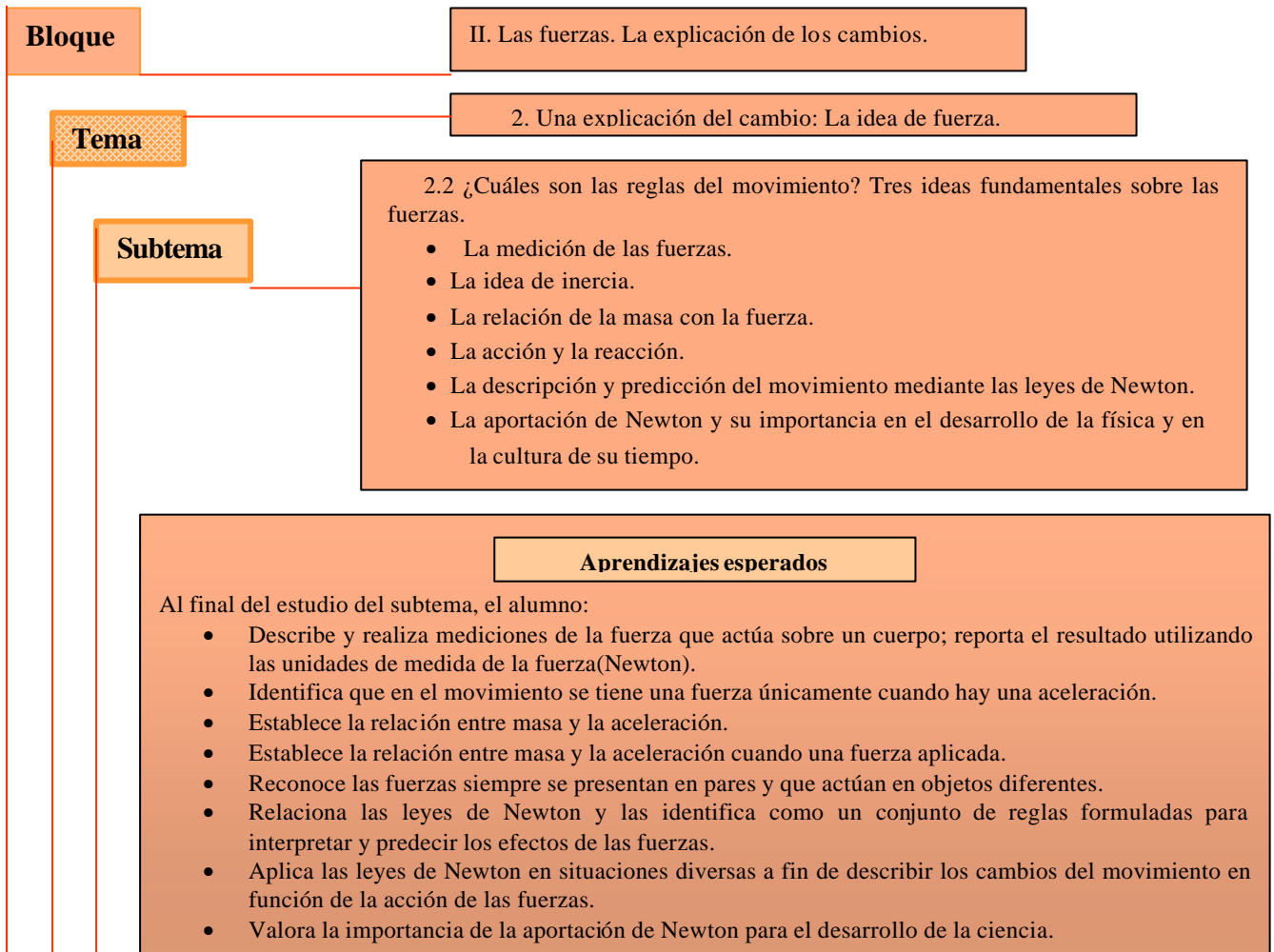


SECUENCIA DIDÁCTICA

I. REFERENTE PROGRAMÁTICO



II. ANTECEDENTES/IDEAS PREVIAS

Antecedentes con que cuentan los alumnos son de Ciencias Naturales. Tercer grado. Primaria en el bloque 4. El movimiento y Bloque I, subtemas 1.2 ¿Cómo describimos el movimiento de los objetos? y 2.2 ¿Cómo es el movimiento cuando la velocidad cambia? La aceleración.



Se incluye en la secuencia, un apartado de algunas respuestas que han dado los alumnos con respecto a unas situaciones para que sirva de antecedente en la orientación del contenido.

Ideas previas

Las que se citan en investigación¹ son:

Si hay movimiento, hay una fuerza actuando y si no hay movimiento, entonces no hay fuerza actuando

Un objeto en movimiento se para cuando su fuerza se acaba



Se incluye en la secuencia algunas ideas previas de los alumnos para que sean consideradas en la orientación de la reestructuración y construcción de conocimientos del tema.

¹ Driver, Rosalind et al. (2000), "Capítulo 21. Fuerza" "Capítulo 22. Movimiento horizontal", en *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*, México, Visor/SEP (Biblioteca de actualización del maestro) pp. 193- 208.

III. ESTRUCTURA DE LA SECUENCIA

Momento	Propósitos	Actividades	Evaluación	
	Nivel		Tipo/Productos	Criterios
Inicio	<p>Cualitativo</p> <p>Exponer un panorama general de las actividades que se van a realizar y el conocimiento de los criterios para la entrega de los productos. Identificar y recuperar por parte de los alumnos los aprendizajes relacionados con los conceptos velocidad, aceleración y fuerza. Proponer a los alumnos la identificación de las variables con sus respectivas unidades en la descripción de una situación.</p>	<p>Encuadre para el trabajo en clase y construcción de un mapa conceptual de fuerzas.</p> <p>Actividad 1. ¡Magia o ciencia! Realizar diversas actividades prácticas para la recuperación de conceptos velocidad, aceleración y fuerza.</p>	<p>Eval. Diagnóstica Elaboración de un mapa conceptual de fuerzas.</p> <p>Actividad 1. ¡Magia o ciencia! Solución a las preguntas que se plantean para cada situación. Elaboración de conclusiones.</p>	<p>Integración de conceptos.</p> <p>Actividad 1. ¡Magia o ciencia! Manejo de conceptos de velocidad, aceleración y fuerza para la interpretación de información en una situación (sistema). Manejo de magnitudes con sus unidades y el símbolo que la representa. Expresión oral y escrita en la argumentación en la resolución de una situación.</p>
Desarrollo	<p>Cuantitativo y Explicativo</p> <p>Reflexionar acerca de las ideas que plantea Galileo, como antecedentes para la idea de inercia. Efectuar una relación de las actividades con la 1ª. Ley de Newton.</p> <p>Realizar una actividad práctica para recuperar sus conocimientos de fricción. Analizar una situación para dar respuesta con el manejo del concepto de fricción.</p> <p>Relacionar la masa con la aceleración con la aplicación de una fuerza. Analizar una situación en dónde construya su representación explicativa y funcional en un sistema.</p>	<p>Actividad 2. ¡Experimentos mentales! Presentar los experimentos mentales que plantea Galileo que son antecedentes para establecer la 1ª. Ley de Newton. Realizar una actividad práctica para hacer una relación con la 1ª. Ley de Newton.</p> <p>Actividad 3. ¿Qué es eso llamado fricción? Realizar una actividad práctica con diferentes materiales para recuperar el concepto de fricción. Analizar una situación dando respuesta con el manejo de fricción.</p> <p>Actividad 4. ¿Qué significa: $F = m a$? Y ¡Vamos con la segunda! Realizar la actividad práctica en dos momentos: primero con la masa constante y variación de la fuerza, después con la fuerza constante y se varía la masa. Realiza mediciones de la fuerza que actúa en un cuerpo.</p>	<p>Eval. Formativa</p> <p>Actividad 2. ¡Experimentos mentales! Comentarios acerca de los experimentos de Galileo. Relación de las actividades con la 1ª. Ley de Newton.</p> <p>Actividad 3. ¿Qué es eso llamado fricción? Solución a las preguntas que se plantean para cada situación.</p> <p>Actividad 4. ¿Qué significa: $F = m a$? Y ¡Vamos con la segunda! Solución a las preguntas que se plantean en las actividades prácticas. Elaboración de conclusiones.</p>	<p>Actividad 2. ¡Experimentos mentales! Expresión oral y escrita en la argumentación (coherente y lógica) en la solución a la situación que se plantea.</p> <p>Actividad 3. ¿Qué es eso llamado fricción? Interpretación de la información que se presenta en la situación. Habilidad en el manejo de material.</p> <p>Actividad 4. ¿Qué significa: $F = m a$? Y ¡Vamos con la segunda! Selección y relación de manera causal y funcional, de las variables involucradas en la situación planteada. Manejo de unidades de medida de la Fuerza (Newton)</p>

