



Aprendizaje

Activo de la Física

José Orlando Organista Rodríguez
Alexandra Peña Rodríguez



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

BOGOTÁ
HUMANANA



Educación y
FORTALECIDA



UNIVERSIDAD
CENTRAL

APRENDIZAJE ACTIVO DE LA

FÍSICA

José Orlando Organista Rodríguez

Alexandra Peña Rodríguez



BOGOTÁ
HUMANA





Consejo Superior

Fernando Sánchez Torres (presidente)
Rafael Santos Calderón
Jaime Arias Ramírez
Jaime Posada Díaz
Pedro Luis González (representante de los docentes)
Germán Ardila Suárez (representante de los estudiantes)

Rector

Rafael Santos Calderón

Vicerrector académico

Fernando Chaparro Osorio

Vicerrector administrativo y financiero

Nelson Gnecco Iglesias

Gustavo Francisco Petro Urrego
Alcalde

Óscar Gustavo Sánchez Jaramillo
Secretario de educación del Distrito

Nohora Patricia Buritica
Subsecretaria de calidad y pertinencia

Pablo Fernando Cruz Layton
Director de educación media y superior

PUBLICACIÓN RESULTADO DEL CONVENIO 3351 SUSCRITO ENTRE LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DISTRITAL Y LA UNIVERSIDAD CENTRAL

Aprendizaje activo de la física
ISBN para PDF: 978-958-26-0289-5
Primera edición: diciembre de 2014
José Orlando Organista Rodríguez
Alexandra Peña Rodríguez
Universidad Central
Carrera 5 No. 21-38, Bogotá, D. C. Colombia
Tels.: (57-1) 323 98 68, ext.: 1556
editorial@ucentral.edu.co

Preparación editorial

Dirección: Héctor Sanabria Rivera
Diseño y diagramación: Arturo Cortés y Patricia Salinas G.
Corrección de estilo: Pablo H. Clavijo López
Impresión: Xpress Estudio Gráfico y Digital

Editado en Colombia–Published in Colombia



Material publicado de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons 4.0 internacional. Usted es libre de copiar, adaptar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando dé los créditos de manera apropiada, no lo haga con fines comerciales y difunda el resultado con la misma licencia del original.

CONTENIDO

La naturaleza es como una caja negra. ¿Está dispuesto a leerla?

7

1

13 Cuidado con el movimiento de los cuerpos: puede ser aparente

2

3

La magia que adquiere un cuerpo al ser frotado

23

31

¿Puede la fuerza magnética frenar la caída de un cuerpo?

4

5

¿Cuántos tipos de movimientos se pueden realizar cuando se salta en bungee jumping?

41

53

Perturbaciones que se propagan en un medio

6

Introducción

Cualquier actividad humana es susceptible de perfeccionamiento. Basta recordar los eventos deportivos de nivel mundial, como los juegos Olímpicos o los mundiales de fútbol, para evidenciar los máximos perfeccionamientos que va alcanzando un atleta. Lo que hay detrás de este proceso de perfeccionamiento es, entre otros aspectos, práctica, disciplina, observación reflexiva. Igualmente, es necesario complementar el entrenamiento con otros aspectos clave, por ejemplo, con una alimentación cuidadosa y con un acompañamiento psicológico. Así, cuantos más aspectos se conjuguen en el deportista, mayores rendimientos se lograrán.

Hacer ciencia es también una actividad humana susceptible de perfeccionarse. Como en todas las disciplinas, se necesita una formación especializada y una preparación cuidadosa e integral. Los preparadores que mejoran esta actividad de los estudiantes son, por supuesto, los docentes de ciencias. Y es que, en efecto, hay que perfeccionar la observación, el registro de las observaciones, la forma como se realizan análisis y explicaciones, las preguntas sobre los fenómenos; hay que perfeccionar la modelación matemática de los fenómenos, la capacidad de definir un problema de investigación; es decir, hay que perfeccionar las competencias propias de la actividad científica.

La presente cartilla es una propuesta con actividades para el aprendizaje activo de la física. Cada capítulo está integrado por:

El pensar no constituye un proceso mental aislado; por el contrario, es una cuestión relativa al modo como se emplea la inmensa cantidad de objetos observados y sugeridos, el modo en que coinciden y en que se les hace coincidir, el modo como se les manipula. En consecuencia, ninguna asignatura, ningún tema, ninguna pregunta es intelectual por sí misma sino por el papel que se le hace desempeñar en la dirección del pensamiento en la vida de toda persona.

John Dewey

- Una introducción y unos propósitos que orientan el tema que se va a estudiar.
- Una sección titulada “materiales”, “observación” o “ideas previas” que pretende disponer al estudiante a una actitud reflexiva tratando de que manifieste sus ideas previas o describa las observaciones elementales sobre una situación física que se le propone; en esta sección, los estudiantes no realizan ninguna experimentación directa, pues el propósito es conocer sus ideas naturales.
- Una sección de experimentación y teorización bajo el título de “procedimiento”, “producción”, “síntesis” o “teoría” que pretende resaltar estos componentes propios de la actividad científica.

De esta manera, el propósito de la cartilla **Aprendizaje activo de la física** es estimular a los participantes del proceso de aprendizaje a realizar clases de física en las que la fenomenología, las ideas previas, la discusión y la reflexión estén presentes, con el propósito de perfeccionar las competencias propias de la actividad científica.

1

**La naturaleza es
como una**

CAJA NEGRA.

**¿Está dispuesto
a leerla?**



Introducción

El mundo que nos rodea muchas veces oculta algunos aspectos o componentes; por ejemplo, no somos capaces de ver los rayos X ni los átomos, y solo podemos ver los efectos de los rayos X y el conglomerado de átomos. Pero para descubrir lo oculto podemos hacer experimentos y, a partir de sus resultados, concluir sobre lo oculto. En el caso las cajas negras de un avión, para conocer su contenido se debe realizar una serie de procedimientos que permitan extraer la información que ellas contienen; con esta información se puede llegar a determinar la causa de los accidentes aéreos.

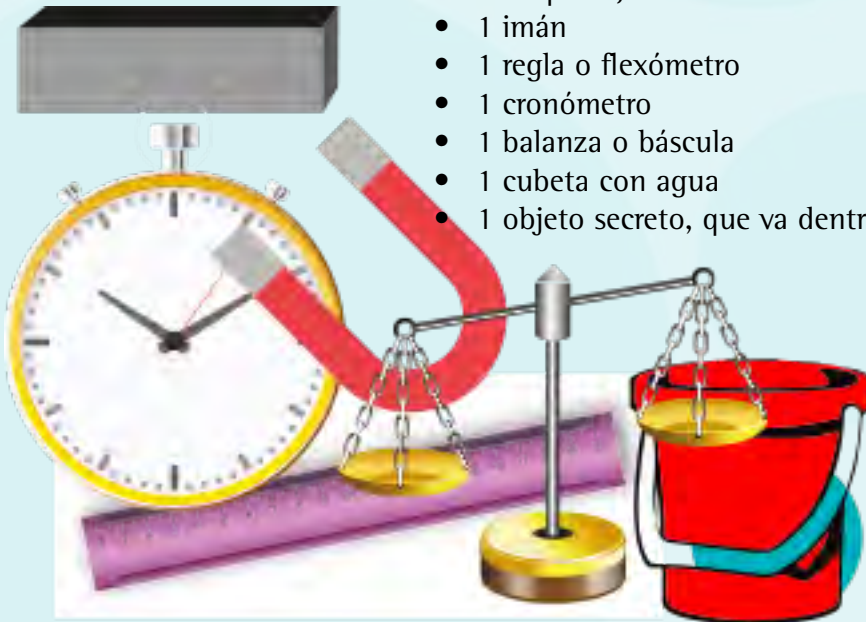
Propósito

Descubrir lo que contiene una caja negra sin abrirla ni dañarla.

Materiales

Cada grupo de tres estudiantes debe tener:

- 1 caja negra impermeable (aproximadamente del tamaño de una caja de zapatos)
- 1 imán
- 1 regla o flexómetro
- 1 cronómetro
- 1 balanza o báscula
- 1 cubeta con agua
- 1 objeto secreto, que va dentro de la caja



Procedimiento

Organizar grupos de tres estudiantes. A cada grupo se le entrega una caja con un contenido secreto. Todas las cajas deben contener lo mismo (por ejemplo, una barra de imán, o una bola de cristal, o un borrador...), pero los estudiantes no deben saber que los contenidos son iguales; disponer para cada grupo la lista de materiales descritos arriba (imán, balanza o báscula, metro, cronómetro, cubeta con agua, etc.), de tal forma que el grupo los pueda utilizar para interactuar con la caja.

1.

Sin tocar la caja, nombre 5 cosas que **PUEDA** haber en la caja y 5 cosas que **NO PUEDA** haber en la caja.

