LABO BALSEIRO

EXPERIENCIAS EN FÍSICA ESCOLAR

UNA GUÍA DE TRABAJO DOCENTE

UNA INICIATIVA DE LA FUNDACIÓN Y EL INSTITUTO BALSEIRO

“La educación que se impone a quienes verdaderamente se comprometen con la liberación no puede basarse en una comprensión de los hombres como seres “vacíos” a quienes el mundo “llena” con contenidos; no puede basarse en una conciencia especializada, mecánicamente dividida, sino en los hombres como “cuerpos conscientes” y en la conciencia como conciencia intencionada al mundo. “

Paulo Freire - 1968

“No es privativo únicamente del superdotado la creación científica y estoy seguro que todos ustedes en mayor o menor grado pueden lograr ser investigadores capaces de obtener resultados que les pertenezcan. Pero también les compete participar en una tarea de fundamental importancia: la de contribuir a la formación de un ambiente propicio[...]. Tengo el más profundo optimismo respecto de las posibilidades intelectuales y en el futuro de nuestro país. Pero ese optimismo no implica que crea que ese futuro promisorio pueda lograrse sin lucha ni esfuerzo. [...]. A ustedes les cabe participar en la tarea de convertir los senderos en caminos y los cimientos en edificios.”

José Antonio Balseiro

Acto de colación de la primera promoción - 1958

ARTICULACIÓN INSTITUCIONAL	ASESORAMIENTO PEDAGÓGICO	EQUIPO DE DISEÑO	EQUIPO DE FÍSICOS
Patricia Mateos Jordana Ruth Dorfman Jimena Lamela Romina Pfoh Rocío Andreani	Diego Chertoff Flavia Santamaria Nora Schewer	Polenta Estudio Alejandro Gonzalez Andrés Waisberg Gaspar IwaniuraLorge Mariano Roca Ezequiel Roses	Alejandro Butera Eduardo Jagla Diego Mazzitelli Alberto Rojo

PRÓLOGO

“Cualquiera que en efecto recorra sus páginas
notará que si se hicieran populares las
explicaciones que contiene y los principios de que
emanan, se obraría un vuelco en las ideas,
un cambio en la manera de ver y razonar”.
Domingo Faustino Sarmiento
Prólogo a “La física al alcance de todos”
De M. Levi Alvarez (1853)

¿Cómo se mejora la educación de un país? Si bien la respuesta involucra una multiplicidad de estrategias debatibles, una componente incuestionable es la mejora de la alfabetización científica. La ciencia busca una descripción unificada de las regularidades de la naturaleza, nos enseña a formular preguntas de tal modo que tengan respuestas, y nos mejora el sentido crítico. Es crucial que este modo de pensamiento, el así llamado método científico, se comunique desde la edad más temprana posible La experimentación es fundamental para preservar y estimular la curiosidad innata de los niños. Como parte de la iniciativa Las Golondrinas de la Fundación Balseiro, decidimos hacer un aporte a este propósito, el “Labo Balseiro”: un conjunto de experimentos sencillos en áreas fundamentales de la física, destinados a alumnos de la escuela primaria. La selección de los experimentos estuvo a cargo de un grupo de investigadores delInstituto Balseiro con experiencia previa en talleres de física para docentes secundarios. El Labo contiene, además de los elementos para realizar los experimentos, un código QR que dirige a un sitio web con material adicional, y un libro con instrucciones, en cuya elaboración participó un equipo de pedagogos de la Universidad del Comahue. El esquema general del proyecto Labo Balseiro incluye un seminario instructivo para maestros en los que se reproducen los experimentos y se exploran variantes que luego se presentarán en el aula. al cabo del seminario El Labo es donado a la escuela. El Labo no constituye un material curricular completo; es un complemento al proceso educativo, un conjunto de recursos de física destinado a edades tempranas, un aporte a la gran empresa de mejorarla “manera de ver y de razonar”

Alberto Rojo

ÍNDICE

PRÓLOGO	3
EXPERIMENTO 1: TODO ES UN IDA Y VUELTA: EL PÉNDULO	**5**
EXPERIMENTO 2: PÉNDULOS ACOPLADOS	8
EXPERIMENTO 3: UNO, DOS, ¡MUCHOS PÉNDULOS ACOPLADOS!	10
EXPERIMENTO 4: ¡QUÉ BUENA ONDA ESTA CUERDA!	11
EXPERIMENTO 5: FABRICANDO SONIDO CON AIRE EN UN TUBO.	14
EXPERIMENT0 6: TELÉFONO DE HILO	16
EXPERIMENT0 7: DIAPASONES QUE CONVERSAN	17
EXPERIMENTO 8: ¿CÓMO CAMINA UN INSECTO SOBRE EL AGUA?	18
EXPERIMENTO 9: POMPAS PLANAS QUE SE ROMPEN	21
EXPERIMENTO 10: EL EFECTO TAZA DE TÉ.	23
EXPERIMENTO 11: POMPAS DE JABÓN CUADRADASELECTRICIDAD	24
EXPERIMENTO 12: LA SALIVA DE VOLTA	25
EXPERIMENTO 13: EL MAPA DE LO INVISIBLE	29
EXPERIMENTO 14: IMANES QUE ENLOQUECEN LA BRÚJULA	33
EXPERIMENTO 15: TE SIGO LA CORRIENTE	36
EXPERIMENTO 16: EL TREN MÁS SENCILLO DEL MUNDO	41
EXPERIMENTO 17: A TODO MOTOR	44
EXPERIMENTO 18: ESTO ME SUENA	46
EXPERIMENTO 19 MIRÁNDONOS AL ESPEJO	49
EXPERIMENTO 20: RAYOS DE LUZ QUE SE QUIEBRAN	53
EXPERIMENTO 21: ESE CIELO AZUL QUE TODOS VEMOS	57
EXPERIMENTO 22: BARRILETE DE COLORES	51
BIBLIOGRAFIA	65

