de ellos recorrerá más distancia antes de detenerse por completo?

Caso 2: Mientras Alberto pasea en bicicleta, reflexiona sobre la energía y murmura: “De acuerdo con la conservación de la energía y prescindiendo del roce, cuando lanzamos un cuerpo hacia arriba, su energía potencial aumenta en la misma cantidad que disminuye su energía cinética. Sin embargo, cuando subo una suave loma, pese al roce, puedo hacer que no disminuyan mi rapidez ni mi energía cinética. ... Pareciera que la conservación de la energía falla en este caso”. ¿Estás de acuerdo con el razonamiento de Alberto? ¿Por qué ocurre lo descrito?

Caso 3: Dos equipos de trabajadores de mudanzas compiten para subir un piano desde el suelo hasta un escenario ubicado a 2 metros de altura. El equipo A, lo hace levantándolo de manera vertical mediante una polea que ubican sobre el escenario. El equipo B, lo hace mediante una rampa de 8 metros de longitud. La competencia es ganada por el equipo B, ya que tarda la mitad de tiempo que el equipo A. Respecto de esta situación:

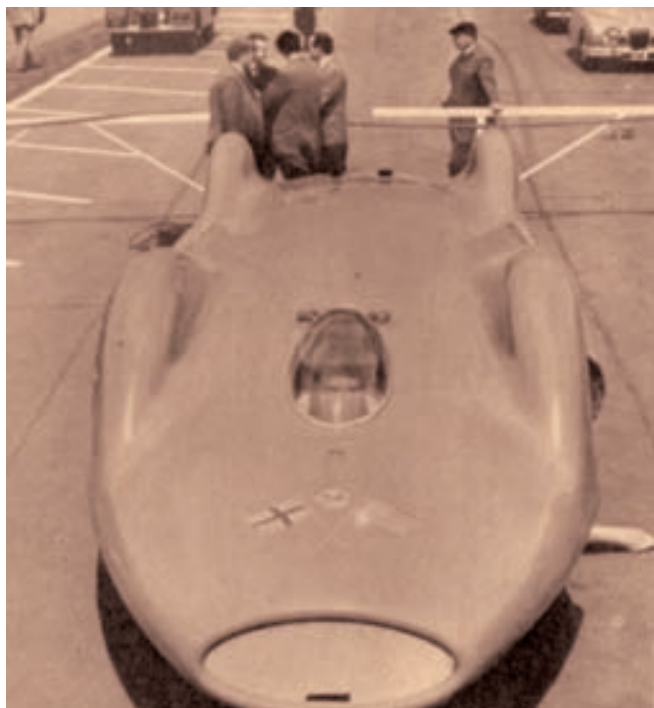
- ¿Qué equipo realiza mayor cantidad de trabajo?
- ¿Qué equipo desarrolla más potencia?
- ¿Cuál de los equipos tuvo que aplicar una fuerza de mayor intensidad?

II. Ejercitemos

- Sobre un cuerpo de 20 kg actúa una fuerza neta de manera tal que logra que este se mueva con una aceleración constante de 3 m/s^2 . ¿Cuál es el trabajo realizado y la potencia desarrollada por la fuerza neta en 20 segundos?
- Un hombre adulto se mueve con una potencia máxima de 100 Watts. Si corre con una rapidez constante de $1,2 \text{ m/s}$, ¿cuál es el valor de la fuerza ejercida por él sobre el suelo, prescindiendo del roce con el aire?
- En una máquina lanzadora, las pelotas se encuentran inicialmente en reposo y son impulsadas mediante aire comprimido a lo largo de un cañón de 60 cm de longitud, por lo que salen disparadas a 30 m/s . ¿Cuál es el valor del trabajo neto sobre las pelotas en la máquina? ¿Cuál es el valor de la fuerza (suponiéndola constante) que actúa sobre la pelota en el interior del cañón?
- Un disco de jockey de 150 gramos es impulsado por un jugador sobre un pasillo de madera y sale disparado con una rapidez de 25 m/s . Si se detiene luego de recorrer 40 metros, ¿cuál es el valor del trabajo hecho por el roce sobre el disco?, ¿cuál es el valor de la fuerza de roce? Suponiendo que la superficie es totalmente horizontal, ¿cuál es el coeficiente de roce cinético entre la superficie y el disco?
- Una esfera es soltada con cierta rapidez desde el punto h_A (a 60 metros de altura) y pasa por el punto h_B con una rapidez de 45 m/s . Si $h_A = 3 h_B$, ¿cuál es el valor de la rapidez de la esfera en h_A ? Cuando la esfera llega al punto h_B , salta de manera ascendente, ¿cuál es la máxima altura que esta puede alcanzar?
- Desde la azotea de un edificio se deja caer un cuerpo de 40 kg que tarda 7 segundos en llegar al suelo. ¿Cuál es el valor tanto de su energía cinética como de la potencial cuando han transcurrido 5 segundos desde que comenzó a caer?
- Un niño suelta una pequeña esfera de 5 kg desde lo alto de un tobogán sin roce. Cuando el cuerpo se encuentra a 4 metros de altura posee una energía mecánica de 500 J. ¿Desde qué altura fue soltada la esfera?
- Un niño se tira desde lo alto de un tobogán de 8 metros de alto. Suponiendo que no hay roce entre la superficie del tobogán y el cuerpo del niño, ¿con qué rapidez llegaría el pequeño al suelo?
- Una máquina lanzadora de pelotas impulsa verticalmente hacia arriba una pelota de 400 gramos con cierta rapidez V_0 . Cuando su energía cinética inicial se ha reducido a la tercera parte, su energía potencial es de 5000 J. Determina la rapidez inicial de la pelota.