Puede haber

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

No puede haber

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

2.

Sin abrir la caja, digan qué se puede hacer con ella (no importa que lo propuesto se pueda hacer inmediatamente o no).

3. Teniendo en cuenta las respuestas del punto anterior, ¿qué información, sobre el contenido de la caja, esperan obtener?

4. De lo propuesto en el paso 2, realicen las experiencias que puedan hacer ahora mismo (por ejemplo sostener la caja en las manos, moverla, acercar el imán, etc.). ¿Qué información obtuvieron de cada una de ellas?

5. Con los experimentos realizados, confirmen o descarten las hipótesis del punto 1 y propongan unas nuevas.

Confirmado	Descartado	Nuevas posibilidades



6.

Con base en los procedimientos anteriores, digan qué hay en la caja.

7.

Abran la caja y digan cuáles fueron sus aciertos y cuáles sus errores.



Aciertos

Errores

8.

El grupo con el mayor número de aciertos ganará un bono en ciencias.

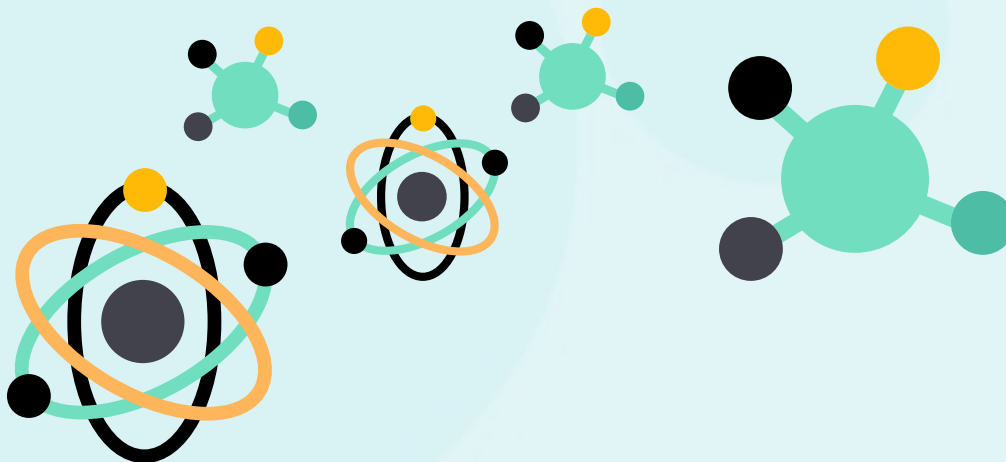
Actividades complementarias

1.

Diga cómo cree usted que se supo de qué está compuesto el Sol.

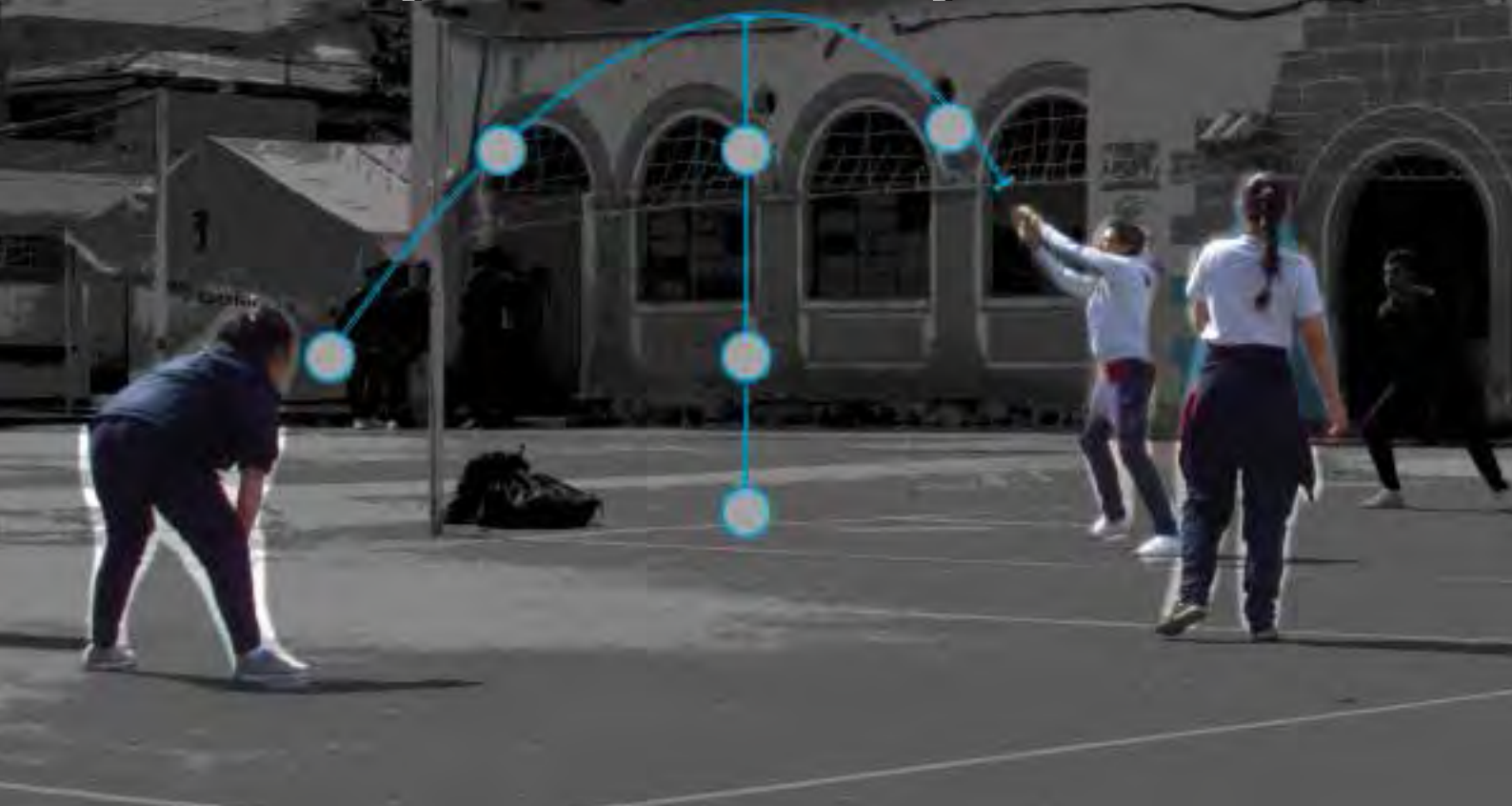
2.

Diga cómo se estudia la estructura y composición de sistemas físicos tan pequeños como el átomo o los núcleos atómicos.



2

Cuidado con el
MOVIMIENTO
de los cuerpos:
puede ser aparente



Introducción

El movimiento de los cuerpos es un tema que diferentes personas estudian cuidadosamente por diversos motivos. Por ejemplo, a los entrenadores deportivos les interesa conocer aspectos claves del movimiento de sus atletas, buscando que estos aumenten la probabilidad de ganar en una competencia; a otras personas les interesa observar cuidadosamente la caída o subida de un cuerpo, por ejemplo, para diseñar una “montaña rusa” de un parque de diversiones o para enviar naves fuera de la Tierra.

Vamos a aprender a observar el **movimiento de los cuerpos**, para obtener información valiosa y general, y así disponer de una capacidad de observación más amplia que permita enriquecer la mirada acerca de los objetos que se mueven en nuestra vida cotidiana.

[Muchos] de los razonamientos [sobre el movimiento] habían sido presentados por Aristóteles y otros filósofos griegos y se tomaban como “probados”. Galileo era escéptico e hizo un experimento sobre el movimiento, que fue esencialmente el siguiente: hizo rodar una bola hacia abajo en un plano inclinado y observó el movimiento. Sin embargo, no solo observó; midió la distancia que recorrió la bola y en cuánto tiempo”.

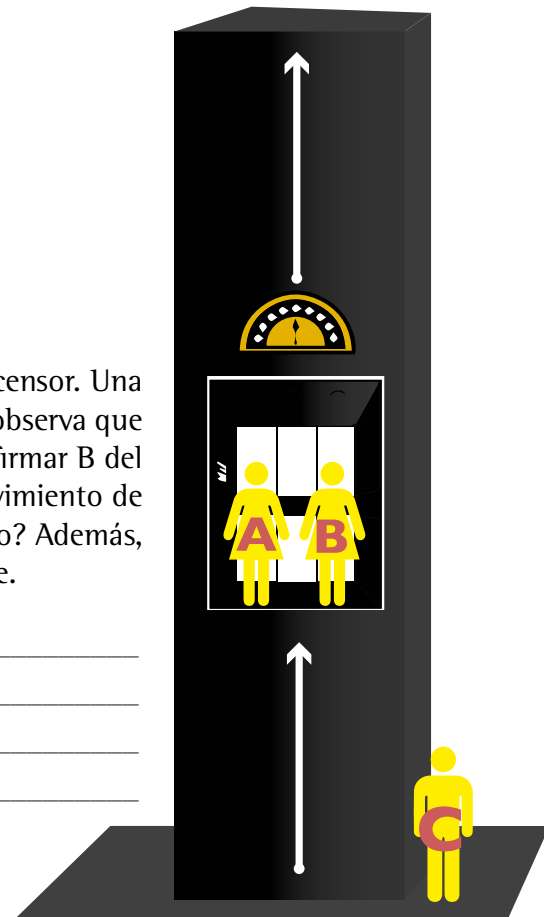
Feynman

Propósito

Disponer de criterios para cuantificar el movimiento de los cuerpos.