Momento	Propósitos	Actividades	Evaluación	
	Nivel		Tipo/Productos	Criterios
Desarrollo	Cuantitativo y Explicativo	<p>Actividad 5. ¡Las fuerzas vienen en parejas! Y ¡Acción y reacción! Presentar diferentes situaciones para el análisis de la interacción de fuerzas entre reacción y acción.</p> <p>Actividad 6. ¡Sobre hombros de Gigantes! Realizar una lectura comentada acerca de las aportaciones de Newton a la ciencia.</p>	Eval. Formativa	<p>Actividad 5. ¡Las fuerzas vienen en parejas! Y ¡Acción y reacción! Selección y relación de manera causal y funcional, de las variables involucradas en las situaciones planteadas.</p> <p>Actividad 6. ¡Sobre hombros de Gigantes! Expresión escrita en la argumentación (coherente y lógica) en las conclusiones.</p>
	<p>Analizar la interacción entre las fuerzas de acción y de reacción. Analizar una situación en dónde construya su representación explicativa y funcional en un sistema.</p> <p>Importancia de las aportaciones de Newton en el desarrollo de la ciencia.</p>			

Cierre	Aplicación	<p>Actividad 7. ¡Que las fuerzas me acompañen!, Elevador y ¡La paradoja del burro!</p> <p>Aplicación de las leyes de Newton en la solución a diversas situaciones.</p>	Eval. Sumativa.	<p>Actividad 7. ¡Que las fuerzas me acompañen! ¡, Elevador y ¡La paradoja del burro!</p> <p>Solución a las preguntas que se plantean en las actividades prácticas. Escrito acerca de la importancia de las leyes en la explicación a situaciones cotidianas.</p>	<p>Actividad 7. ¡Que las fuerzas me acompañen! ¡, Elevador y ¡La paradoja del burro!</p> <p>Integración de conceptos fundamentales, uso del lenguaje simbólico e interpretación de las Leyes de Newton en la descripción y predicción de situaciones.</p>
	<p>Describir y predecir los cambios de movimiento en situaciones mediante las leyes de Newton..</p>				

IV. ACTIVIDADES SUGERIDAS

Tiempo total: 6 hrs.

Actividad de inicio 1.

Encuadre para el trabajo en clase.

Tiempo estimado: 10 min.

- Comentar acerca de las tres ideas fundamentales sobre las fuerzas con los alumnos para dar un panorama general de lo que se espera que aprendan.
- Establecer con los alumnos los productos y criterios a evaluar en cada una de las actividades que se van ir desarrollando.
- Todos los trabajos que se elaboren serán para formar un portafolios.

Ideas previas



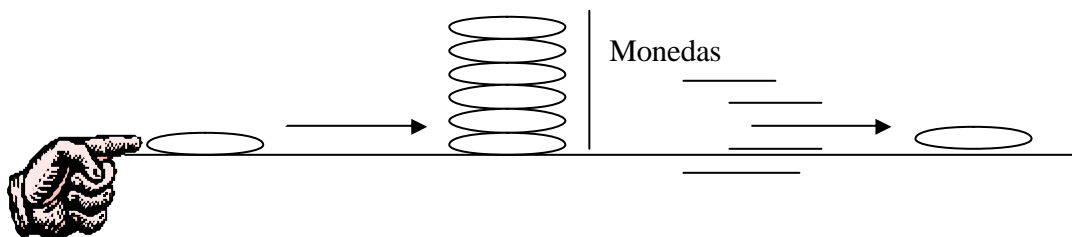
Conociendo que en la secuencia anterior al identificar las ideas de los alumnos se tenía una interpretación incorrecta de la fuerza como propiedad material de un cuerpo. Es por eso que se propiciaron actividades (andamiajes) que favorecieron la comprensión del concepto de fuerza. Ahora las actividades que se van a desarrollar parten de que los alumnos han trabajado ya lo que es fuerza, así como el equilibrio de fuerzas para la comprensión de las Leyes de Newton.

Solicitar a cada alumno, la elaboración de un mapa conceptual acerca de fuerzas. Posteriormente formar parejas para comentar su mapa y construir uno nuevo incorporando las aportaciones de ambos. Guardarlo en el portafolios para recuperarlo después.

¡Magia o ciencia!

Tiempo estimado: 50 min.

A) Organizar al grupo en equipos de 4 a 5 integrantes. En una superficie plana coloquen una pila de cinco a seis monedas de la misma denominación y elijan a un integrante del equipo para golpear con el dedo la moneda que se encuentra en la parte de abajo. Plantear una suposición de que va a suceder con las demás monedas que se encuentran en la parte superior. Realicen la actividad y contrasten su suposición con el resultado.



Posteriormente a la realización de la actividad, los alumnos contesten las siguientes preguntas:

- ¿Cuál fue la causa que cambiaron su estado de movimiento las monedas?
- ¿Por qué las monedas caen sobre la mesa y no se quedan suspendidas?

B) Un integrante del equipo, que retire el mantel de un jalón de la mesa sin desplazar la taza que se encuentra sobre el.



Analizar la situación propuesta con base en las siguientes preguntas:

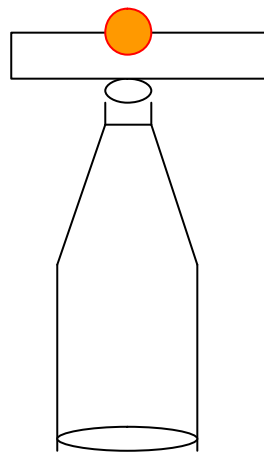
¿Qué fuerza pone en movimiento al mantel?

¿A qué objeto se le aplica la fuerza: al mantel o a la taza que están encima?

¿De qué forma el jalón del mantel sí provoca el desplazamiento de la taza que esta encima?

¿Se moverá la taza que esta quieta sobre el mantel si no hay fuerzas que actúen sobre ella?

C) Comentar y escribir en sus cuadernos, qué creen que sucedería si colocaran la carta de la baraja sobre la boca de una botella y encima de ésta una canica (figura), y si luego dieran un golpe lateral a la carta. ¿Y si el golpe fuera muy rápido?