MECÁNICA

EXPERIMENTO 1: TODO ES UN IDA Y VUELTA: EL PÉNDULO

Construiremos un péndulo -uno de los sistemas físicos más sencillos de la mecánica- para pensar como científicos y realizar múltiples mediciones experimentales.

CONTEXTO COTIDIANO

En la naturaleza hay muchos fenómenos que se repiten periódicamente en el tiempo: la Tierra gira y completa una revolución una vez por día; el columpio vuelve a su punto inicial después de completar cada vaivén. El estudio de las oscilaciones y los movimientos periódicos es fundamental para la física porque este tipo de movimiento está presente en una multiplicidad de fenómenos naturales, como por ejemplo las ondas de sonido, la luz, las ondas del mar y las vibraciones de los materiales. Estos procesos oscilatorios abarcan desde la física nuclear hasta las escalas astronómicas, pasando por una variedad de fenómenos de la vida cotidiana. El más simple: el movimiento de una hamaca. Este puede modelarse como un **péndulo**, es decir, un peso colgado de una cuerda. En los experimentos que llevaremos a cabo aprenderemos sobre el péndulo y sus características.

FENÓMENOS EN JUEGO

Los movimientos oscilatorios ocurren alrededor de un “punto de equilibrio” donde la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo se anula. De acuerdo a las leyes que enunció Newton, si sobre un cuerpo no actúa una fuerza neta, el mismo puede permanecer en reposo indefinidamente. Por ejemplo, si tenemos una persona en una hamaca, el peso de la persona (que es una fuerza que trata de hacerla caer hacia abajo) está equilibrado por la reacción de la hamaca, que empuja hacia arriba, y la persona permanece quieta. Si ahora movemos la hamaca con la persona hacia adelante aparece una fuerza que trata de llevarla a su posición de equilibrio, de modo que al soltar la hamaca esta se acelera dirigiéndose al punto de equilibrio. Sin embargo, al llegar a ese punto lo hace con cierta velocidad, y eso hace que continúe moviéndose en la otra dirección, hasta que se frena. Y todo se repite, na y otra vez. Ese es un movimiento oscilatorio. En física llamamos péndulo a un sistema como el de la hamaca.

¿Qué ejemplos conocen de movimientos oscilatorios?

Por lo tanto, decimos que un cuerpo realiza un movimiento oscilatorio cuando después de cierto tiempo vuelve a su estado inicial y a partir de allí todo el proceso se repite una y otra vez. El tiempo que tarda el cuerpo en repetir exactamente el movimiento se denomina **período**, y suele representarse por la letra T.

¿Cómo creen que puede cambiarse el período y la frecuencia de una hamaca?

Un péndulo tiene un período fijo, es decir, que no cambia a lo largo del tiempo. Este hecho lo podemos comprobar si medimos varias veces el tiempo que tarda en ir y venir. También es posible comprobar que el período no depende de la amplitud del movimiento -siempre y cuando la amplitud se mantenga bastante más chica que el largo del péndulo-, ni de la masa del peso. En cambio, depende de la longitud del hilo.

Otra característica del movimiento pendular es su **frecuencia**, es decir, la cantidad de períodos que ocurren en una unidad de tiempo. La frecuencia suele representarse por la letra f.

El valor de f entonces se calcula como 1/T. De este modo, si un movimiento tiene un período de una décima de segundo, su frecuencia es 10 veces por segundo. A las "veces por segundo" las llamamos Hertz. 10 veces por segundo entonces son 10 Hertz, también escrito como 10 Hz. La frecuencia también puede ser menor que 1. Si el período de un movimiento es 10 s, la frecuencia es 0,1 veces por segundo, es decir, 0,1 Hz.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro:

- Rollo de hilo de albañil
- Tuercas de 1''
- Porta tuercas

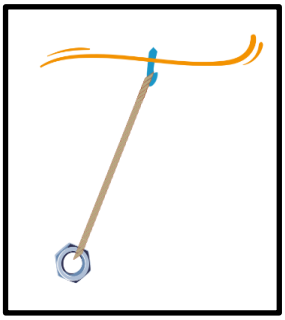
Materiales a conseguir:

- Cronómetro. (Puede usarse el cronómetro de un celular)

Materiales adicionales para el experimento propuesto en "Entre la casa y la escuela"

- Arena o sal
- Lata tipo de tomate, sin tapa, con un agujerito en la base

Desarrollo del experimento



Armar un péndulo utilizando el hilo, las tuercas y el porta tuerca. Iniciar el movimiento apartando la masa de la posición de equilibrio y soltarla (sin empujarla).