Ideas previas

1. Dos personas, A y B, van subiendo en el mismo ascensor. Una tercera persona, C, que se quedó en el primer piso, observa que A y B van dialogando cordialmente. ¿Qué podría afirmar B del movimiento de A? y, ¿qué podría afirmar C del movimiento de A? Finalmente, la persona A ¿se está moviendo o no? Además, ¿esta pregunta es ambigua o incompleta? Comente.



2.

Un objeto o lugar extenso, desde cierta perspectiva, se puede considerar pequeño, del tamaño de un punto. Por ejemplo, **en un mapa las ciudades se representan por medio de puntos.**



Dé otros ejemplos que evidencien que el tamaño de los cuerpos o la extensión de los lugares es relativo, o depende, de la perspectiva con la que se mira el cuerpo o lugar de interés.

3.

¿Qué mediciones hay que hacer para cuantificar la rapidez de un cuerpo? ¿Qué condiciones se deberían tener en cuenta para determinar que un cuerpo se mueve más rápido que otro?



4.

Suponga que la persona A está con un grupo de amigos en el parque; allí les dice que es posible lanzar un balón de tres maneras diferentes:

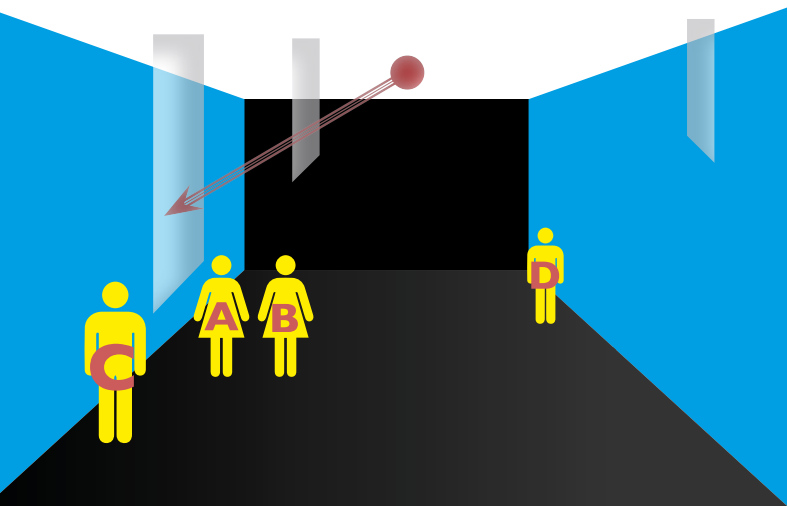
- ⚽ Que el balón únicamente suba y caiga en el mismo lugar.
- ⚽ Que el balón suba y baje pero también avance hacia adelante.
- ⚽ Que el balón suba y baje, avance hacia adelante pero también se mueva hacia la derecha o hacia la izquierda.

¿Logrará A mostrar que estos lanzamientos son posibles, o les está “tomando del pelo” a sus amigos?

Observación

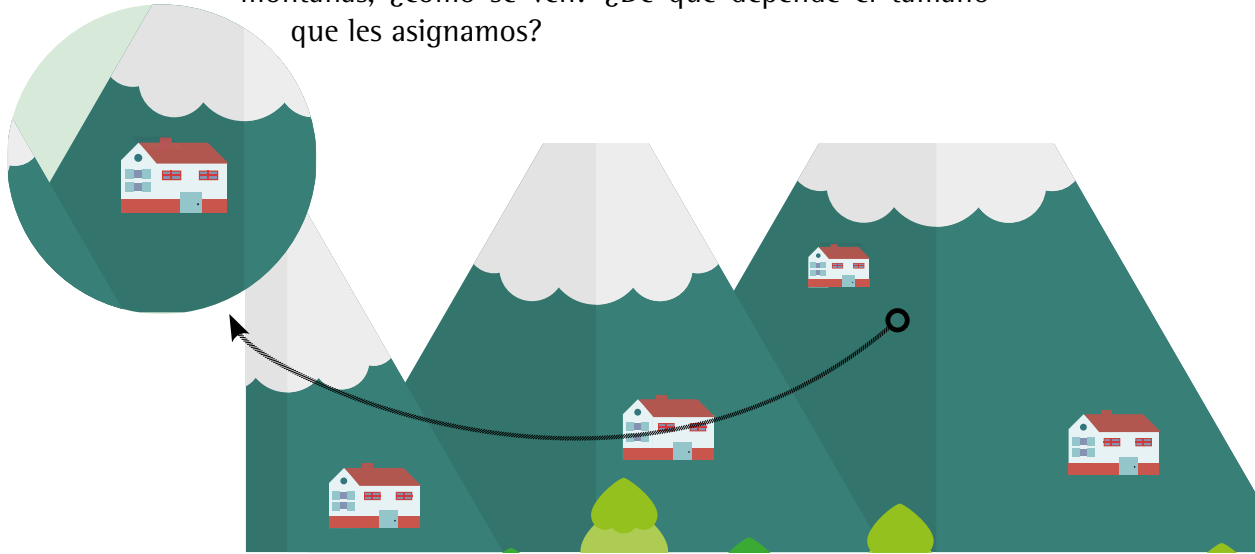
1.

Dos estudiantes, A y B, van caminando uno junto al otro, de salida para la siguiente clase. Un tercer estudiante, C, los está esperando en la puerta del salón de la clase siguiente. Mientras tanto, otro compañero, D, se quedó en la puerta del salón donde acababa de terminar la clase anterior. De estos cuatro compañeros ¿quiénes se están moviendo?, ¿quiénes se están alejando?, ¿quiénes se están acercando?



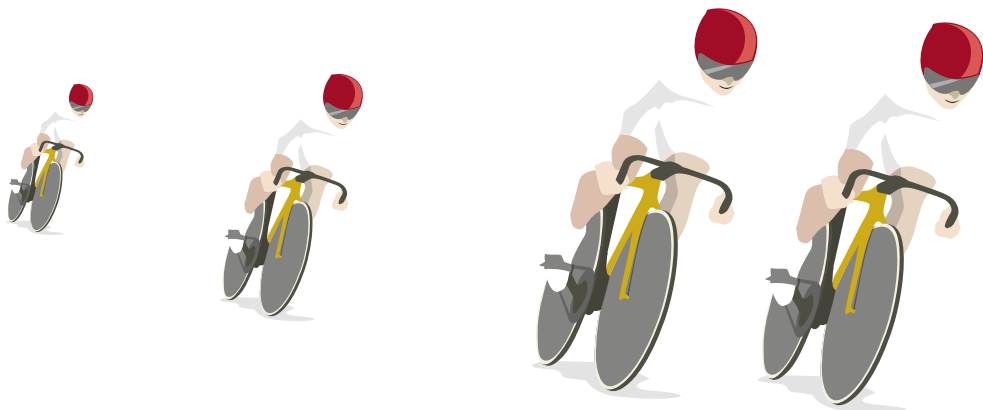
2.

Si usted mira hacia el cielo en una noche despejada, ¿de qué tamaño se ven las estrellas? Y, si observa las casas que están lejanas, por ejemplo en las montañas, ¿cómo se ven? ¿De qué depende el tamaño que les asignamos?



3.

En una carrera de natación, ciclismo o automovilismo, en la que la llegada a la meta está muy reñida entre el primer y el segundo competidor, ¿cómo se sabe quién es el ganador finalmente?



4.

Vea un video en el que se muestre un gol de tiro libre y en el que la barrera sea sobrepasada por un lado. Por ejemplo, mire alguno anotado por jugadores famosos como Roberto Carlos, Lionel Messi o Cristiano Ronaldo. Dibuje alguna de esas trayectorias de gol. ¿Cuántas dimensiones les asignaría a las trayectorias de estos tiros?



Explique sus dibujos.

Discusión

1.

Una persona A está sentada en una silla de parque junto a otra persona B, que es un(a) amigo(a), con quien saborea un delicioso helado. ¿Se puede afirmar, contundentemente, que A y B están quietos o que se están moviendo? Explique.