En su edición N° 2887 del año 1960, una revista, en su sección “Hechos y Personajes” publicó la siguiente nota de actualidad. En ella se comenta acerca de un nuevo vehículo con el cual se espera batir el “récord” mundial de velocidad en tierra.

EL BÓLIDO BRITÁNICO



El automóvil “Bluebird” de Donald Campbell, de 4 mil hp., con el cual espera quebrar el “récord” mundial de velocidad en tierra, en septiembre, es mostrado en el círculo Goodwood, en Inglaterra, donde se le sometió a prueba de volante. Costó un millón de dólares la construcción del coche, del cual se espera que alcance 720 kilómetros por hora cuando Campbell intente la experiencia en Bonneville Salt Flats, Utah, Estados Unidos. El récord mundial, establecido para Gran Bretaña por John Cobb, es de 632 kilómetros por hora. El “bluebird”, con un motor Bristol Siddeley “Proteus”, mide 9 metros de largo por 2,40 de ancho, y pesa cuatro toneladas. Los neumáticos sobre llantas de acero de discos, miden 52 pul-

gadas de diámetro. El conductor va adelante protegido por una armadura de vidrio blindado, que sirve como parabrisas. 86 firmas británicas de la industria motorizada han contribuido al diseño y construcción del bólido.

Hoy tu desafío será:

Con la información del artículo te invitamos a desarrollar y resolver las siguientes preguntas:

1. ¿Qué significa que el automóvil tenga 4 mil hp? Investiga a qué corresponde esta unidad (hp) y establece su relación con la unidad del sistema internacional de unidades.
2. ¿Cuál es la potencia promedio del motor de un automóvil de carreras actual? ¿Qué rapidez alcanza?
3. Suponiendo que el “Bluebird” alcanzara su máxima velocidad en solo 20 segundos, ¿cuál sería el valor de la fuerza ejercida por su motor en este proceso, despreciando el roce?
4. ¿Qué técnicas se aplican actualmente para aumentar la velocidad promedio de un automóvil sin aumentar demasiado su potencia?

Proyecto científico

Como una forma de integrar, revisar y aplicar los conceptos estudiados en esta Unidad, te invitamos a desarrollar una actividad formando un equipo con dos compañeros más, en la que tendrás la oportunidad de diseñar y realizar un experimento científico, o profundizar tus conocimientos acerca de lo estudiado en la unidad.

A continuación te proponemos varios temas para que desarrolles un proyecto. Idealmente presenta un informe con el tema elegido.

Tema 1

Para realizar tu proyecto, te proponemos determinar experimentalmente el valor de la aceleración de gravedad (g) de una manera indirecta, empleando para ello un péndulo.

Organizados en grupos, investiguen en textos u otra fuente, de qué manera se relaciona el período de un péndulo con la aceleración de gravedad. A partir de esta información, diseña un experimento para determinar el valor de g , empleando el péndulo. Realiza el experimento y elabora un reporte que sea presentado al profesor y al resto de tus compañeros.