Material

- Una botella de plástico de 600 ml (vacía)
- Una canica
- Una carta de una baraja
- Una tira de papel de 15 X 16 cm

Desarrollo

- Colocar la tira de papel sobre la boca de la botella, y encima de ella pongan la canica.
- Jalar despacio la tira de manera horizontal, ¿qué sucede?

- Golpear verticalmente con rapidez y bruscamente la tira de la hoja de papel, ¿qué sucede?

Comprobar la explicación inicial con el experimento.

D) Solicitar a los alumnos que por escrito, expliquen que sucede cuando van en un vehículo y arranca de repente, así mismo después frena intempestivamente el vehículo.



Discutir, con la participación de todos los alumnos del grupo, los resultados y obtener una conclusión con respecto a la tendencia de los objetos en reposo.

Es importante escuchar a los alumnos sin descalificar sus argumentos, ya que permite conocer el manejo de los conceptos y sus ideas del tema.

Ideas previas



Se presentan algunas ideas previas de los alumnos para considerarse en el tratamiento de la primera Ley de Newton. Algunas ideas se comparan con científicos desde Aristóteles hasta el siglo catorce, ejemplo de ellas:

- si hay movimiento,
- hay una fuerza que actúa,
- no puede haber una fuerza sin movimiento y si no hay movimiento entonces no hay ninguna fuerza actuando,
- cuando un objeto se está moviendo hay una fuerza en la dirección de su movimiento,
- un objeto en movimiento tiene dentro de él fuerza que le mantiene andando,
- un objeto en movimiento se para cuando su fuerza se gasta y el movimiento es proporcional a la fuerza que actúa,
- a partir de una fuerza constante se produce una velocidad constante.

Actividad de desarrollo 2.

Tiempo estimado: 40 min.

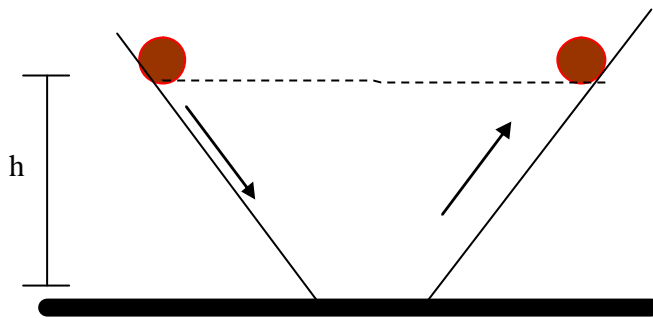
¡Experimentos mentales!

A) Realizar un análisis de la lectura acerca de los trabajos de Galileo que fueron antecedentes para establecer la Primera Ley de Newton. Hacer los dibujos en el pizarrón de los esquemas que se describen.

Al realizar experimentos mentales Galileo Galilei con planos inclinados, se imagino: uno frente a otro, observó que al soltar la bola desde cierta altura por uno de los planos, descendía y

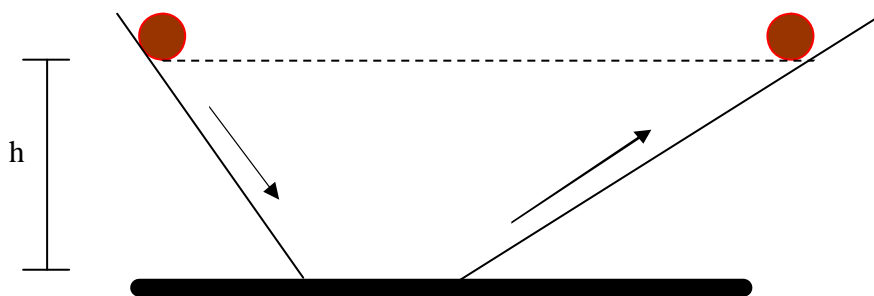
ascendía por el otro plano, hasta alcanzar una altura que era casi igual a la que se había soltado.

Galileo infiere que si la superficie por donde desciende la bola fuera más lisa, alcanzaría la misma altura al final y deduce que la diferencia en la altura al inicio y final se debe al rozamiento de la bola en la superficie, si se eliminara completamente, la bola alcanzaría la altura inicial.



Galileo manipula algunas variables y estudia el efecto que pueda tener la inclinación del segundo plano sobre la altura a la que llega la bola.

Observa que al ir reduciendo el ángulo de inclinación del plano la bola llegaba casi a la misma altura de la que se había soltado y razonó que si no hubiera rozamiento habría llegado hasta la misma altura.



Por último, Galileo elimina uno de los planos inclinados y deja caer la bola; observó que después de rodar por todo el plano inclinado la bola de acero continúa su movimiento en plano horizontal y se movía con velocidad constante hasta que era detenida por la fricción y la resistencia del aire.



Después Galileo se puso a estudiar acerca de la resistencia del aire que no es despreciable en la caída de un objeto y cómo un cuerpo se moverá cuando se aplica a él fuerzas en dirección diferente a la de su movimiento.

Así mismo Galileo comprobó que el efecto de una fuerza no era producir movimiento, sino cambiar el movimiento, para producir aceleración, y un cuerpo sobre el cual no actúa ninguna fuerza se mueve con velocidad uniforme.

*En 1687, Isaac Newton, logra dar a las ideas de Galileo una forma matemática y pública en: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Principios Matemáticos de la Filosofía Natural).*

Primera ley de Newton:

Un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo y un objeto en movimiento tiende a permanecer en movimiento con la misma velocidad y en la misma dirección a menos que actúe sobre él una fuerza que no esté balanceada (se refiere a una fuerza que no está completamente cancelada por las otras fuerzas).

B) Organizar a los alumnos en equipos de 4 a 5 integrantes para realizar la actividad experimental que se muestra en las imágenes siguientes y escribir sus observaciones.

Materiales:

Un carrito

Una polea con el dispositivo adecuado para sujetarla a la mesa

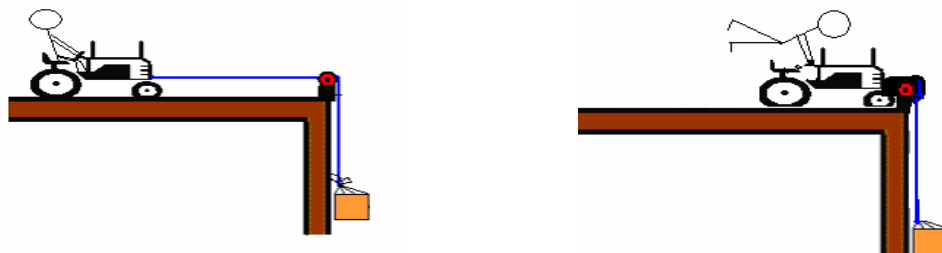
Un metro

Una cuerda delgada y resistente

Una pesa graduada mayor de la masa del carrito

Un muñeco

Una mesa



Hacer una relación con las actividades del carrito, la pila de monedas, el mantel, la botella y la reflexión del auto para explicar lo sucedido con base en el enunciado de la primera Ley de Newton.

Actividad 3.

Tiempo estimado: 30 min.

En los experimentos mentales que describe Galileo, se consideran dos aspectos importantes que influyen directamente en un movimiento horizontal con velocidad constante de un objeto: *la fricción y la resistencia del aire*.

Ideas previas



Algunas ideas de los alumnos con relación a la fricción piensan que las fuerzas sólo <<hacen moverse a las cosas>> y no <<las paran>> y no reconocen el rozamiento como fuerza. Otros consideran el rozamiento como una resistencia al movimiento sin dirección, distinta de una fuerza opuesta al movimiento.