¿Se puede considerar al planeta Tierra como un punto; es decir, como un objeto pequeño? Un vehículo que consideramos grande, por ejemplo un gran bus urbano articulado, ¿se puede considerar como un punto, es decir como un objeto pequeño? Explique.

La persona B afirma que A se movió rápido. La persona C afirma que A se movió lentamente, mientras que la persona D parece exagerar diciendo que A estaba quieto. ¿Quién tiene la razón? ¿Pueden tener todas ellas la razón? ¿Faltaría contextualizar y complementar estas afirmaciones para poder decidir sobre su veracidad? ¿Qué faltaría, entonces?

Una esfera metálica se escapa de un avión accidentalmente. La persona A dice: “Yo vi que la esfera describió una trayectoria curva”; mientras que la persona B, refiriéndose a la misma esfera, exclama: “Yo vi que la trayectoria fue recta”. ¿Quién tiene la razón? ¿Pueden tener ambos la razón? ¿Faltaría contextualizar y complementar estas afirmaciones para poder decidir sobre su veracidad?

A

B

Síntesis

Con ayuda de algún material educativo (página de internet, texto, etc.), haga una descripción con sus propias palabras de lo que es...

- **Un sistema de referencia** y muestre la necesidad de explicitarlo para decidir si un cuerpo se mueve o no y qué tan rápido se mueve.

- **Un objeto considerado como partícula.** ¿Cuál es la necesidad de considerar un cuerpo como partícula?

- **La velocidad media y la rapidez media.**

- **Una trayectoria 1-dimensional, 2-dimensional, 3-dimensional.**

Actividades complementarias

1.

¿Un cuerpo puede a la vez estar quieto y en movimiento? Dé ejemplos para ilustrar su respuesta. ¿El planeta Tierra se mueve o está quieto? Explique.

2.

Una actividad que se realiza en un laboratorio de física para analizar el movimiento de un cuerpo es “pegar” una cinta blanca a un cuerpo que resbala por una superficie inclinada. A medida que pasa el tiempo, un marcador va tocando la cinta, de tal manera que sobre la cinta quedan señalados unos puntos.



¿Qué se puede decir respecto a la inclinación si se comparan las siguientes cintas presentadas por dos grupos de trabajo?

Cinta grupo 1



Cinta grupo 2



3.

Dos personas, A y B, van caminando por un andén, desde una esquina hasta la siguiente. No obstante, A camina a un paso normal (sin afán), mientras que B sí está apurado. ¿Cómo se puede comparar la rapidez de estos dos transeúntes? Lleve a cabo su estrategia con ayuda de dos compañeros: uno debe caminar normalmente y el otro debe caminar a mayor ritmo. ¿Cuántas veces es más rápido el uno que el otro?

4.

Consulte sobre movimientos de cuerpos cuyas trayectorias sean rectas, elípticas, circulares, helicoidales. Dibuje estas trayectorias y describa las condiciones físicas para lograr estas trayectorias. ¿Cuántas dimensiones tiene cada trayectoria?



3 La “MAGIA” que adquiere un cuerpo al ser frotado



Introducción

Si se infla un globo de fiesta y se le frota contra el pelo, a pesar de que el globo no haya cambiado de apariencia, ahora se dispone de un “globo mágico”. En efecto, el globo puede quedar adherido a una pared, o puede atraer una lata de gaseosa (vacía) sin tocarla, o puede hacer mover pedacitos de papel. ¿Por qué sucede esto? En este capítulo mostraremos una manera de explicar estos llamativos fenómenos.

Toda búsqueda de explicación supone que existe algo que si bien está relacionado con lo que observamos, se sale del alcance de la observación inmediata y nos resulta desconocido. Así pues, la búsqueda de explicación científica está íntimamente relacionada con una especie de tanteo de lo desconocido.

William Berson

Propósito

Caracterizar en los cuerpos el atributo llamado carga eléctrica.

Observación de fenómenos electrostáticos

Describe hechos notorios que observe en cada una de las siguientes diez actividades:

1. Frote dos globos con el cabello o con piel de conejo, y luego acérquelos el uno al otro.



2.

Frote dos varillas de vidrio con un trozo de seda y acérquelas la una a la otra.



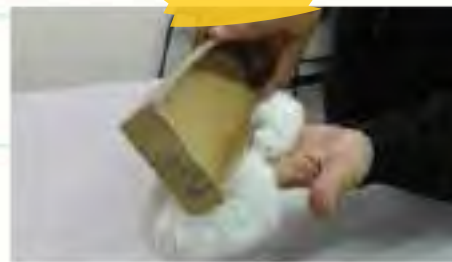
3.

Realice las actividades 1 y 2, pero ahora acerque el globo a la varilla.



4.

Frote otros tubos o varillas de diferentes materiales (por ejemplo, de madera, de plástico, de metal, de cartón) con la piel o con el trozo de seda, y acérquelos al globo o a la varilla de vidrio. Elabore una conclusión a partir de las actividades 1, 2, 3 y 4.



5.

Frote un globo contra un trozo de piel de conejo o contra su cabello y luego acérquelo a pedacitos de papel.



6.



Frote un globo contra un trozo de piel de conejo o contra su cabello y luego acérquelo a una lata vacía de gaseosa.

Un electroscopio casero es un dispositivo como el que se muestra en la figura siguiente.

Consiste en un recipiente de vidrio, un corcho y un alambre de cobre.

En uno de los extremos del alambre de cobre se pone una bola de papel de aluminio y en el otro extremo se pone una tira de papel de aluminio a manera de péndulo.



Con ayuda de un electroscopio lleve a cabo las siguientes actividades:

7. Frote el tubo de plástico y enseguida acérquelo a la bola metálica del electroscopio, pero sin hacer contacto. *Describe los hechos notorios que observe.*

8. ¿Qué observaría si en la actividad anterior se toca la tira de aluminio con un dedo o un alambre? Y, ¿con un pedazo de madera?

9. Frote el tubo de plástico y acérquelo a la esfera de aluminio sin tocarla. Otra persona toca la parte metálica del electroscopio. Ahora se retira, primero, el tubo cargado, y luego, la persona que estaba haciendo contacto con el electroscopio. *Describe hechos notorios que observe.*

10. Note la dificultad de cargar por frotación la varilla metálica. Frote la varilla metálica y acérquela a la esfera del electroscopio, incluso, toque la esfera. *¿Qué observa?*

Ideas previas

1.

Mediante dibujos, represente lo que considere que está sucediendo a nivel microscópico en las actividades 1 a 10, después de frotar. Exprese el significado de los dibujos con un texto explicativo. Sea amplio en sus explicaciones.



2. Muestre alguna representación gráfica que ayude a caracterizar los materiales metálicos y a entender su cualidad de conductores.

3. ¿Cómo explica la dificultad para electrizar por frotación un metal?

La teoría

Las interacciones entre cuerpos frotados, o entre un cuerpo frotado y un cuerpo neutro, se pueden explicar mediante la existencia de pequeñas partículas, llamadas electrón y protón, que tienen una propiedad o atributo llamado carga eléctrica. Cuando se frota el cuerpo A con el cuerpo B, pueden ocurrir varios hechos: a) A transfiere electrones a B; b) B transfiere electrones a A; o c) Ninguno de los dos transfiere electrones.

1. Consulte sobre los siguientes valores que caracterizan a los electrones, los protones y los neutrones:

Nombre	Valor de la carga	Signo de la carga	Masa	Símbolo
Electrón				
Protón				
Neutrón				

2.

Si A transfiere electrones a B, ¿qué signo (positivo o negativo) de carga se le asocia tanto a A como a B?

3.

Consulte sobre un modelo físico sencillo/preliminar de los materiales conductores, que explique los diversos comportamientos observados.

4.

Aplique ese modelo físico para entender el uso eléctrico cotidiano de los alambres, los cables, las varillas metálicas (multitomas, cargadores de celulares, etc.).

Actividades Complementarias

1.

Estas actividades se pueden llevar a cabo con un electroscopio casero. Consulte y haga una breve descripción sobre lo que es un polo o conexión a tierra.

2.

¿De qué depende la facilidad o dificultad para que los electrones se transporten dentro de un material?

3.

¿Qué papel cumple un medio ambiente húmedo o seco en los procesos de electrización de los cuerpos?

4

¿Puede la fuerza

MAGNÉTICA

frenar la caída

de un cuerpo?



Imagen tomada de:

<http://www.game-art-hq.com/magneto-official-artworks/>

Introducción

¿Considera que un imán cae más lentamente cuando va dentro de un tubo de aluminio que cuando va dentro de un tubo plástico? ¿Por qué pasa esto?, ese será el tema de este capítulo.

El experimentador que no sabe lo que está buscando no comprenderá lo que encuentra

Claude Bernard

Propósito

Lo que se necesita:

- Identificar las partes de un imán.
- Saber que los polos opuestos de un imán se atraen y los iguales se repelen.
- Conocer que dos fuerzas iguales que halan un cuerpo se cancelan mutuamente, el cuerpo está en equilibrio.
- Saber que los imanes producen en el espacio que los rodea algo que se llama campo magnético (B).
- Conocer tanto las fuerzas como los campos tienen magnitud y dirección.