Tema 2

Ciencia "teatrera". Esta propuesta de proyecto, consiste en la dramatización de dos personajes situados en el Siglo XVII. Uno de ellos es Galileo Galilei, precursor de la ciencia experimental; y el otro es un científico de la época, imbuido de las ideas aristotélicas respecto del movimiento. Para esta actividad, deberán investigar acerca de las ideas de Galileo y su impacto en la sociedad de la época. Del mismo modo, deberán indagar cuáles eran los argumentos de sus detractores y cómo trataban de refutar sus teorías.

Tema 3

Periodistas de la ciencia. Para esta actividad, te proponemos que diseñes y elabores un periódico (diario) ambientado en 1687 con la noticia de que Newton publicó sus principios de la mecánica. Imaginar una entrevista al científico, poner artículos con las reacciones de la sociedad de la época, anuncios publicitarios, etc. Para esto, es necesario investigar en textos de ciencias y de historia y consultar a algún(a) profesor(a) de historia y/o de filosofía.

En qué consiste un proyecto:

Un proyecto es una serie de actividades para lograr un objetivo. Tienes que tener claridad sobre qué quieres hacer y para qué lo quieres hacer.

Un proyecto requiere como mínimo tres etapas que son:

Planificación: etapa de un proyecto en la que se organiza lo que se va a realizar, las actividades y tareas necesarias de hacer para cumplir con el objetivo propuesto.

Ejecución: etapa de acción en la cual se desarrolla el proyecto.

Evaluación: etapa final de un proyecto en la cual se analizan los resultados obtenidos y el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Difusión: es una etapa optativa de un proyecto cuyo objetivo es informar de manera efectiva los resultados de la evaluación. Esta etapa se puede realizar de diversas maneras, ya sea mediante un informe, una exposición, una publicación, etc.

Estructura de un informe de laboratorio:

El objetivo de la elaboración de informes es, en pocas palabras, entregar la información necesaria para que cualquier interesado pueda investigar o informarse acerca de una materia propia de un proyecto o investigación.

Existen diversos tipos de informes que se pueden elaborar para registrar el material producido por una investigación o proyecto. Aquí te presentamos una estructura básica de informe para que lo puedas elaborar:

- Índice o tabla de contenidos
- Resumen
- Objetivos (generales y específicos)
- Introducción
- Base teórica
- Procedimiento experimental (materiales y procedimientos)
- Resultados y análisis de los resultados
- Conclusiones
- Bibliografía (incluir las páginas web)



La energía es una propiedad de la materia que se puede presentar de diversas maneras y que se manifiesta como la capacidad de realizar transformaciones. Dentro de estas transformaciones, se encuentra el trabajo mecánico.

Para realizar un trabajo mecánico se requiere ejercer una fuerza, que es una acción recíproca entre dos o más cuerpos (interacción) y que produce cambios en la forma o en el movimiento de los cuerpos. Al aplicar una fuerza no solo se producen cambios en el movimiento de un cuerpo (aceleración), sino que también cambios en la energía cinética (o energía debida al movimiento).

El movimiento, por su parte, corresponde al cambio de posición que experimenta un cuerpo respecto de un sistema de referencia. Cuando un cuerpo experimenta algún cambio en su movimiento (trayectoria o velocidad), decimos que experimenta una aceleración, la cual es provocada por una fuerza neta no nula.