¿ Qué es eso llamado fricción?

A) Es importante plantear a los alumnos la siguiente situación para recuperar sus conocimientos de fricción como una fuerza.

Materiales:

- Dos reglas de 30 cm
- Una canica o una pelota pequeña
- Una hoja de papel de estraza 30 x 80 cm
- Una toalla o trapo limpio
- Un objeto que de grosor mida 2 cm máximo
- Una hoja de papel de lija de 30 x 60 cm o cartón corrugado

Desarrollo:

- Sobre una mesa plana y lisa de por lo menos 1.5 m de largo, o en el piso, prepara una pista inclinada o rampa con las dos reglas y el libro.
- Coloca el papel de estraza al final de la pista.
- Deja caer la canica o pelota, sin empujar, en un punto cercano a la salida de la pista y observa su caída.
- Mide la distancia desde el final de la rampa hasta el lugar donde se detuvo la canica y apúntalo en la tabla que aparece abajo.
- Cambia diferentes materiales al final de la pista y realiza lo anterior.

Material	Distancia que recorrió la canica (cm)
Superficie lisa	
Papel de estraza	
Trapo o toalla	
Lija o cartón	

Responder las siguientes preguntas:

¿Qué tipo de material detuvo el recorrido de la canica?

¿Por qué la canica en algunos materiales se desplaza fácilmente?

¿Cómo se llama a la fuerza que detiene a la canica, independientemente de la superficie sobre la que rueda?

¿Qué le sucedería a la canica si se hace rodar sobre una superficie que no oponga resistencia?

Anotar sus observaciones en su cuaderno.

B) Analizar la situación para responder a la pregunta que se plantea:

En el cumpleaños de Pedro su tío le va a regalar una bicicleta para que se pueda trasladar a la escuela y así llegar rápido, ya que el camino se encuentra empedrado y llueve muy seguido. Al llegar a la tienda el tío de Pedro, le preguntan, ¿qué características quiere que contenga la bicicleta? Por ejemplo: el tipo de llantas, la figura de las llantas, el grosor de las llantas, la altura de la bicicleta, la forma del manubrio, el cuadro, las velocidades. Por las condiciones del lugar donde vive Pedro, ¿cómo tiene que ser la bicicleta? Explica tu respuesta



Discutir, con la participación de todos los alumnos del grupo, los resultados y obtener una conclusión con respecto a la importancia de la fricción en nuestra vida diaria.

Actividad 4.

Tiempo estimado: 60 min.

Ideas previas



Comprender esta Ley implica establecer relaciones entre la fuerza que actúa sobre un cuerpo y la aceleración que experimenta, reconociendo que no todos los cuerpos experimentan la misma aceleración cuando actúa una misma fuerza sobre ellos. La aceleración dependerá de la masa del cuerpo.

Ser muy precisos en establecer la relación que fuerza y aceleración son directamente proporcionales, siempre que la masa permanezca constante. Es decir, cuando cambia el cuerpo, y por tanto la masa, cambia la constante de proporcionalidad. Es cuando el alumno tiene dificultades en su comprensión de el cálculo proporcional.

Es importante destacar que se pretende que los alumnos comprendan las relaciones cuantitativas entre las magnitudes: fuerza, masa y aceleración. Esto no quiere decir que la aplicación de un logaritmo matemático, la habilidad en el cálculo y la utilización correcta de la fórmula $F = m a$, no garantiza que el alumno comprenda la relación entre fuerza y aceleración. Es importante que el alumno comprenda el concepto de sistema de referencia y el valor de cada magnitud, de manera que las situaciones problemáticas no están aislados y tienen relación con los conceptos que se han estado trabajando con anterioridad para reconstruir sus aprendizajes.

¿Qué significa: $F = m a$?

Organizar al grupo en equipos de 4 a 5 integrantes para realizar las siguientes actividades prácticas.

Se recomienda que los integrantes del equipo sean diferentes para que se logre compartir diferentes puntos de vista y desarrollar habilidades de comunicación.

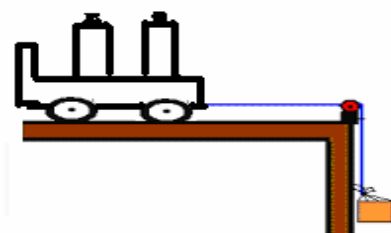
El dispositivo puede ser modificado de acuerdo con el material que se tenga a su alcance.

Materiales:

- Un carrito
- Un cronómetro o, en su defecto, un reloj con segundero
- Una pelota con el dispositivo adecuado para sujetarla a la mesa
- Varias pesas graduadas
- Un metro
- Una cuerda delgada y resistente

Desarrollo:

- El experimento se divide en dos partes: en la primera, se mantiene la masa constante y se varía la fuerza; en la segunda, la fuerza permanece constante y se varía la masa. En ambas partes, antes de iniciar el experimento, elaborar una hipótesis acerca de qué sucede en las relaciones fuerza-aceleración y masa-aceleración, dando argumentos plausibles para ellas.



Primera parte: masa constante

Colgar inicialmente, del extremo del cordón, pequeñas pesas, hasta que al empujar el carro levemente se desplace sobre la mesa a velocidad constante. Ese es el contrapeso de las fuerzas de rozamiento.

Para proporcionar una fuerza de aceleración, agregue sucesivamente pesas en el extremo colgante del cordón (sin quitar la pesa pequeña compensadora del rozamiento) y mida en cada caso el tiempo que tarda en desplazarse el carrito desde que parte del reposo hasta que llega a la pelota (tener cuidado de recibir el carro poco antes de que llegue a la polea). Medir la distancia recorrida, que deberá ser siempre la misma para facilitar los cálculos. Registrar en una tabla de fuerza-tiempo, las magnitudes medidas.

Con los datos de la tabla, se podrá calcular la aceleración media en cada caso ($d = \frac{1}{2} a t^2$) y, a partir de ella, trazar una gráfica de fuerza – aceleración.

Discutir sus hipótesis iniciales con la experimentación.

Segunda parte: fuerza constante

Elegir una fuerza grande para que mueva el carro con distintas pesas adicionales; esa fuerza debe permanecer constante en toda la segunda parte del experimento.

Vaya agregando, sucesivamente, distintas pesas al carrito y déjelo rodar midiendo en cada caso el tiempo de desplazamiento. Registrar las lecturas en una tabla masa-tiempo, los datos de la tabla, se podrá calcular la aceleración media en cada caso ($d = \frac{1}{2} a t^2$) y, a partir de ella, discutir si sus hipótesis iniciales se confirmaron.

Discutir acerca de:

¿Por qué en un caso las pesas adicionales son fuerza, y en el otro son masa?

¿Por qué no es indispensable conocer la masa del carrito?

¿Qué hipótesis se está haciendo cuando se calcula la aceleración a partir de la fórmula $d = \frac{1}{2} a t^2$, ¿es válida?

¿Por qué no se puede variar simultáneamente la masa y la fuerza?

¿Cuál es el papel de la polea?¹

Resulta importante enfatizar, en el estudio de la segunda ley de Newton

La aceleración que adquiere un objeto por efecto de una fuerza resultante es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza resultante, tiene la misma dirección que la fuerza resultante y es inversamente proporcional a la masa del objeto.

¹SEP (1995), La segunda ley de Newton en Libro para el maestro. Física. Educación Secundaria. México. Pp. 98 y 99.