Lo que se aprenderá:

- Se aprenderá a hacer un diagrama de cuerpo libre.
- Se aplicará la tercera ley de Newton a la fuerza magnética.
- Se aprenderá sobre la ley de inducción de Faraday.
- Se aprenderá a hacer la gráfica de una línea recta y a escribir su ecuación.
- Se aprenderá a obtener información física de una gráfica.

Trabajando en las ideas previas

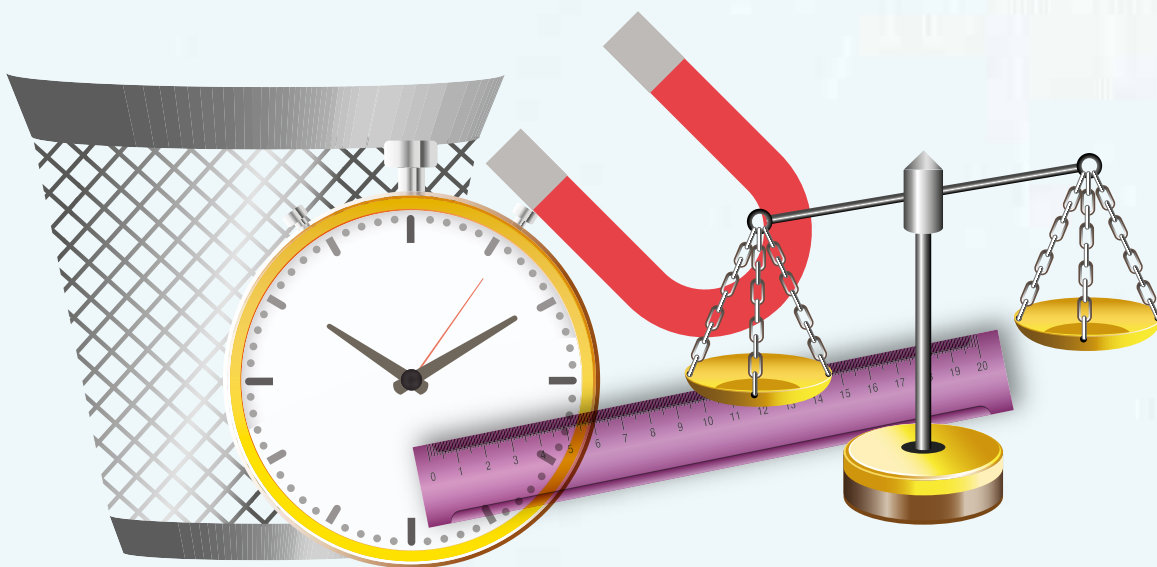
En su aula de clase o en su casa, vea los siguientes videos:

- El mundo de Beakman- Magnetismo
- El mundo de Beakman- Electroimanes

Materiales

Los materiales que se necesitan por cada tres estudiantes son:

- Tres tubos, uno de aluminio, otro de PVC y otro de cobre, cada uno de 100 cm de largo y radio interno de 3 cm. En uno de los extremos de cada tubo debe haber dos orificios (uno al frente del otro) para que pueda colgar el tubo del dinamómetro.
- Imán cilíndrico de neodimio de 1 cm de radio por 2 cm de altura.
- Cinco tuercas de 1 cm de radio por 1 cm de altura.
- Objetos pequeños de aluminio, plástico, hierro, icopor, madera, papel, acero. El tamaño de cada uno de estos objetos debe ser tal que puedan pasar por los tubos sin rozarlos.
- Una hoja de papel milimetrado y una regla.
- Una balanza o báscula con resolución de 0.1 g.
- Un cronómetro digital con resolución de 0.01 s.
- Un dinamómetro con resolución de 1 g.
- Soporte universal.



Producción

Con la ayuda del profesor realicen los siguientes procedimientos teniendo cuidado de no dejar caer los objetos directamente sobre el piso porque se pueden romper:

Tabla 1. Diagrama de flujo de las actividades por desarrollar.



Tabla 2. Predicciones de las experiencias planteadas

Tabla 3. Observaciones de las experiencias planteadas

¿Algún objeto tarda más tiempo en caer?

¿El tiempo de caída depende de la masa del objeto?

Tabla 4. Mediciones de las experiencias planteadas.

Medida	Tubo de PVC	Tubo de aluminio	Tubo de cobre
Dinamómetro sin imán			
Dinamómetro con imán			
Tiempo de caída			

Tabla 5. Síntesis de las experiencias planteadas.

¿El tiempo de caída a través del tubo depende del material del tubo?

¿El tiempo de caída a través del tubo de cobre depende de que el material que cae sea magnético o no?

¿Es mayor la medida del dinamómetro con el imán cayendo dentro del tubo o sin él?

¿El tiempo de caída a través del tubo de cobre depende de la orientación del imán dentro del tubo?

Las corrientes eléctricas producen campos magnéticos. Un campo magnético, B , es la cuantificación del curvamiento del espacio producido por una corriente eléctrica. Este curvamiento no se ve pero se siente. Los campos magnéticos se representan gráficamente por las denominadas líneas de campo magnético. Al número de líneas de campo magnético que atraviesan una superficie (abierta o cerrada) se les denomina flujo magnético. La ley de inducción de Faraday dice que un flujo magnético variable en el tiempo induce un voltaje, que este voltaje induce una corriente, y que esta corriente produce un campo magnético.

Un imán que cae por el tubo origina un flujo magnético variable en el tiempo. Este flujo variable en el tiempo genera un voltaje que pone a mover los electrones de los átomos del tubo. Si el tubo es de un material metálico (cobre, aluminio, etc.), los electrones pueden moverse muy fácilmente y originar una corriente, pero si el tubo es de un material aislante (madera, plástico, etc.), los electrones no se mueven y por lo tanto no se origina una corriente. La corriente inducida en el tubo genera un campo magnético. Si el imán cae con su polo sur hacia abajo, la corriente que se induce en el tubo encima del imán es de dirección antihoraria, y la corriente que se induce en el tubo debajo del imán es de dirección horaria.

El campo magnético generado por cada una de estas corrientes puede imaginarse como el campo magnético generado por dos “imanes”, uno arriba y otro abajo: el de arriba tiene su polo sur hacia abajo y el de abajo está con su polo sur hacia arriba. La figura 1A muestra el imán cayendo dentro del tubo con su polo sur hacia abajo, y la figura 1B muestra el imán cayendo con su polo norte hacia abajo.

El imán que cae se atrae con el “imán” de arriba y se repele con el “imán” de abajo y, en consecuencia, el imán que cae siente una fuerza magnética hacia arriba. Esta fuerza no es constante: es proporcional a la velocidad del imán; en efecto, aumenta rápidamente hasta que toma el mismo valor que el peso del imán, es decir, casi todo el recorrido del imán dentro del tubo lo hace con fuerza neta cero o, lo que es lo mismo, con velocidad constante. La rapidez con que cae el imán está dada por la siguiente expresión teórica:

$$v = \frac{1024gma^4}{45(\mu\mu_0)^2\sigma\delta} \quad (1)$$

Donde a es el radio promedio del tubo. δ es el espesor del tubo, μ es el momento dipolar magnético del imán, μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}^2/\text{A}$ y σ es la conductividad del material del tubo, $\sigma=5.08\cdot 10^7 \text{ }\Omega^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ para el cobre. g es la aceleración gravitacional y m es la masa del cuerpo que cae (en este caso imán y tuercas).

La rapidez con que cae el imán también puede calcularse así:

$$v = \frac{d}{t} \quad (2)$$

d es igual a la longitud del tubo y t es el tiempo que tarda en recorrer esta distancia.

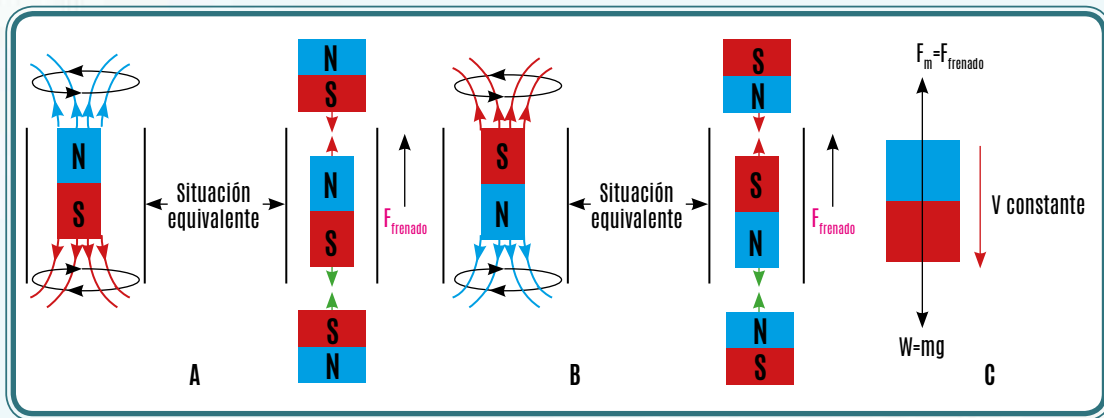


Figura 1. Corrientes inducidas en el imán que cae a través del tubo. A: cuando el imán cae con su polo sur hacia abajo. B: Cuando el imán cae con su polo sur hacia arriba. C Diagrama de cuerpo libre sobre el imán que cae. (Modificada de http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/electromagnet/induccin/foucault1/tubo_1.gif).