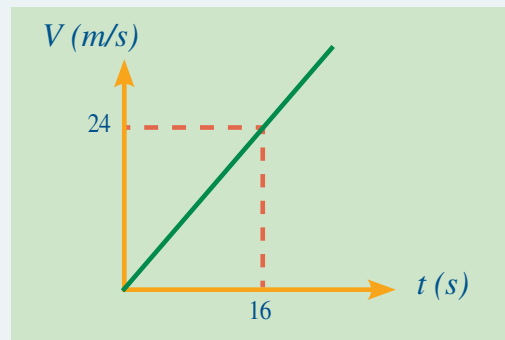
Evaluación de la Unidad

I. Casos para discutir

- Caso 1:** Marianela viaja en automóvil junto a su padre que conduce dicho vehículo. Cristián se encuentra sentado en un banco de la plaza y observa al vehículo pasar lentamente. Para un observador situado dentro del auto, ¿quién(es) se encuentra(n) en movimiento? ¿quién(es) está(n) en reposo?
- Caso 2:** José Luis afirma que un cuerpo puede realizar un movimiento acelerado, pero sin variar su rapidez. Luisa dice que es imposible, ya que la aceleración siempre produce cambios en la velocidad del cuerpo. ¿Quién de ellos tiene la razón? ¿Por qué?
- Caso 3:** Un grupo de estudiantes realiza una competencia que consiste en realizar una vuelta completa a la cancha de fútbol. El juez de la competencia dice: “ganará el primer corredor que realice un desplazamiento nulo”. ¿Es posible que un corredor gane realizando un desplazamiento nulo?
- Caso 4:** Alberto lanza una pelota de tenis verticalmente hacia arriba. ¿En qué punto de su trayectoria la velocidad y la aceleración del cuerpo son simultáneamente cero?
- Caso 5:** Mientras estudia las leyes de Newton, Claudia dice: “cuando un cuerpo se lanza sobre una superficie con roce, este se mueve con una velocidad que disminuye paulatinamente. Entonces, puedo concluir que cuando hay roce, el principio de inercia no se cumple”. ¿Estás de acuerdo con Claudia? ¿Por qué?
- Caso 6:** A Cristián le gusta entretenerse subiendo y bajando en el ascensor del edificio en el cual vive. Cierta día pone una balanza de baño en el piso del ascensor y se pone de pie sobre ella. Cuando el ascensor está detenido en el primer piso, la balanza marca 56 kg.
- a) Cuando el ascensor sube aceleradamente, la lectura de la balanza, ¿es mayor, menor o igual a 56 kg?
 - b) Cuando el ascensor se encuentra detenido en el último piso, la lectura de la balanza, ¿es mayor, menor o igual a 56 kg?
 - c) ¿Cómo es la lectura de la balanza cuando el ascensor baja aceleradamente hasta la planta baja?
- Caso 7:** Un pequeño automóvil y un camión de alto tonelaje, se mueven de forma rectilínea con idéntica energía cinética. Para detener a estos vehículos, se aplica sobre ellos una fuerza retardadora (opuesta a su movimiento), de igual magnitud para ambos. ¿Cuál de los dos recorre mayor distancia antes de detenerse, desde el momento en que se aplica la fuerza sobre ellos?
- Caso 8:** Rosita y Elías tienen similar contextura física y suben el mismo cerro por diferentes caminos. Rosita sigue el camino más largo rodeando el cerro y Elías corre en línea recta por una pendiente. Elías llega más cansado, pero lo hace en menor tiempo que Rosita. ¿Cuál de ellos realiza mayor trabajo para subir el cerro? ¿Cuál desarrolla mayor potencia?

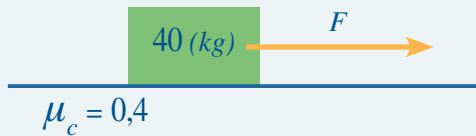
II. Ejercitemos

1. Esteban da tres vueltas completas a una pista circunferencial de 50 metros de radio, en un lapso de 18 minutos. ¿Cuál es la rapidez media de Esteban? ¿Cuál es el valor de la velocidad media en este movimiento?
2. Suponiendo que en condiciones “normales” el sonido se mueve en el aire con una velocidad de 340 m/s. ¿A qué distancia de nosotros se produce la caída de un rayo, si el estruendo se escucha aproximadamente 5 segundos después de observar el destello?
3. Desde una estación de trenes sale a las 09:00 horas uno hacia el Sur con velocidad constante de 90 km/h. A las 09:45 horas, sale desde la misma estación otro tren con velocidad constante de 110 km/h, pero hacia el Norte. ¿Cuál será la separación entre ambos trenes a las 10:45 horas, suponiendo que ambos mantienen su velocidad?
4. En la pregunta anterior, si el segundo tren sale en la misma dirección que el primero (hacia el Sur), ¿a qué hora el primer tren es alcanzado por el segundo? ¿A qué distancia de la estación se produce el alcance?
5. Un camión se mueve a 72 km/h y comienza a frenar con aceleración constante, de tal forma que alcanza el reposo después de 40 segundos. ¿Cuál es el valor de la aceleración del camión? ¿Qué distancia recorre antes de detenerse?
6. Un policía de tránsito se encuentra montado en su motocicleta frente a un semáforo esperando la luz verde. En cierto instante, observa a un automóvil que se acerca velozmente a 90 km/h y que no se detiene frente a la luz roja, sin embargo, justo en el instante que pasa, dan luz verde. El policía, decidido a cursarle una infracción, sale en su persecución con una aceleración constante de 1 m/s^2 . ¿Cuánto tarda el policía en alcanzar al automóvil? ¿A qué distancia del semáforo el automóvil es alcanzado por el policía?
7. A partir del movimiento de un cuerpo que cae deslizándose por un plano inclinado, se obtiene el siguiente gráfico, que ilustra cómo varía la velocidad de dicho cuerpo respecto del tiempo.