Medir el período. Para ello, utilizar alguna técnica para disminuir errores que se puedan introducir en la medición del tiempo.

Construir tablas de valores del período para péndulos de una masa fija cambiando la longitud.

Construir tablas de valores para péndulos de una misma longitud cambiando la masa.

Volcar estas tablas de valores en gráficos de período en función de la longitud, y período en función de la masa.
Analizar y sacar conclusiones.

Detalles Prácticos
La realización de las mediciones de períodos puede realizarse con un cronómetro, como el que tiene cualquier teléfono celular. Si el péndulo tiene poca longitud, el período resulta bastante corto y puede haber bastante dispersión de los resultados obtenidos.
Es aconsejable tomar el tiempo de más de una oscilación, por ejemplo 5, y dividir el tiempo medido por este número para calcular el período del péndulo.
El resultado de la medición del período como función de la longitud puede dar lugar a conclusiones con distinto nivel de profundidad según el grado de abstracción y los conceptos matemáticos de los que dispongan los estudiantes.

Variantes y actividades complementarias
Si observamos el movimiento del péndulo desde arriba, y lo pensamos proyectado sobre el piso, podremos ver que él mismo describe una trayectoria recta, de ida y vuelta. Se puede hacer mover el péndulo de una forma más complicada para que este dibujo sea distinto. ¿Cómo lo harían? ¿Qué tipo de dibujos se podrán obtener?

ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

El siguiente experimento se puede realizar en casa con materiales muy simples de conseguir.
Se usa como peso del péndulo una lata de tomate, sin tapa, con un agujerito en la base, y llena de arena o sal, de forma que el contenido vaya cayendo y dejando una traza en el piso. Esto permite observar dibujadas las trayectorias del péndulo.
Este caso más complejo se denomina “péndulo esférico”. El movimiento se puede estudiar como la composición de dos movimientos oscilatorios en dos direcciones perpendiculares. Los dibujos que se observan en el piso varían según la dirección, el sentido y la intensidad de la velocidad. El péndulo realiza segmentos rectos y círculos, pasando por los casos intermedios de elipses más anchas o más angostas. En el caso de las elipses se podrá notar que éstas van rotando lentamente, y la arena dibuja patrones variados. Esto sucede debido a que el período del movimiento oscilatorio depende levemente de la amplitud, la cual es distinta en las direcciones “larga” y “corta” de la elipse. Si bien es un efecto avanzado y algo difícil de entender en profundidad, la generación y observación de los dibujos suele ser entretenida para los estudiantes.

EXPERIMENTO 2: PÉNDULOS ACOPLADOS

Construiremos un sistema formado por dos péndulos acoplados para comprender los sistemas oscilatorios más complejos.

CONTEXTO COTIDIANO

Muchas veces, los sistemas oscilatorios que encontramos en la naturaleza no aparecen aislados como péndulos simples, sino que pueden pensarse como muchos péndulos juntos, es decir como péndulos acoplados. Por “acoplados” entendemos que hay un efecto del primero sobre el segundo, y al revés, del segundo sobre el primero. De esta manera, la oscilación de uno de ellos puede producir la oscilación del otro, aun cuando este estuviera originalmente quieto.
Para entender mejor el comportamiento de estos sistemas más complejos, exploraremos el caso más simple: aquel formado por solo dos péndulos.

FENÓMENOS EN JUEGO

La física de los péndulos acoplados nos da un primer acercamiento a las propiedades de la transmisión del sonido por el aire, de las vibraciones de las cuerdas de instrumentos musicales y muchos otros fenómenos. Por ello, este experimento debe considerarse como punto de partida para comprender mejor los experimentos siguientes.
Los conceptos fundamentales que entran en juego en esta experiencia son el de energía y el de transferencia de energía de un sistema a otro.
La energía es un concepto complejo, pero simplificando, podemos decir que la energía es lo que hay que entregarle a un cuerpo para ponerlo en movimiento, para levantarlo o para aumentar su temperatura. En el caso del péndulo, una vez que se le transfirió energía, este tiene la capacidad de oscilar de un lado a otro de forma indefinida. En la realidad, debido al rozamiento con el punto de sujeción y el aire, en un tiempo determinado, el péndulo dejará de oscilar.
En esta experiencia se entrega energía a uno de los péndulos apartándolo de su posición de equilibrio. Cuando ese péndulo deja de moverse indica que ha transferido su energía al siguiente, quién es el que ahora se mueve.
Si continuamos observando, veremos que eventualmente el movimiento vuelve al primer péndulo, indicando que la energía luego de pasar del primer péndulo al segundo, retorna al primero. Idealmente se espera que este proceso se repita indefinidamente, sin embargo, luego de unos pocos pasajes, el movimiento de los péndulos se hace cada vez más débil, hasta que desaparece por completo. Eso se debe a que la energía del movimiento original se dispersa progresivamente en el entorno, por ejemplo, en forma de movimiento del aire. Es importante también tener en cuenta que si los dos péndulos son diferentes (por ejemplo, tienen longitudes distintas), la transferencia de energía entre uno y otro no es completa, de forma que no veremos al primer péndulo completamente quieto mientras el segundo se mueve.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