La figura 1C muestra el diagrama de cuerpo libre del imán cuando se deja caer. La fuerza neta sobre el imán es cero porque el peso W (o fuerza gravitacional) se equilibra con la fuerza magnética F_m (esta fuerza se comporta como una fuerza de frenado); la fuerza magnética se origina en el campo magnético inducido por el imán cuando cae. El valor promedio de g en Bogotá es de $9,7637\text{m/s}^2$.

La segunda ley de Newton establece que la fuerza neta es igual al producto de la masa del cuerpo por su aceleración: $F_{NETA}=m\cdot a$. Cuando la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es cero, se dice que el cuerpo está en equi-

librio y su aceleración es cero. Que la aceleración de un cuerpo sea igual a cero quiere decir que el cuerpo se mueve con velocidad constante o que está en reposo. En efecto, el imán que cae por el tubo está en equilibrio y su velocidad es constante.

La tercera ley de Newton determina que si el imán siente una fuerza magnética (vertical hacia arriba), él ejercerá una fuerza magnética de igual magnitud y dirección contraria sobre el tubo (vertical hacia abajo). Por esta razón, el dinamómetro aumenta su medida cuando el imán cae dentro del tubo.

Hay varias formas de hallar el valor de la pendiente de una línea recta. Tal vez una de las más conocidas es la siguiente: se toman dos puntos que estén sobre la línea recta, uno de coordenadas (x_1, y_1) y el otro de coordenadas (x_2, y_2) . Entonces la pendiente de la recta es:

$$B = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (3)$$

■ Reporte de resultados

Tabla 6. Síntesis de las experiencias planteadas

Masa del imán más la(s) tuerca(s) m (kg)	Tiempo promedio de caída t (s)	Rapidez del imán, ecuación (2) v (m/s)

En la ecuación (1), la rapidez es directamente proporcional a la masa y la constante de proporcionalidad o pendiente es $B=(1024ga^4)/(45(\mu\mu_0)^2\sigma\delta)$, el valor de B se saca de la gráfica utilizando la ecuación (3) y todos los demás valores se conoce excepto el de μ , entonces utilizando esta última expresión podemos obtener un valor para μ :

Momento dipolar magnético del imán que cae $\mu =$ _____

Las unidades de la pendiente en el sistema internacional son: _____

Actividades Complementarias

Con lo que ha aprendido hoy, puede realizar las siguientes actividades complementarias:

1. La tabla 6 fue hecha para un imán que cae dentro de un tubo de cobre. ¿Qué pasaría si se repite esta experiencia con el tubo de aluminio?:
 - El imán siente una fuerza magnética que intenta frenarlo.
 - El imán cae con velocidad constante.
 - La velocidad de caída del imán ¿aumenta o disminuye?
2. Utilizando la ecuación (1), calcule la rapidez de caída.
3. La rapidez expresada en la ecuación (1) ¿aumenta o disminuye si el imán es impulsado hacia abajo cuando se suelta?
4. ¿La pendiente de la recta encontrada en esta práctica cambiará si, cuando se suelta, el imán es impulsado hacia abajo?
5. Escriba la expresión matemática para la ley de inducción de Faraday y explique cada uno de sus términos.
6. Puede consultar la siguiente página para ver cómo se dedujo la ecuación (1): <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/inducion/foucault1/foucault1.htm>

¿Cuántos tipos
de movimiento se
pueden realizar cuando se

5

SALTA en
bungee jumping?



Introducción

Muchas veces hemos visto cómo se mueve un péndulo y nos divertimos con su hipnótico movimiento, pero, ¿qué pasa si unimos dos péndulos? Imaginemos en este momento que usted, al igual que sus compañeros de clase, puede caminar y hacer muchas cosas con sus piernas, pero si une con una cuerda una de sus piernas a la de su compañero, ¿podrá hacer las mismas cosas de antes?, ¿pueden ahora, unidos, hacer cosas que no hacían antes? De la misma manera, ¿tienen los péndulos unidos “habilidades” diferentes a las que tenían antes? También hemos visto o experimentado los saltos en *bungee jumping*. ¿Se parece el movimiento del osado aventurero al de un péndulo, o su comportamiento es similar al de dos péndulos unidos? Ese será el tema de este capítulo.

No hay duda que todo conocimiento empieza con una experiencia.

Immanuel Kant

Ideas previas y propósitos

Lo que se necesita:

- Saber qué es una oscilación.
- Calcular el período de un péndulo simple.
- Dibujar el diagrama de cuerpo libre de un péndulo simple.
- Reconocer las fuerzas que actúan sobre un péndulo simple.

Lo que se aprenderá:

- Se aprenderá qué son los péndulos acoplados.
- Se aprenderá qué es un modo normal de un péndulo acoplado.
- Se identificará los modos normales de un péndulo acoplado.
- Se medirá el período de los modos normales de oscilación de dos péndulos acoplados.
- Se aprenderá a hacer la gráfica de una línea recta y a escribir su ecuación.
- Se aprenderá a obtener información física de una gráfica.
- Se aprenderá a comparar la información que ya se conoce.

Trabajando en las ideas previas



En el aula o en la casa se pueden ver estos videos:

- <http://www.youtube.com/watch?v=GVRpSuX7T0>
(el péndulo simple)
- <http://www.youtube.com/watch?v=otA-WgcBBGk>
(péndulo simple: determinación de la aceleración de la gravedad)

Materiales

Los materiales que se necesitan por cada tres estudiantes son:

- Dos cuerdas livianas de 1.10 m de longitud.
- Una masa de 250 g.
- Un cronómetro.
- Un palo de pincho o de balsa de 30 cm de longitud.
- Dos soportes universales.
- Un flexómetro.
- Tres hojas de papel milimetrado, regla y colores.

Procedimiento

El docente realiza el montaje de la figura 2 y les pregunta a los estudiantes: ¿Cómo imaginan que será el movimiento de los péndulos? ¿Cuántas formas diferentes de empezar el movimiento de los péndulos existen? Se les pide que acompañen su respuesta con dibujos. Aquí, es posible organizar una competencia buscando el grupo que proponga el mayor número de opciones diferentes. Durante esta etapa los estudiantes no deben tocar los péndulos.

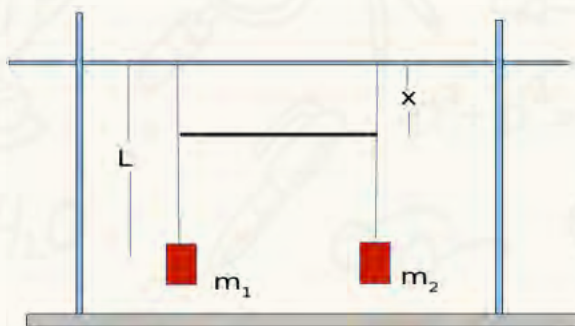


Figura 2. Dos péndulos simples idénticos, de longitud L y acoplados con una varilla. x indica la posición del acople.

Tabla 7. Diagrama de flujo de las actividades que se van a desarrollar.



16

Pongan a oscilar los péndulos en el modo 2 y midan el período de oscilación. Para ello, tomen la longitud $L = 1$ m, y la longitud x como 10, 20, 30, 40 y 50 cm. Para cada x midan el período tres veces, calculen el período promedio y el período promedio al cuadrado.

17

Consignen sus resultados en la tabla 11.

18

Con los valores del cuadrado del periodo (T^2) y la posición del acople (x), hagan la gráfica en papel milimetrado, tomando a T^2 en las ordenadas y a x en las abscisas. Esta se llamará gráfica 2.

19

Tracen una recta que una los puntos de la gráfica 1 (modo normal 1).

20

Encuentren la pendiente usando la ecuación (5) y el punto de corte.

21

Consignen sus resultados en la tabla 12.

22

Tracen una recta que una los puntos de la gráfica 2 (modo normal 2).