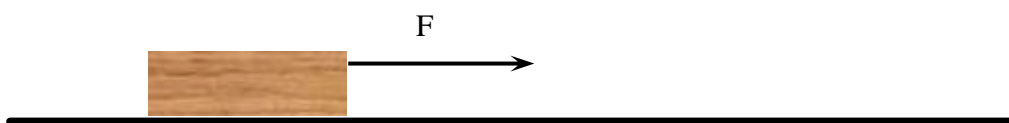
que la aplicación de una fuerza modifica el estado de movimiento del objeto, y que esta ley tiene carácter general, es decir, vale para cualquier tipo de fuerza, independientemente de su origen o su naturaleza.

Solicitar a los alumnos la elaboración de conclusiones acerca de la relación que se establece entre la masa y aceleración cuando una fuerza es aplicada.

¡Vamos con la segunda!²

En esta actividad obtendremos relaciones equivalentes a la segunda ley de Newton.

Imagina un bloque sobre el que actúa una fuerza F , como lo muestra el diagrama siguiente (no hay fricción entre la mesa y el bloque):



¿Qué efecto tendrá la fuerza? (escoge una de las opciones siguientes):

- a) El bloque no se moverá.
- b) El bloque se moverá si la magnitud de la fuerza es lo suficientemente grande.
- c) El bloque se moverá con velocidad constante.
- d) El bloque se acelerará.

Supongamos que realizamos un experimento con el bloque de arriba, variando la fuerza aplicada y observando su movimiento. El bloque siempre se acelerará. Las aceleraciones producidas por varias fuerzas están dadas en la tabla siguiente

F (N):	a (m/s ²):
20	2
40	4
60	6
80	8
100	10
120	12

Describe que relación observas entre la fuerza aplicada y la aceleración producida: _____

¿Cuál será la aceleración producida si la fuerza aplicada es de 200 newtons? _____

¿Cuál será la aceleración producida si la fuerza aplicada es de 10 newtons? _____

¿Cuál es el valor de la masa del bloque con la que se hizo este experimento? _____ kg

² SEP (2002), La segunda ley de Newton (I) en Enseñanza de las Ciencias a través de Modelos Matemáticos. México. Pp. 57 y 58.

Supón ahora que se realiza el experimento anterior pero con otro bloque distinto, variando la fuerza aplicada y observando su movimiento. Los valores de la aceleración producida por varias fuerzas están dadas en la tabla siguiente

F (N):	a (m/s ²):
20	0.5
40	1
60	1.5
80	2
100	2.5
120	3

Describe que relación observas entre la fuerza aplicada y la aceleración producida: _____

¿Cuál será la aceleración producida si la fuerza aplicada es de 200 newtons? _____

¿Cuál será la aceleración producida si la fuerza aplicada es de 10 newtons? _____

Compara las aceleraciones producidas de este experimento con el anterior. ¿Son mayores o menores? _____. De acuerdo a esto, ¿es mayor o menor la masa del bloque utilizado en este experimento, relativa al anterior? _____

¿Cuál es el valor de la masa del bloque de este experimento? _____ kg

Dos formas equivalentes de escribir la segunda ley de Newton son las siguientes:

$$m = \frac{F}{a} \quad \text{y} \quad a = \frac{F}{m}$$

En cada uno de los dos experimentos de arriba:

1. Usa la primera forma para obtener la masa del bloque que se usó en ese experimento.
2. Usa la segunda forma y la masa obtenida para verificar los valores de la aceleración dados en las tablas para cada una de las 6 fuerzas aplicadas.

Describe con tus propias palabras lo que significa la segunda ley de Newton.

Discutir sus ideas con el resto del grupo.

Actividad 5.

¡Las fuerzas vienen en parejas!

Tiempo estimado: 20 min.

En el análisis de las fuerzas de acción y de reacción primero se tiene que identificar la interacción. Por ejemplo, un objeto, A, interactúa con otro objeto, B. Las fuerzas de acción y de reacción se pueden expresar entonces de la siguiente manera:

Acción: El objeto A ejerce una fuerza sobre el objeto B.
Reacción: El objeto B ejerce una fuerza sobre el objeto A.

Es necesario orientar a los alumnos que comprendan que al expresar <<acción>> y <<reacción>> son arbitrarios y pueden asignarse a cualquiera de ambas fuerzas indistintamente. Es conveniente, señalar que ambas fuerzas actúan sobre cuerpos diferentes.

Ideas previas



Los términos <<acción>> y <<reacción>> implican una secuencia temporal en las relaciones de causa y efecto, mientras que las dos fuerzas a las que se refiere la ley aparecen simultáneamente en una misma interacción. Existe también la posibilidad de que los alumnos confundan algunas situaciones con la condición de equilibrio.

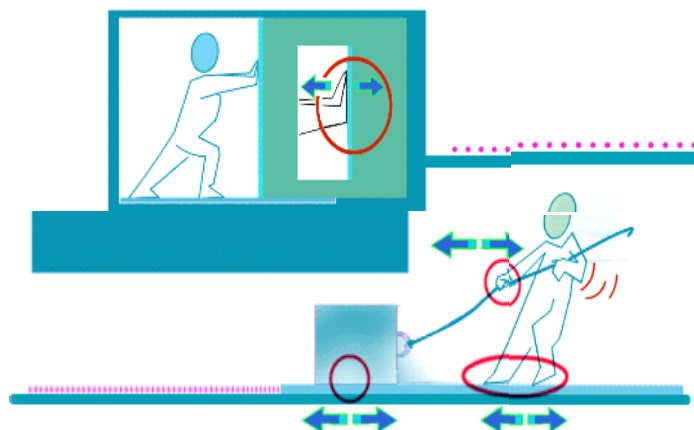
Los alumnos creen que las fuerzas no surgen en la interacción entre los cuerpos sino que son una propiedad o característica que algunos cuerpos poseen. Al no considerar los alumnos la reciprocidad de la interacción, se produce una mala interpretación del principio que conduce a los siguientes errores:

Generalmente sólo identifican una de las fuerzas de la pareja que existen en toda interacción.

Cuando explícitamente se les solicita las dos fuerzas que intervienen en una interacción es frecuente que las dos las consideren aplicadas en el mismo cuerpo.

Al no ver la pareja de fuerzas como la expresión de la misma interacción a veces consideran que cada una tiene un valor diferente, dependiendo éste de otras magnitudes como la masa, carga, etc.¹

Presentar el siguiente dibujo en el pizarrón y que los alumnos a manera de lluvia de ideas puedan identificar las fuerzas de acción y de reacción, que se encuentran en interacción en el sistema.



¡Acción – reacción!

Tiempo estimado: 50 min.

Se sugiere presentar a los alumnos las siguientes situaciones para favorecer la reestructuración y construcción de los conceptos que se han analizado.

Formar equipos de 4 a 5 alumnos y distribuir a cada equipo una situación diferente:

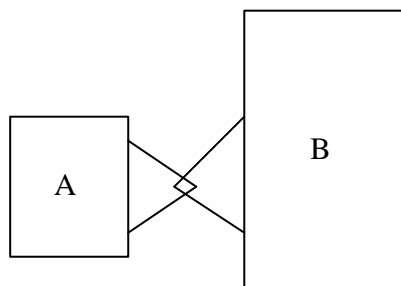
1. Observar la siguiente figura e identificar las fuerzas que interaccionan en el sistema. Registrar los datos en la siguiente tabla.