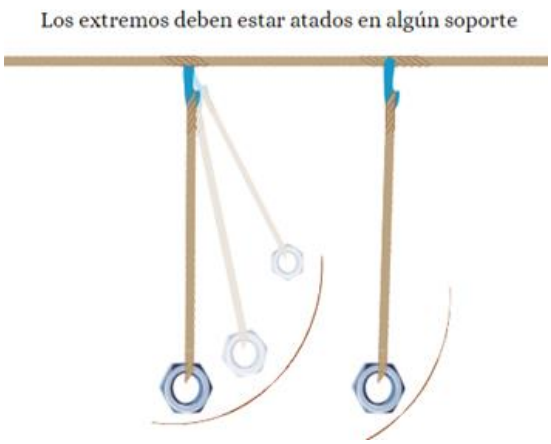
- Rollo de hilo de albañil, tuercas de 1''

Desarrollo del experimento

¿Tendrán el mismo período y la misma frecuencia?

Preparar dos péndulos de la misma longitud y con el mismo peso.
Atar un hilo horizontalmente, de forma más o menos tensa entre dos sillas.
A un tercio de la longitud del hilo, colgar uno de los péndulos y, luego, a la misma distancia del primero, el segundo. Hacer oscilar uno y observar qué pasa.

¿Qué observan cuando sueltan uno de los péndulos?



Describa lo que observa del movimiento de los dos péndulos hasta el momento en que ambos quedan quietos. Noten que cuanto mayor es la amplitud de la oscilación de un péndulo, mayor es su energía.

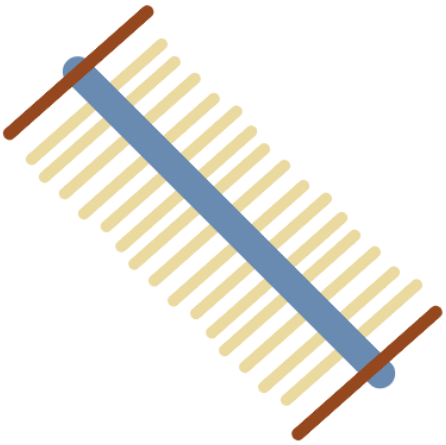
EXPERIMENTO 3: UNO, DOS, ¡MUCHOS PÉNDULOS ACOPLADOS!

Utilizaremos la máquina de ondas provista en el Labo para poder observar cómo se transmite un pulso de energía a través de la vibración entre muchos péndulos acoplados. ¿Cómo conseguiremos que el pulso viaje más rápido?

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

- Máquina de ondas.



Desarrollo del experimento

Mantener el sistema estirado.
Mover uno de los palitos y observar cómo el movimiento se transmite a los vecinos.
Probar con distintas tensiones del sistema, y distintas formas de hacer la oscilación en un extremo: vibraciones rápidas de corta duración, o vibraciones periódicas. Agregar un “defecto” al sistema. Por ejemplo, aumentando el peso de uno de los palitos con una tuerca que pueden pegar con cinta o adhiriendo un poco de plastilina a uno de los palitos.
Observar si altera y cómo lo hace a la propagación de los pulsos.

¿Se puede controlar la velocidad de esta transmisión de movimiento?

Detalles prácticos

El problema más común en este experimento suele ser que los pulsos que se generan no mantienen suficientemente su amplitud al desplazarse a lo largo de la máquina. Hay que elegir la mejor tensión en la máquina para observar los pulso propagándose durante el mayor tiempo posible

EXPERIMENTO 4: ¡QUÉ BUENA ONDA ESTA CUERDA!

Observaremos la propagación de ondas en un Slinky, y en una cuerda elástica.

CONTEXTO COTIDIANO

Además de observar a nuestro alrededor situaciones que pueden asimilarse a péndulos u osciladores individuales, en la naturaleza encontramos fenómenos que corresponden el caso de muchos péndulos acoplados. La transmisión de sonido a través del aire y las vibraciones de las cuerdas de instrumentos musicales son ejemplos de esta situación.

FENÓMENOS EN JUEGO:

La propagación sucesiva del movimiento de un péndulo a otro de una serie genera lo que se denomina una **onda**. Esta onda es capaz de transportar energía de un lugar a otro sin mover literalmente ningún objeto entre los dos lugares.
Existen dos tipos de ondas: las ondas **transversales** y las **longitudinales.**
En las ondas **transversales** la dirección de la oscilación del medio es perpendicular al movimiento de propagación de la onda. Por ejemplo, si tenemos un conjunto de péndulos colgados de una misma cuerda y con una separación fija entre péndulos consecutivos, podríamos comenzar un experimento entregándole energía al primero, sacándolo de su posición de equilibrio (la que tiene al estar quieto). A lo largo del tiempo veríamos que esa energía va pasando al segundo, al tercero, etc. Es decir, podríamos llevar la energía tan lejos como quisiéramos si tenemos un número suficiente de péndulos. Si bien en este caso la energía habría cambiado de lugar, ninguno de los péndulos lo habría hecho. Recordando se trata de una onda transversal, en dónde el movimiento del péndulo es perpendicular a la dirección de movimiento del pulso de la onda.