23

Encuentren la pendiente usando la ecuación (5) y el punto de corte. Con cada uno de estos valores, encuentren el valor de la aceleración gravitacional, usando la ecuación (4). Promedien estos

24

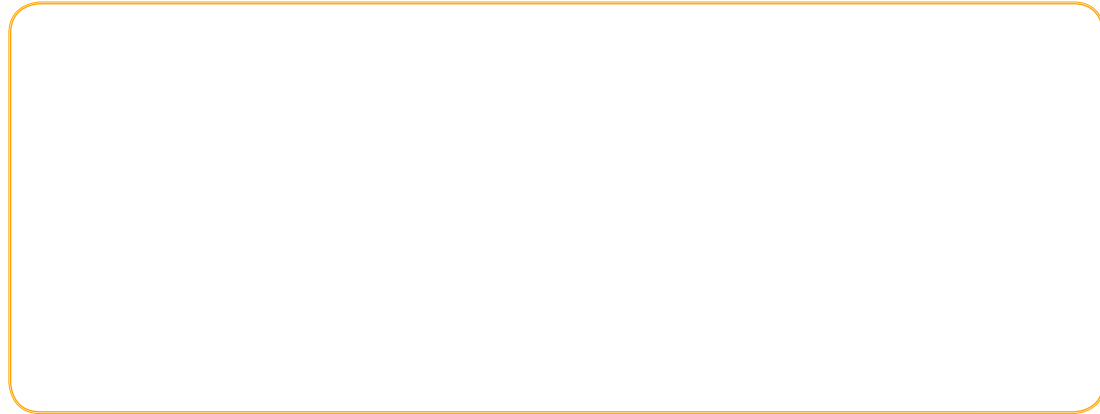
Consignen sus resultados en la tabla 13.

Tabla 8. Predicciones de las experiencias planteadas.



Tabla 9. Observaciones de las experiencias planteadas.

- ¿Cuántas formas diferentes de iniciar el movimiento ha encontrado?, representelas con dibujos.



La teoría

El período T del péndulo simple, cuando se desplaza un ángulo menor de 15 grados, se calcula como:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

donde L es la longitud de la cuerda y g es la aceleración gravitacional.

Podemos tomar dos péndulos simples y unirlos por sus cuerdas con una varilla, una cuerda o un resorte; este sistema recibe el nombre de péndulos acoplados. El movimiento de los péndulos acoplados es en general complejo y depende de la forma como sea puesto a oscilar. Sin embargo, hay dos situaciones muy interesantes en las que cada uno de los péndulos realiza un movimiento armónico simple y todas las partes oscilan con la misma frecuencia, y por ello pasan por el punto de equilibrio al mismo tiempo. A cada una de estas situaciones se le llama modo normal.

El primer modo normal se presenta cuando se desplazan los dos péndulos en la misma dirección, de manera paralela a la varilla que los acopla, y se liberan simultáneamente. En este caso, los péndulos tienen exactamente el mismo período que un péndulo simple, no importa en qué posición se coloque el acople.

El segundo modo normal se produce cuando se desplazan los dos péndulos en direcciones opuestas de manera paralela a la varilla que los acopla y se liberan simultáneamente. En este caso, los péndulos tienen un período dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L-x}{g}} \quad (2)$$

El período del segundo modo normal sí depende de la posición del acople.

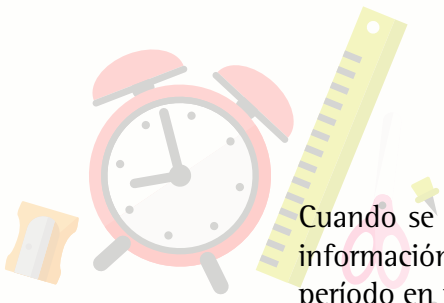
Otro movimiento interesante ocurre cuando uno de los péndulos se desplaza paralelamente a la varilla que los une, y se libera mientras el otro permanece en reposo. Se ve entonces que el primer péndulo empieza a detenerse y el otro comienza a moverse; luego la situación se invierte. A este movimiento se le llama pulsación.

Las ecuaciones (1) y (2) de los períodos tienen raíces cuadradas que son algo complicadas de analizar. No obstante, si se elevan al cuadrado las ecuaciones (1) y (2), obtenemos:

$$T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g} \quad (3)$$

$$T^2 = 4\pi^2\frac{L-x}{g} = 4\pi^2\frac{L}{g} - 4\pi^2\frac{x}{g} \quad (4)$$

Las ecuaciones (3) y (4) son mucho más fáciles de estudiar, ya que son lineales respecto a x . De la ecuación (3) podemos ver que, en el modo normal 1, el período no depende de la posición del acople. En el modo normal 2, [ecuación (4)], vemos que la función es una línea recta con punto de corte $4\pi^2 L/g$ y pendiente negativa $4\pi^2/g$.



Cuando se realiza una gráfica, es muy interesante obtener algún tipo de información a partir de ella. Por ejemplo, en la gráfica del cuadrado del período en función de la posición del acople para el modo normal 1, se espera una curva constante; y en la gráfica correspondiente al modo normal 2 se espera una recta, en la que, tanto con su punto de corte como con su pendiente se puede encontrar el valor de la aceleración gravitacional.

Para encontrar el punto de corte es suficiente con alargar la recta trazada hasta que corte el eje vertical, y leer el valor correspondiente. Por otra parte, hay varias formas de hallar el valor de la pendiente de una línea recta. Tal vez uno de las más conocidas sea la siguiente: se toman dos puntos que estén sobre la línea recta, uno de coordenadas (x_1, y_1) y el otro de coordenadas (x_2, y_2) . Entonces la pendiente de la recta es:

$$A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (5)$$

La física es una ciencia experimental, es decir, todas las teorías en física deben ser confirmadas o descartadas mediante experimentos, aunque algunas teorías nacen de los experimentos mismos. Cada vez que se hace un experimento y se obtiene un valor promedio de una medida, se debe decir qué tan precisa y exacta fue esta medida. La precisión nos dice qué tan cercanos entre sí están los valores con los que se calculó el promedio, y nos cuenta qué tan buenos son el experimentador y el aparato con el que se realizó la medida. La exactitud nos dice qué tan cerca está un determinado valor promedio de un valor teórico. El valor teórico puede ser el valor medio de la misma magnitud encontrado en otro experimento o por otro experimentador. A la exactitud de una medida se le suele llamar error relativo porcentual y se calcula así:

$$ER\% = \left| \frac{\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teórico}} \right| \cdot 100 \quad (6)$$

Las dos líneas paralelas verticales de la fórmula anterior nos indican que el valor de lo que está comprendido entre ellas es un valor absoluto; en otras palabras, que la exactitud es un valor siempre positivo. En algunos laboratorios del mundo, si el error relativo porcentual es superior a un porcentaje preestablecido, por ejemplo 3%, habrá que repetir la medición.

Reporte de resultados

Tabla 10. Periodo de modo de oscilación 1 en función de la posición del acople.

x(cm)	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₃ (s)	T(s)	T ₂ (s)
10					
20					
30					
40					
50					

Tabla 11. Periodo del modo de oscilación 2 en función de la posición del acople.

x(cm)	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₃ (s)	T(s)	T ₂ (s)
10					
20					
30					
40					
50					

Anexe aquí sus dos gráficas



■ Cálculos

1.

Cálculos de la gráfica 1 (modo normal 1)

Tabla 12. Valores correspondientes al cuadrado del período en función de la posición del acople para el modo normal

Pendiente=	
Punto de corte=	

2.

Cálculos de la gráfica 2 (modo normal 2)

Tabla 13. Valores correspondientes al cuadrado del período, en función de la posición del acople para el modo

Pendiente=	
Punto de corte=	
Aceleración gravitacional encontrada con la pendiente=	
Aceleración gravitacional encontrada con el punto de corte=	
Promedio de las dos aceleraciones gravitacionales=	
Incertidumbre relativa para la aceleración gravitacionalo error relativo porcentual =	

Actividades complementarias

Con lo que se ha aprendido hoy, se sugiere realizar las siguientes actividades complementarias:

1.

Cambien la masa de uno de los péndulos por una que sea el doble, el triple, o muchas veces más grande que la otra. Pongan a oscilar el sistema como se ha aprendido en la práctica de hoy. ¿Qué diferencias encuentran? ¿Aparecen nuevos modos de oscilación?

2.

Cambien el acople de varilla rígida por un resorte. Pongan a oscilar el sistema como se ha aprendido en la práctica de hoy. ¿Qué diferencias encuentran? ¿Aparecen nuevos modos de oscilación?

3.

Pongan una hoja debajo de uno de los péndulos y cambien la masa por un vaso con arena o con pintura, hagan un hueco en la parte inferior del vaso, pongan a oscilar el sistema y miren las figuras que se van formando. Intenten con diferentes maneras de iniciar el sistema. Pueden mantener la hoja fija o moverla suavemente.

4.