Interacción	Acción	Reacción
Niño - piso		El piso empuja al niño, esto evita que se hunda.
Atracción gravitacional Niño - tierra		
Niño - cuerda	La cuerda jala la mano de la niño.	
Cuerda - globo		
Globo - aire		
Globo - tierra		

2. ¿Cómo será la fuerza que la caja A ejerce sobre la B comparada con la que ejerce la caja B sobre la A?

- A ejerce una fuerza mayor
- Las fuerzas son iguales
- B ejerce una fuerza mayor



Orientaciones didácticas



Se proporcionan algunas respuestas de los alumnos que han dado con respecto a la aplicación de estas situaciones en investigaciones didácticas para que sirva de antecedente en la orientación del contenido de tercera ley de Newton

- El único factor que consideran es la masa, esté el sistema en reposo, con velocidad constante o con aceleración constante. La caja de mayor masa es la que ejerce una mayor fuerza.
- Cuando el sistema está en reposo las fuerzas son iguales, pero cuando el sistema se mueve, el bloque de mayor masa ejerce la mayor fuerza.
- En reposo las fuerzas son iguales. Cuando se están moviendo el bloque que <<causa>> el movimiento (tira o empuja), ejerce la fuerza mayor.
- El reposo y el movimiento con velocidad constante son igual las fuerzas, pero para los sistemas acelerados el que tiene mayor masa ejerce una fuerza mayor.
- El reposo y el movimiento con velocidad constante las fuerzas son iguales, pero para los sistemas acelerados la caja <<causa>> (idem a, c) el movimiento ejerce la mayor fuerza.

Los errores que se presenta tienen mayor porcentaje en sus respuestas acerca de:

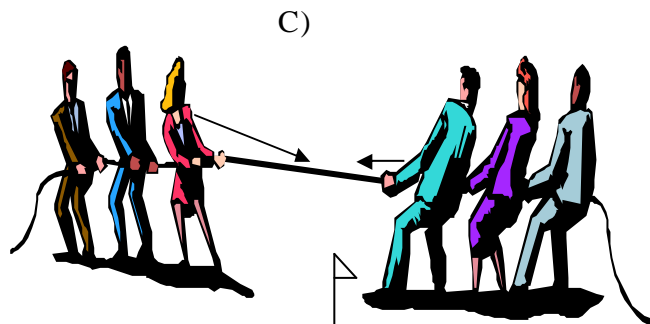
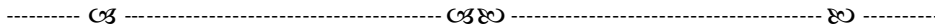
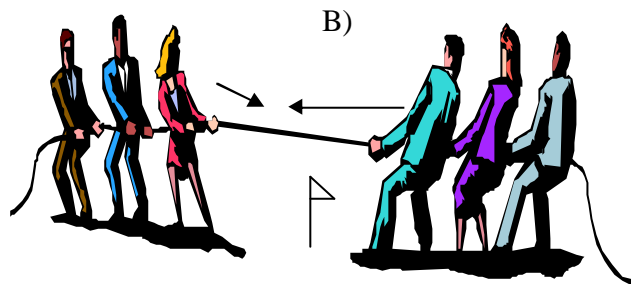
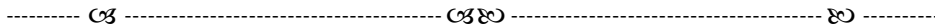
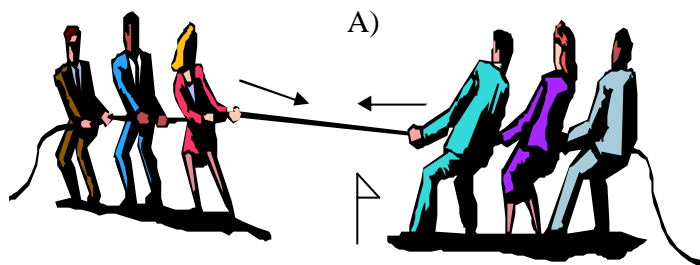
- Respuestas donde se aplica la segunda ley para responder la pregunta.
- Realizan análisis parciales de los fenómenos y por lo tanto elaboran conclusiones equivocadas.

3. Observa los siguientes dibujos que representan una competencia de tiro de cuerda. Las personas a la izquierda están ganando. Los tamaños de las flechas representan los valores de las fuerzas. ¿Qué dibujo expresa la situación que se plantea?



Orientaciones didácticas

En esta situación que se presenta, los alumnos prefieren los dibujos B y C. En ambos casos suponen que la fuerza ejercida por las personas de la izquierda es mayor y se deciden por una u otra situación según creen que la fuerza que hace la persona está representada por el vector aplicado en ellos (eligen C o por el vector aplicado en la otra persona (eligen D). Se olvidan en considerar el efecto del rozamiento, que es lo que explica la victoria de un equipo u otro.



4. ¿ Por qué el choque de un balón en un cristal no lo rompe? Explica la interacción de las fuerzas.



Orientaciones didácticas



Los alumnos presentan una dificultad para admitir la igualdad de las fuerzas presentes en una interacción, se encuentra en la confusión entre las fuerzas y sus efectos. Se fijan sólo en los rasgos más evidente perceptibles, cuando los efectos que experimentan cada uno de los cuerpos son muy diferentes, lo interpretan como consecuencia de una desigualdad de las causas, las fuerzas. Son bastantes los alumnos que admiten la posibilidad de ambas fuerzas interaccionan, pero en el caso de que el balón rompa el cristal su explicación es que la fuerza del balón es mayor que la del cristal.

Solicitar a los alumnos que elijan un representante del equipo y expongan ante los demás compañeros sus argumentos con respecto a sus respuestas de la situación.

Elaborar conclusiones con respecto a la correcta descripción de fenómenos con respecto a los cambios del movimiento en función de la acción de las fuerzas.

Actividad 6.

Tiempo estimado: 40 min.

¡Sobre hombros de Gigantes!

Realizar una lectura comentada acerca de los trabajos de Newton en el estudio del movimiento de los cuerpos.

Cinemática y Dinámica³

Debido al éxito con el que Galileo investigó muchos temas especiales de la mecánica y desarrolló esquemas efectivos para explicar *cómo* se mueven los objetos (cinemática), Newton pudo dirigir su atención a la cuestión de *por qué* los objetos se mueven como lo hacen (dinámica). En su trabajo sobre mecánica Newton adopta un método consistente, regido por determinadas reglas:

1. Asumir la menor cantidad de causas posibles al explicar un fenómeno particular.

³ SEP (1997), Newtoniano en teoría pero aristotélico de corazón. Maurice G. Eibson en La enseñanza de la física en la escuela secundaria. Lecturas. Primer nivel. Pronap. México. Pp. 163 – 165.

2. Relacionar tan completamente como sea posible efectos análogos a la misma causa.
3. Extender a todos los cuerpos las propiedades sobre las que es posible efectuar experimentos.
4. Considerar como válida toda propuesta obtenida por inducción de fenómenos observados, hasta que se observe un nuevo fenómeno que contradiga o limite dicha propuesta.

La tarea esencial que Newton enfrentaba era la de sistematizar gran cantidad de conocimientos acumulados que todavía tenían carácter fragmentario y confuso. Se ha sugerido que Newton enfrentó en la mecánica el mismo tipo de problema que Pascal en la hidrostática, que al enunciar un solo principio universal (la igualdad de la presión en todas direcciones desde cualquier punto de un líquido) triunfó al sistematizar toda una rama de la ciencia. No obstante, el problema de Newton en mecánica era sin duda más difícil debido a la generalidad mucho mayor de su materia.