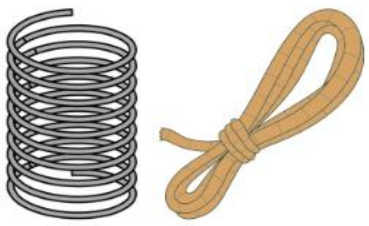
¿Por qué el movimiento de una de las barritas se transmite a las siguientes?

Las ondas **longitudinales** son aquellas en las que la oscilación, es decir, el movimiento con el que las partes van y vienen, ocurre en la misma dirección en la que viaja la onda, en otras palabras: la oscilación es paralela a la onda. Por ejemplo, los juegos donde hay muchos péndulos que chocan unos con otros, conocido como el péndulo o cuna de Newton, producen una onda longitudinal en la que el movimiento del pulso tiene la misma dirección y sentido que el movimiento del péndulo.
Si movemos más o menos rápido un extremo durante un corto tiempo, observaremos la propagación de un pulso a lo largo del sistema. Cuando ese pulso llega al otro extremo pueden ocurrir distintos fenómenos, según cómo se sostenga ese punto. Una posibilidad es que el extremo final se mantenga fijo (no se lo deje mover). En ese caso, el pulso **rebota** y retorna hacia el punto de partida.
Si ese movimiento que hacemos es periódico y continuado, los pulsos que van y vienen por el mismo se combinan. y pueden dar lugar a ondas denominadas **estacionarias**, en las que ya no vemos a los pulsos moverse, sino que vemos que en ciertos lugares del sistema vibran mucho, y en otros vibran poco.
La velocidad con la que el pulso se mueve por ejemplo en un slinky o en una cuerda poco tensa depende de propiedades como la densidad y la tensión a la que está sometido el medio en cuestión, pero no de la forma exacta como hayamos movido la punta del slinky.
Cuando el pulso llega al extremo fijo del slinky o de la cuerda retorna hacia el punto de partida. El pulso que se propaga en la cuerda y la cuerda de guitarra que vibra con sus extremos fijos son fenómenos similares. La vibración de la cuerda puede pensarse como dos pulsos que se están moviendo al mismo tiempo, en dirección contraria. La velocidad del pulso aumenta si se aumenta la tensión de la cuerda. En el caso de la oscilación, la frecuencia del movimiento depende de la tensión de la cuerda y de su longitud.
A partir de una determinada frecuencia (aproximadamente entre 15 y 20 oscilaciones por segundo) comenzamos a escuchar la oscilación. Primero como un sonido muy grave, que se hace más agudo a medida que tensamos la cuerda y la frecuencia de la oscilación aumenta.
Escuchamos la vibración de la cuerda porque además de la cuerda que vibra entra en juego el aire, que llena todo el espacio entre la cuerda y nuestro oído. El sonido que escuchamos son ondas que se propagan en el aire, inducidas por las ondas que se propagan en la cuerda.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

- Slinky
- Cuerda elástica, y mecanismo para tensar



Desarrollo del experimento

Parte I:
Sostenemos el slinky estirado sobre el piso. Generamos un pulso desde un extremo (es decir, un “ida y vuelta”) formando una onda transversal. Observemos cómo el pulso se mueve a través del slinky. Observar cómo se genera un pulso que se propaga en el resorte (puede ser conveniente filmarlo y verlo en cámara lenta).

¿Depende la velocidad de propagación de la onda generada de la manera en que hayamos movido la punta?

Parte II:
Tomamos la cuerda elástica y, apoyada sobre el piso o una mesa, observamos la propagación de pulsos al igual que en el caso del slinky.
Luego atamos los extremos de la cuerda al dispositivo de tensado.
Pulsamos la cuerda en un punto, primero con una tensión muy baja.
Seguimos con este proceso aumentando progresivamente la tensión.

El pulso que observamos con la cuerda casi sin tensión, y la oscilación de la cuerda al pulsarla, ¿son el mismo tipo de fenómeno? ¿Qué sucede con la rapidez de la oscilación de la cuerda a medida que la tensamos?

EXPERIMENTO 5: FABRICANDO SONIDO CON AIRE EN UN TUBO.

Produciremos sonido haciendo vibrar el aire del interior de un tubo.

CONTEXTO COTIDIANO

El aire que nos rodea es un sistema continuo en el que las ondas pueden propagarse y transmitir el sonido. Los tubos de muchos instrumentos musicales como las flautas se comportan de manera parecida a la cuerda o el slinky de la ficha anterior, y la frecuencia del sonido que producen depende del largo del tubo.