- a) ¿Cuál es el valor de la aceleración del cuerpo?
 - b) ¿Cuál es el valor del desplazamiento realizado por el cuerpo en los primeros 16 segundos de su movimiento?
 - c) Considerando que el cuerpo parte del origen del sistema de coordenadas ($X_0 = 0$), construye la ecuación de itinerario del móvil.
8. Un cuerpo se encuentra inicialmente en reposo sobre una superficie sin roce. Al empujarlo con una fuerza neta de 800 N, se pone en movimiento con una aceleración de 4 m/s^2 . ¿Cuál es la masa del cuerpo?
 9. Al empujar un piano de 150 kg sobre una superficie horizontal con una fuerza de 450 N paralela al piso, este instrumento se mueve con velocidad constante. ¿Cuál es el valor de la fuerza de roce? ¿Cuál es el valor del coeficiente de roce entre el piso y el piano?
 10. Un tractor de 1500 kg, arrastra un carro de 500 kg mediante una barra rígida. Si el motor del vehículo ejerce una fuerza de 800 N, y suponiendo una fuerza de roce despreciable, determinar:
 - a) ¿Cuál es el valor de la aceleración con que se mueve el sistema?
 - b) ¿Cuál es el valor de la fuerza ejercida sobre el carro mediante la barra?

11. En la figura, el cuerpo se mueve con una aceleración de 2 m/s^2 , al aplicar sobre él una fuerza horizontal de módulo F . Si el coeficiente de roce cinético entre el suelo y el cuerpo es $0,4$. ¿Cuál es el valor de F ?



12. Una pelota de 300 gramos se lanza verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de 40 m/s . ¿Cuál es la magnitud del cambio de momentum experimentado por la pelota desde el punto en que inicia su movimiento hasta el punto en que alcanza su máxima altura? Suponiendo que el roce es nulo, ¿cuál es la magnitud del cambio de momentum que experimenta la pelota entre el instante en que inicia el movimiento y el instante en que llega de vuelta?

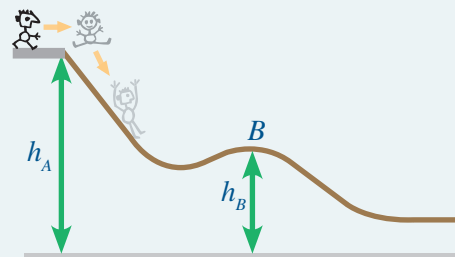
13. Un proyectil de 50 gramos se mueve a 50 m/s y se incrusta en un bloque de madera de 4 kg que se encuentra inicialmente en reposo sobre una superficie sin roce. ¿Con qué velocidad se mueve el conjunto después del impacto?

14. Una bola de *pool* de 300 gramos se mueve horizontalmente a 20 m/s e impacta a una pelota de tenis de 150 gramos que se encuentra inicialmente en reposo. Después del impacto, se observa que la pelota de tenis se mueve en forma rectilínea con una velocidad de 30 m/s . ¿Con qué velocidad queda la bola de *pool* después del impacto?

15. Una barra rígida de 4 m de longitud y masa despreciable se utiliza como palanca para mover una pesada roca de 500 kg . Si la distancia entre el punto de apoyo y la roca es la tercera parte del largo total de la barra, ¿cuál es el valor de la fuerza que se debe ejercer en el punto indicado en la figura para mover la roca?



16. Desde lo alto de un tobogán de 12 m de altura (h_A), tal como se muestra en la figura adjunta, se deja caer un niño, de tal forma que cuando pasa por el punto B, su velocidad es de 8 m/s . ¿A qué altura (h_B) se encuentra dicho punto?



17. Una pelota de 500 gramos se lanza verticalmente hacia arriba de tal forma que tarda 12 segundos en llegar a su altura máxima. ¿Cuál es el valor de su energía cinética cuando han transcurrido 6 segundos desde que es lanzada?