Como hemos visto, los científicos desde tiempos remotos han especulado sobre el movimiento bajo la influencia de fuerzas internas o externas. Para hacer eso, fue necesario emplear una terminología especializada. En la actualidad, una de las dificultades que los físicos enfrentan constantemente, es que esa rama de la ciencia, más que ninguna otra, utiliza términos del lenguaje diario. Esto puede ocasionar una falsa sensación de confianza en la claridad del significado que se da a los términos (sólo hay que pensar en la diferencia de significado que se da a hoy en día a palabras como *velocidad*, *potencia* y *energía*, cuando se usan estrictamente en física o más ampliamente en lenguaje común). Algunas palabras de uso frecuente como *gravedad*, *fuerza*, *resistencia*, *tendencia*, *ímpetu*, *cantidad de movimiento*, entre otras, fueron usadas en las especulaciones iniciales sobre el movimiento y luego resultaron insuficientemente definidas para ser de utilidad en discusiones científicas.

Así, una de las tareas importantes de Newton fue tratar de poner cierto orden en el caos de terminología. Tal vez lo mejor hubiera sido romper con todo lo anterior y establecer un conjunto de términos completamente nuevos, que no fueran de uso común. Sin embargo, esto nunca es fácil por que cualquier reformador o revolucionario que desea reorganizar un sistema ha sido educado dentro del mismo, y no puede evitar estar influido por su terminología y conceptos. Nadie es lo suficientemente radical en la reformulación, y se tiende a conservar las cosas más conocidas, que con frecuencia son precisamente las que más necesitan cambiarse. Particularmente en el caso de la terminología, las peores confusiones surgen cuando se utilizan términos viejos para ideas nuevas.

Podría decirse que en un sentido Newton no tenía la personalidad científica ideal para triunfar *completamente* en esta tarea particular. Tenía una mente excepcional de creatividad brillante que podía formular pruebas elegantes y originales sobre una gran gama de temas, pero no era muy adecuada para el trabajo paciente requerido para axiomatizar⁴ un tema y a veces sus escritos no definían los términos con cuidado. Sin embargo, su sistema axiomático⁵ aportó aquello que siempre había faltado en la mecánica antigua y así logró establecer bases firmes para desarrollos futuros. Aún más, es importante observar que la axiomatización, aunque vital para colocar los cimientos, es sólo un aspecto de la contribución que puede hacer un genio hacia el desarrollo de su materia. La eficacia de los *métodos* concebidos, que pueden representarse como la

⁴ Axioma. Proposición que se admite como verdadera sin necesidad de demostración.

⁵ Axiomático. Conjunto de axiomas en que se basa una teoría científica.

construcción de la superestructura, también deben considerarse. En esta área no puede dudarse del genio universal de Newton.

Leyes de movimiento de Newton

El esquema de Newton para la dinámica se resume en sus tres leyes del movimiento. En la primera ley se llega finalmente a una comprensión *cualitativa* satisfactoria de la inercia (tendencia de un objeto a mantener su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta) como propiedad básica inherente a todos los objetos.

Se trata de una ley del todo general que destaca el hecho de que un solo esquema es aplicable al movimiento en *cualquier* lugar del universo. Es la primera vez en la historia de la física donde no se hace distinción entre los dominios terrestre y celeste.

En la segunda ley se alcanza por fin una explicación de la aceleración y una relación *cuantitativa* entre inercia y fuerza. [Es interesante recordar que Newton no expresó esto como $F = ma = (dv/dt)$ sino esencialmente en la forma $F\Delta t = m\Delta v$, o sea que habló de *cambio de movimiento* (= momento) y lo relacionó con el valor de fuerza por tiempo.]

La tercera ley de Newton era muy original y completaba su tratamiento general del concepto de fuerza, al explicar que a *toda* fuerza corresponde una réplica idéntica. Como consecuencia resulta que una partícula solitaria no puede por sí sola ejercer ni experimentar

fuerza alguna. Las fuerzas surgen *sólo* de la interacción de dos entidades. Se puede llamar a una fuerza *acción* y a la otra *reacción*, pero el nombrar es arbitrario. La relación es la misma que la del crédito y el débito: uno es imposible sin el otro. Acción y reacción son de igual magnitud, pero de dirección opuesta. Cualquier conexión causal que introduzcamos será artificial. Lo más importante es que suceden respectivamente a dos *entidades diferentes*.

Elaborar individualmente sus conclusiones con respecto a las aportaciones de Newton para el desarrollo de la ciencia.

Actividad de cierre 7.

Tiempo estimado: 60 min.

¡Que las fuerzas me acompañen!

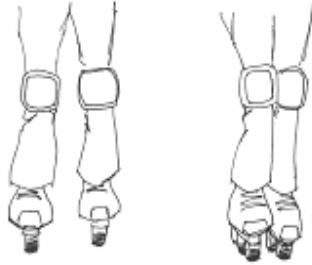
Formar equipos de 4 a 5 integrantes. Analizar las situaciones y contestar las preguntas que se plantean dando argumentaciones con base en las Leyes de Newton, que se han trabajado en la secuencia.

Patinando

A)



B)



C)



D)



E)



F)



G)



H)



I)



- Cuando se encuentran en reposo, ¿de qué forma "se aplican" fuerza los patinadores para comenzar a moverse?
- ¿Es correcto decir que entre más rápido vayan los patinadores, más "fuerza" tienen?
- ¿Por qué se detienen rápidamente al inclinar el patín? Explícalo en términos de la fricción.
- Si le llamamos "acción" al hecho de que el patinador se impulsa del piso para moverse hacia adelante, ¿cuál es la reacción?
- ¿Qué trayectoria seguirían los patinadores si dejan de impulsarse y mantienen recto los patines?
- ¿Qué le sucedería a la velocidad de los patinadores, sin que exista ningún tipo de impulso y la fricción con el piso disminuyera al mínimo?
- Observa los pies y las piernas de los patinadores cuando dan vuelta, ¿qué les sucede?
- Si el patinador quisiera acelerarse más, ¿qué debe hacer con sus piernas?
- Elaborar sus conclusiones acerca de las leyes de Newton en nuestras actividades cotidianas.

Elevador⁶

Integra tus conocimientos para dar respuesta a las situaciones que se plantean.

Rodrigo está parado sobre una báscula dentro de un elevador. Su masa de 100 kilogramos. Encuentre su peso aparente en las siguientes situaciones:

- i) El elevador está en reposo.
- ii) El elevador se mueve hacia arriba con velocidad constante.
- iii) El elevador se mueve hacia abajo con velocidad constante.
- iv) El elevador se mueve hacia arriba con una aceleración de 4.9 m/s^2
- v) El elevador se mueve hacia arriba con una aceleración de 9.8 m/s^2
- vi) El elevador se mueve hacia abajo con una aceleración de 4.9 m/s^2
- vii) El elevador se mueve hacia abajo con una aceleración de 9.8 m/s^2

⁶ SEP (1995), Problema en Libro para el maestro. Física. Educación Secundaria. México. Pp. 100 y 101.

Orientaciones didácticas



Solución al problema para guiar al alumno en el procedimiento que tiene que realizar.

Hay que considerar las fuerzas que actúan sobre Rodrigo: su peso $P=mg$, que es la fuerza que la Tierra ejerce sobre él, y F_b , la fuerza que ejerce la báscula sobre él.

La fuerza que Rodrigo ejerce sobre la báscula tiene la misma magnitud que F_b , pero apunta en la dirección contraria, como se puede ver la figura. Esta fuerza es la que Rodrigo lee en la escala de la báscula y es su peso aparente.