FENÓMENOS EN JUEGO:

Aunque la propagación del sonido en el aire es un fenómeno similar a la propagación de ondas en los experimentos de la máquina de ondas, presenta algunas diferencias significativas.
A diferencia de la cuerda que es unidimensional, el aire es un medio tridimensional (largo, ancho y alto). Sin embargo, a lo largo de un tubo, el aire se comporta de forma "casi-unidimensional", generando ondas longitudinales. Dentro del mismo, cada pequeña "rebanada" de aire puede empujar y hacer mover a la capa siguiente, generando una onda viajera en el sistema similar a la onda longitudinal en el slinky. Si esa onda viajera rebota en un extremo del tubo puede dar lugar a una onda estacionaria. Como en el caso de la cuerda, la frecuencia de la onda estacionaria depende de propiedades del aire (la temperatura y la masa de sus moléculas) y de la longitud del tubo.
En el ejemplo de un instrumento musical como la flauta de émbolo, el sonido se genera a través de estas mismas ondas estacionarias. La frecuencia dependerá de la posición del émbolo y su amplitud -que percibimos como el volumen- aumenta solo si soplamos un poco más fuerte. Si lo hacemos muy fuerte, el sonido que se produce es mucho más agudo. En este caso la onda del interior del tubo puede vibrar con una frecuencia que corresponde a la mitad o al tercio del largo del tubo. Se generan así los llamados **armónicos superiores**. Si soplamos con intensidad leve, pero suficiente como para producir un sonido audible y constante, veremos que el sonido se hace más agudo si el tubo se acorta.
En el caso de combinaciones más complejas, como por ejemplo el que produce una persona al hablar, también pueden ser transmitidas a través del aire o de una cuerda. Esto es bastante obvio para el caso del aire: hablamos, y pueden escucharnos desde distancias más o menos lejanas. Lo mismo sucede si hablamos en la punta de una manguera y escuchamos en el otro extremo. El caso de "hablar" a través de una cuerda es menos común, pero a la vez más divertido.
Por ejemplo, cuando los niños juegan con teléfonos caseros, construidos con 2 vasos plásticos y una piola, la voz ingresa por un vaso, viaja a través de la cuerda y sale por el otro. Las vibraciones del aire causadas por el sonido al hablar dentro del vaso, son capaces de hacer vibrar el fondo. Como este se encuentra unido a la cuerda, la vibración

continúa viajando por ella hasta el otro vaso. En el otro extremo sucede algo similar, pero a la inversa: la vibración del hilo consigue hacer vibrar el fondo, que a su vez hace vibrar el aire dentro del vaso y genera un sonido que puede escucharse. Uno de los vasos actúa como micrófono, y el otro como parlante.

En el vaso de salida, el que funciona como parlante, sucede, además, un fenómeno conocido como **resonancia**.

Para entender mejor este concepto, imaginemos un columpio, al que empujamos y dejamos moverse solo. El columpio oscila con su propio período. Si le damos empujones pequeños al cumplirse un período, veremos que la amplitud de la oscilación aumenta con cada empujón.

Este acuerdo de períodos entre el período propio y el de los empujones, o excitación externa es lo que en física se llama **resonancia**. Un diapasón (montado en una caja de resonancia) resuena cuando un segundo diapasón idéntico suena cerca. Esto se debe a que la frecuencia impulsora del primer diapasón es la misma que la frecuencia natural del segundo diapasón.

Un segundo efecto interesante es el de **batido,** que resulta de la superposición de dos frecuencias próximas, dando lugar a una frecuencia más chica. Encontraremos este efecto en el experimento con dos diapasones. La versión visual de esta superposición es los llamados motivos de Moiré donde al superponer dos figuras con patrones periódicos ligeramente distintos dan lugar a un nuevo patrón de un período más largo.

¿Qué sucede si se sopla demasiado fuerte? ¿Cómo cambia la frecuencia al desplazar el tapón?

Otro ejemplo de una onda estacionaria es el sonido proveniente de un instrumento musical de cuerda, como una guitarra. Este tipo de instrumentos tienen siempre una caja similar a nuestro vaso parlante. En este sistema, la vibración de la cuerda se transmite a la caja consiguiendo mover fácilmente al aire que contiene, generando, de este modo, un sonido particular.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

Tubo de caña con tapón móvil.
Slinky

Desarrollo del experimento

Tomar el tubo de caña con el tapón interior de uno de sus lados.
Soplar sobre el extremo abierto del tubo, tratando de generar un sonido.
Intentar con distintas posiciones del tapón.

Manteniendo la posición del tapón fija, ¿Depende la frecuencia del sonido obtenido de la manera de soplar?

EXPERIMENT0 6: TELÉFONO DE HILO

Construiremos un dispositivo que permite a dos personas hablar y escucharse entre los extremos de una cuerda tensada.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

Dos vasos de plástico
Varios metros de hilo piola

Desarrollo del experimento

Tomamos dos vasos de plástico unidos por sus fondos con una piola.
La mantenemos tensionada.
Hablamos dentro de uno de los vasos o escuchamos dentro del otro.

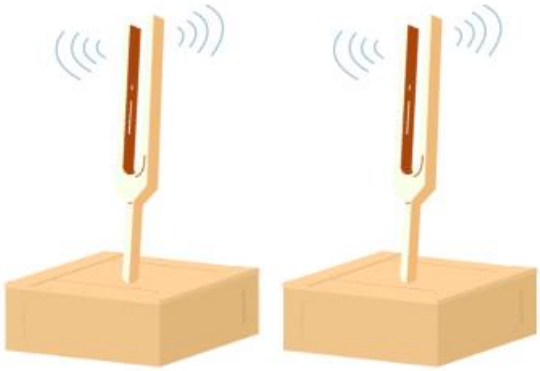
¿Cómo está llegando el sonido de un extremo al otro?¿Podría hablar sin los vasos y hacerlo directamente sobre el hilo?