Escojan una masa y únanla a un resorte, cuélguenla verticalmente, desplacen la masa como si fuera un péndulo simple y déjenla oscilar. Intenten describir el movimiento de la masa. ¿Creen que tiene alguna similitud con el aventurero que saltó en bungee jumping?

5.

Visite las páginas:



- http://www.youtube.com/watch?v=YCjRc_5atII (Péndulos acoplados)
- http://www.youtube.com/watch?v=SzgtR_U4eQ8 (El péndulo dibujante)



6

Perturbaciones que se **PROPAGAN** en un medio



Introducción

Si se dispone de una cuerda larga y se agita desde un extremo, pareciera que viajara un cuerpo; sin embargo, si se mira con cuidado se observa que la cuerda se va deformando de la misma manera a medida que transcurre el tiempo, sin que se mueva efectivamente un objeto material hacia adelante. En otra situación, si se lanza una piedra en un pozo de agua se observan “círculos viajando hacia afuera”; pero la observación cuidadosa muestra que el agua sube y baja sin que se mueva hacia la orilla.

Al propagarse una onda, transporta energía. La energía de las ondas de la luz solar calienta la superficie terrestre, en tanto que la energía de las ondas sísmicas puede requebrajar la corteza terrestre.

Young y Freedman

La asociación natural, realizada por el pensamiento, que imagina una entidad física sustancial vinculada con las deformaciones o perturbaciones que viajan por el medio genera dificultades u obstáculos epistemológicos. Por ejemplo, si dos perturbaciones del medio llegan a un mismo lugar y si el pensamiento trata las perturbaciones como objetos materiales, entonces el pensamiento concluye que las perturbaciones se “aniquilan” o que la más grande aniquila a la más pequeña. Sin embargo, esto no es lo que se observa. En este módulo reflexionaremos sobre el movimiento ondulatorio.

Propósito

Conceptualizar algunas propiedades características del movimiento ondulatorio.

Observación

Observaciones de Fenómenos ondulatorios



En la foto superior se muestra un conjunto de varillas delgadas y paralelas que están unidas (soldadas) a un alambre que pasa por la mitad de cada varilla. Si una varilla de los extremos se agita hacia arriba y hacia abajo con una amplitud pequeña y de forma periódica, se observa que los alambres se configuran como en la foto inferior.



1.

¿Qué movimiento ejecuta cada varilla? ¿Qué características tiene el movimiento de cada varilla con respecto al movimiento de la primera?

2.

Represente mediante un dibujo cómo se vería el conjunto de alambres justo en el instante en el que el primer alambre...

- ha realizado la primera mitad de un ciclo completo.
- ha realizado el primer ciclo completo.

Medio ciclo

Un ciclo

3.

Explique sus dibujos.

Suponga la foto inferior de la página anterior se obtiene como consecuencia de que la mano hace oscilar la varilla a una frecuencia f y una amplitud A . Represente, mediante dibujos análogos, cómo se vería el medio (el conjunto de alambres) si el primer alambre se mueve con la misma

- a. ... amplitud A y el doble de la frecuencia, es decir, $2f$.
- b. ... amplitud A y la mitad de la frecuencia, es decir, $f/2$.
- c. ... frecuencia f y el doble de amplitud, es decir, $2A$.
- d. ... frecuencia f y la mitad de la amplitud, $A/2$.

a

b

c

d

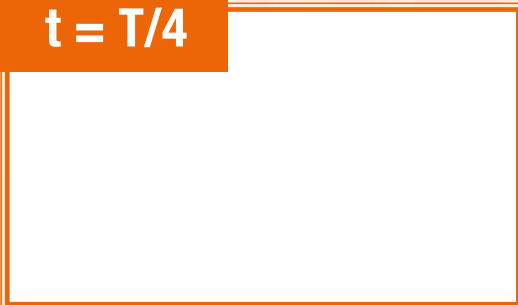
Explique sus dibujos.

4.

En este movimiento ondulatorio hay dos tipos notorios de movimiento. Uno es el de los alambres; el otro es el de “la deformación que avanza” por el medio. Si la siguiente fotografía fue tomada en el instante $t=0$ seg, ¿cómo se verían las fotografías correspondientes si se tomaran cada cuarto de período?



$t = T/4$



$t = T/2$



$t = 3T/4$



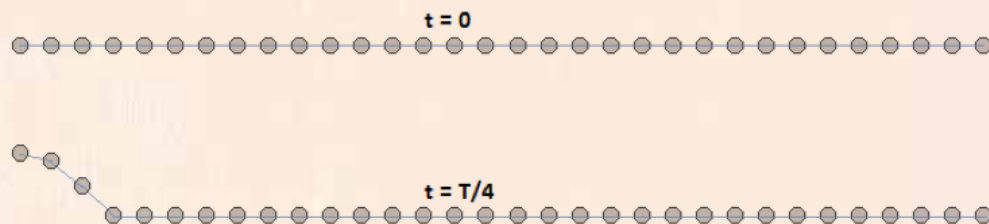
$t = T$



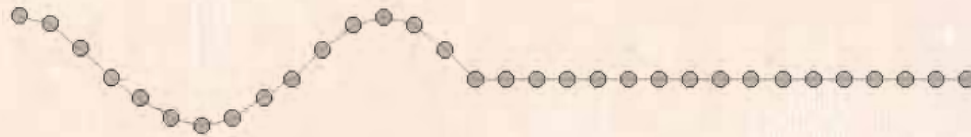
Explique sus dibujos.

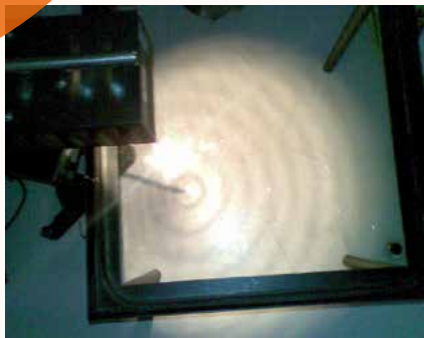
Discusión

1. En el extremo izquierdo de la siguiente cuerda se genera un movimiento armónico de período T . Las figuras muestran el movimiento de la cuerda en $t = 0$ y en $t = T/4$.



¿En qué momento fue tomada la siguiente foto? Explique





Si se perturba con una punta y de manera periódica la superficie de una cubeta de agua, se observan “círculos” oscuros y claros. Estos se aprecian mejor si se coloca una lámpara que ilumine la superficie, como se muestra en la foto de la izquierda.

2.

Argumente, con evidencias, acerca de estos “dos tipos” de círculos; es decir, por qué se ven círculos oscuros y claros.

3.

Si la foto de la página anterior corresponde a una frecuencia f , ¿cómo serían las fotos correspondientes a las frecuencias $f/2$ y $2f$?

Frecuencia $f/2$

Frecuencia $2f$

4.

¿Qué magnitudes físicas considera necesarias para caracterizar y diferenciar un movimiento ondulatorio respecto a otro movimiento ondulatorio que utiliza el mismo medio?

Síntesis

Al mover el extremo de una cuerda tensionada se nota que se transmite el movimiento a toda la cuerda. Al arrojar una piedra sobre un estanque de agua se observa un movimiento que se propaga por el estanque. Al pronunciar un sonido, este se transmite a todo el rededor. Al perturbar adecuadamente un slinky (**resorte helicoidal largo**), observamos “amontonamientos” del medio, que van viajando por el slinky. En estos ejemplos, algo se transmite de un extremo a otro –el movimiento–, pero las partículas del medio no se mueven de un extremo a otro. Decimos entonces que se ha propagado un pulso o una perturbación. Una onda debe entenderse como un conjunto de eventos muy similares que se suceden uno tras otro y no como un objeto que se mueve.

1.

¿Cuál es el “evento” que se repite en una onda que se propaga en

- a. ... una cuerda?
- b. ... en el aire?
- c. ... un resorte largo cuando se mueve longitudinalmente?
- d. ... en el agua?

2.

Consulte en una página de internet o en un libro de física sobre:

Amplitud de una onda: _____

Frecuencia de una onda: _____

Longitud de onda: _____

Velocidad de la onda: _____

Velocidad del medio cuando se propaga una onda: : _____

Actividad complementaria

Si usted cuelga un globo de fiesta (inflado) frente a un parlante y conecta su música favorita a este parlante, ¿qué le ocurrirá al globo? Si varía un poco el volumen, ¿qué hará el globo? Y si varía el botón Bass (el control de bajos), ¿qué hará el globo?





Aprendizaje activo de la física plantea un método que estimula a los participantes del proceso de aprendizaje a consolidar espacios académicos en los que la fenomenología, las ideas previas, la discusión, la reflexión, la experimentación y la síntesis son aspectos fundamentales, y cuyo propósito es el perfeccionamiento de las competencias propias de la actividad científica.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

BOGOTÁ
HUMANA



Educación Media
FORTALECIDA



**UNIVERSIDAD
CENTRAL**