Se tomará como dirección positiva la que apunta hacia arriba. De esta manera, la magnitud de la fuerza neta que actúa sobre Rodrigo es

$$F_{\text{neta}} = F_b - P$$
$$F_{\text{neta}} = F_b - mg$$

La segunda ley de Newton nos dice que

$$F_{\text{neta}} = ma$$

Entonces, en las situaciones (i), (ii) y (iii) como

$$ma = F_{\text{neta}} = 0$$

por lo que :

$$0 = F_b - mg$$
$$F_b = mg$$

En estas tres situaciones, como el elevador no está en movimiento acelerado, el peso aparente de Rodrigo es igual a su peso real:

$$F_b = (100 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2)$$
$$F_b = 980 \text{ N}$$

En la situación (iv) tenemos una aceleración hacia arriba de $a = 4.9 \text{ m/s}^2$ al usar la segunda ley de Newton $F_{\text{neta}} = ma = (100 \text{ kg}) (4.9 \text{ m/s}^2)$

Entonces

$$(100 \text{ kg}) (4.9 \text{ m/s}^2) = F_b - (100 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2)$$

De donde

$$F_b = 490 \text{ N} + 980 \text{ N} = 1470 \text{ N}$$

El peso de Rodrigo es de 1470 N

En (v), cuando la aceleración del elevador es 9.8 m/s^2 hacia arriba

$$F_{\text{neta}} = (100 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2) = 980 \text{ N} \text{ y } 980 \text{ N} = F_b - P$$
$$980 \text{ N} = F_b - (100 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2)$$
$$F_b = 980 \text{ N} + 980 \text{ N} = 1960 \text{ N}$$

En este caso el peso aparente de Rodrigo es el doble de su peso real.

En (vi) la aceleración del elevador es de 4.9 m/s^2 hacia abajo, $a = 4.9 \text{ m/s}^2$.

Usando la segunda ley de Newton, como en las situaciones anteriores,

$$\begin{aligned}F_b - P &= F_{\text{neto}} = (100 \text{ kg}) (-4.9 \text{ m/s}^2) \\F_b &= -490 \text{ N} + 980 \text{ N} \\F_b &= 490 \text{ N}\end{aligned}$$

Y el peso aparente de Rodrigo es la mitad de su peso real. Finalmente, en (vii), cuando el elevador tiene una aceleración hacia abajo de 9.8 m/s^2 , $a = -9.8 \text{ m/s}^2$.

Usando nuevamente la segunda ley de Newton

$$\begin{aligned}F_b - P &= (100 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2) = -980 \text{ N} \\F_b &= 980 \text{ N} + (-980 \text{ N}) = 0 \text{ N}\end{aligned}$$

Y ¡ el peso aparente de Rodrigo es cero!

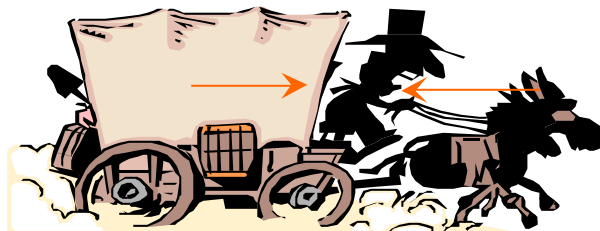
¡La paradoja del burro!⁷

Expresa los argumentos para dar solución a la paradoja y elabora el sistema de fuerzas que está presente.

Había una vez un burro muy flojo que, utilizando sus supuestos conocimientos de física, no quería jalar la carreta.

El burro le decía a su dueño:

-¿Para qué quieres que jale la carreta, si según la tercera ley de Newton, a toda acción corresponde una fuerza de reacción de igual magnitud pero de sentido contrario? Si yo jalo la carreta con cierta fuerza, según lo que afirma la tercera ley, la carreta me jalará a mí con la misma fuerza pero en sentido contrario. De manera que ¿para qué jalo la carreta si a mí, decía el burro, me va a jalar ésta con la misma fuerza y así no voy a avanzar?



⁷ SEP (1995), Miscelánea Física en Libro para el maestro. Física. Educación Secundaria. México. P. 103.

Orientaciones



Solución a la paradoja

Efectivamente, si se jala con cierta fuerza la carreta, es la Tierra la que aporta la reacción con una fuerza igual pero de sentido contrario.

Cuando el burro jala la carreta ejerce una fuerza mayor. Por ello, cuando el sistema unido del burro y la carreta empuja con una fuerza hacia atrás, la Tierra, a través de la fricción, responde con una fuerza hacia delante que permite que avance el burro con la carreta.

Pero, además de resolver la paradoja, debe señalarse que el otro factor que entra en juego es la fricción.

Para poder caminar, nuestro pie ejerce una fuerza hacia atrás sobre el suelo de la Tierra, gracias a la fricción de la suela de nuestro zapato con el suelo, y la Tierra responde con una fuerza de reacción hacia delante, de igual magnitud, que nos permite avanzar. Si hiciéramos lo mismo en aceite para reducir la fuerza de fricción, inmediatamente nos caeríamos. Por ello, además de la tercera ley de Newton, lo que permite que podamos caminar es la fuerza de fricción.

¿Cómo nos podemos desplazar cuando no hay fricción?

Solicitar a los alumnos que elaboren un escrito en dónde expresen la importancia de considerar las leyes de Newton para dar explicación a situaciones de la vida diaria y no caer en mentiras de magia. Comentar su opinión a los demás compañeros.

Bibliografía consultada.

- ❑ Hewitt G. Paul (1999), “Primera ley del movimiento de Newton: inercia”, “Segunda ley del movimiento de Newton: fuerza y aceleración” y “Tercera ley del movimiento de Newton: acción y reacción” en *Física conceptual*, México, Addison Wesley Longman. Pp 43-55, 59-70 y 74-82.
- ❑ Gutiérrez Aranza, Carlos, *et al* (2002), Las tres leyes de Newton en *Acércate a la Física. 1*. México, Editorial Larousse. Pp. 125-128.
- ❑ Valdés Galicia, Otilia Gabriela, *et al* (2001), Las leyes de Newton en *Las mil maravillas de la Física*, México, McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. Pp.131-161.
- ❑ Tagüeña Parga, Carmen, *et al* (1998), Segunda ley de Newton en *Física. Bachillerato*. Cap. 4. México, Editorial Santillana. Pp. 82 - 88.
- ❑ Hierrezuelo Moreno, José (1989), El concepto de fuerza en La Ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y química. España, Editorial Fontamara. Pp. 69 – 91.
- ❑ Driver Rosalind, Edith Guesne y André Tiberghien (1989), Fuerza y movimiento en Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Cap. V. Madrid. Ediciones Morata, S.L. Pp. 137 – 167.
- ❑ ILCE (2005), “La primera ley de Newton y las fuerzas de fricción”, “La segunda ley de Newton y las fuerzas de fricción” y “La tercera ley de Newton” en Enseñanza de la Ciencia con Tecnología (ECIT). México.
- ❑ James Jeans, Sir (1986), Dinámica en Historia de la física. Hasta mediados del siglo XX. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 171 – 177.
- ❑ Einstein, Albert y Leopold Infeld (1939), La primera clave en La física aventura del pensamiento. Editorial Losada, S.A. Buenos Aires. Pp. 13 – 34.
- ❑ SEP (1995), 2.5 Leyes de Newton en Libro para el maestro. Física. Educación Secundaria. México. P. 93 – 103.