EXPERIMENT0 7: DIAPASONES QUE CONVERSAN

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

2 diapasones montados en cajas resonantes
Lápiz, birome o elemento no metálico para generar un golpe
Plastilina



Desarrollo del experimento

Acomodar los diapasones en el agujero superior de las cajas y sujetarlo con el tope de madera.
Poner las bocas de las cajas enfrentadas con una separación de unos pocos centímetros.
Tocar uno de los diapasones con intensidad. Recomendamos golpear levemente el diapasón con un lápiz, una birome, o algún material no metálico para generar un tono claro en el diapasón.
Apagar ese diapasón cubriéndolo con la mano y comprobar que el segundo esté sonando.
Las vibraciones del aire, a pesar de ser muy pequeña energía, ocurren con la frecuencia justa para inducir vibraciones en el segundo diapasón.
Poner un poco de plastilina en uno de los dos diapasones. La plastilina altera mínimamente la frecuencia del diapasón al punto que el cambio de tono es apenas discernible.
Repetir el experimento anterior y comprobar que la resonancia ahora no ocurre.
Con la plastilina en uno de los diapasones tocar ambos con bastante intensidad, para comprobar que el sonido **bate**, es decir la intensidad aumenta y disminuye en un período audible. Comprobar que ese período se hace más chico si aumentamos la cantidad de plastilina en el diapasón “alterado”.

TENSIÓN SUPERFICIAL

EXPERIMENTO 8: ¿CÓMO CAMINA UN INSECTO SOBRE EL AGUA?

Ejemplos sencillos para ilustrar que la superficie de un líquido se comporta como una membrana tensa.
Observaremos que un metal sólido (sin huecos) –o un material más denso que el agua– apoyado en la superficie de un líquido, puede flotar, siempre que su forma, al apoyarse en el líquido, tenga un perímetro grande.

CONTEXTO COTIDIANO

En la vida cotidiana vemos pompas de jabón, gotas de lluvia que se quedan pegadas a las hojas de las plantas, bichitos que caminan en el agua, pequeñas ondas en el agua cuando corre una brisa leve. Estos fenómenos se entienden con un concepto que los físicos llamamos tensión superficial.

FENÓMENOS EN JUEGO:

Todos los materiales están hechos de átomos y moléculas que se atraen entre sí. En los líquidos los átomos y moléculas pueden moverse y adoptar distintas formas. En general, un líquido fluye movido por la gravedad: los ríos y arroyos son ejemplos de ellos. Y si hay algo que los contiene, un vaso, una copa, tienden a ocupar el volumen del recipiente y adoptar su forma. En el espacio libre, sin gravedad, las moléculas de un líquido tienden a la forma en la que estén rodeadas del mayor número de vecinos; esto es lo mismo que decir que las moléculas “prefieren” no estar en la superficie.
La forma que minimiza la superficie manteniendo el número total de moléculas es la esfera.
Por eso, en el espacio libre, en la Estación Espacial, por ejemplo, donde hay una situación de ingravidez, el agua tiende a formar gotas esféricas. La minimización de la superficie es un principio clave en los líquidos, y es parte de un principio más general que se aplica en otras áreas de la física (el “Principio de Mínima Acción”). Una gota de agua en el espacio trata de minimizar su superficie y se mueve como si esa superficie fuera una especie de membrana tensa. Por eso suele hablarse de **tensión superficial.**
La tensión superficial es una fuerza de unidad por longitud y depende de la fuerza con la que las moléculas de un líquido se atraen entre sí. Si quisiéramos apoyar un objeto sobre un líquido, la fuerza que el mismo puede generar para sostenerlo será mayor cuanto mayor sea el “perímetro de apoyo” del objeto y cuanto mayor sea la fuerza con la que se atraen las moléculas de ese líquido.
Podemos pensar a esta “membrana elástica” como una tela o sábana, cada uno de cuyos hilos pueden soportar una fuerza chica antes de cortarse y al objeto como un palo de escoba. Si queremos levantar el palo (hacerlo flotar) con la sábana, cuanto más largo sea el palo (esto es, que su perímetro sea mayor) con el mismo peso, más chances

tendrá de ser sostenido por la sábana ya que habrá un número mayor de hilos sosteniéndolo.
La superficie externa es mínima cuando la superficie interna al hilo es mínima. Y resulta que (no es muy difícil demostrarlo) la forma que maximiza el área para un perímetro fijo (la longitud del hilo) es un círculo. Otra forma de verlo es que la tensión superficial es como una especie de "presión negativa" en
la superficie del líquido. Al eliminar la película en el interior del hilo eliminamos la presión negativa del interior, y el efecto es equivalente a inflar un globo (el hueco dentro del hilo) de dos dimensiones. Como la tensión es la misma en todas las direcciones, el líquido adopta la forma simétrica del círculo.
Otro efecto que exploraremos es la **humectación,** un fenómeno quese refiere al modo en que un líquido se esparce sobre una superficie sólida –agua en la mesada, por ejemplo– o líquida –una gota de aceite en la superficie del agua. El grado de humectación, o "cuanto moja" un líquido, depende de la atracción entre las moléculas del líquido entre sí en comparación con las del líquido o la superficie. Si las moléculas del agua prefieren estar en contacto con la superficie en vez de estar en contacto con sus pares, el agua moja la superficie: se trata de una superficie **hidrofílica**. Si en cambio prefieren alejarse de la superficie, la superficie es **hidrofóbica**. Los impermeables para la lluvia y la sartén de teflón son casos de superficies hidrofóbicas.
Como dijimos anteriormente, la minimización de la superficie es un principio clave en los líquidos. Ahora bien, cuando esa superficie está en contacto con una estructura fija (al adherirse a un anillo de alambre o las aristas de un cubo, por ejemplo) el líquido *busca* la superficie mínima compatible con la restricción de tocar los bordes de la estructura. En general, predecir la superficie líquida que se forma es un problema matemático muy complejo, pero con experimentos sencillos es fácil encontrarlas directamente. Mostraremos ejemplos donde esas superficies pueden encontrarse con alambres y escarbadientes sumergidos en agua con detergente.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

Papel de aluminio
Hilo (cobre) para construir distintos poliedros y otras formas.
Clips

Materiales a conseguir

Recipiente para agua con boca ancha

Desarrollo del experimento

Llenar un recipiente de agua limpia.
Apoyar muy suavemente un clip metálico para papel en el agua.
Verificar si es posible que el clip flote.
La superficie del líquido se deforma como si fuera un globo tenso, y sostiene el clip.

Un objeto del mismo peso de clip, pero con otra forma ¿flotaría también?

Armar insectos de alambre.
Probar cuáles son capaces de flotar

Una variante interesante es construir, con dos alambres, una especie de riel donde el alambre horizontal puede deslizarse de arriba abajo.

Antes de probar ¿Cuáles insectos creés que tienen más chances de flotar?¿Por qué suponés eso?

EXPERIMENTO 9: POMPAS PLANAS QUE SE ROMPEN

Ejemplos sencillos para ilustrar que la superficie de un líquido se comporta como una membrana tensa que además puede romperse
Observaremos que la superficie de un líquido, al ser una especie de membrana tensa, puede romperse en partes, o su tensión puede alterarse en partes del líquido, con efectos visuales muy claros.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

- Alambre de cobre
- Hilo (cobre) para construir distintos poliedros y otras formas.
- Gotero
- Detergente

Material a conseguir

- Recipiente tipo plato hondo
- Leche
- Alambre de atar

Desarrollo del experimento

PARTE I
Colocar leche en el recipiente tipo plato.
Colocar un poco de colorante en el centro. Puede ser un solo color, o diferentes colores (asegurarse que las gotas de colores no se mezclen)
Embeber un hisopo con detergente
Tocar el centro de la leche con la punta del hisopo con detergente.
Otra opción es espolvorear pimienta o algo que flote sobre una superficie de agua, y tocarla con el dedo enjabonado.
Las moléculas de detergente se atraen entre sí con menor intensidad que las moléculas de agua: el agua con detergente tiene menos tensión superficial que el agua pura. Al tocar la superficie de agua la parte con detergente –la membrana enjabonada– disminuye su tensión y la membrana tensa (el agua) tiende a contraerse y se forma un círculo central que se expande.

PARTE II
Hacer un anillo de 5 a 10 cm de diámetro con alambre.
Colocar en un recipiente tipo plato hondo agua con detergente.
Sumergir el anillo en el agua con detergente hasta formar una superficie jabonosa.

¿Por qué se forma un círculo cuando se rompe la superficie en el interior del hilo?

Colocar un anillo de hilo de coser precisamente formado en el centro de la superficie jabonosa.
Sacar el anillo del agua con detergente.
Pinchar la superficie dentro del hilo de coser.

Este experimento puede entenderse como un caso extremo del experimento anterior, donde la tensión superficial en el interior del hilo se hace nula (el líquido desapareció)

¿Qué pasaría si agregamos un líquido distinto o agua con más concentración de detergente en una parte de la superficie exterior al hilo?

EXPERIMENTO 10: EL EFECTO TAZA DE TÉ.

¿Por qué se vuelca el té o cuando lo pasamos lentamente de una taza a otra? Mostraremos experimentos que ilustran las posibles maneras en que un líquido puede mojar una superficie, introduciendo el concepto de hidrofilia e hidrofobia.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

- Cinta de teflón
- Gotero
- Detergente
- Plaquitas de distintos materiales (hidrofílicos/hidrofóbicos)
- Colorante para comidas; se puede usar también acuarela.

Material a conseguir

- Superficies diferentes del estilo metálicas, de madera, de plástico, etc
- Taza

Desarrollo del experimento

PARTE I

Colocar con el gotero gotas de agua de distintos tamaños sobre una misma superficie.

Dar vuelta la superficie

Colocar gotas del mismo tamaño sobre distintas superficies. Comparar sus formas. El concepto clave aquí es que, cuando mayor sea la atracción entre las moléculas del líquido y las de la superficie mayor será la superficie de contacto; las moléculas "prefieren" a la superficie que a las de su misma especie. Cuanto mayor es esta atracción, el líquido moja más a la superficie.

PARTE II

Volcar lentamente el líquido de una taza a otra.

Ahora pegar en el borde de la primera taza (secando bien el borde antes) una cinta de teflón.

Repetir el experimento del volcado.

Dato curioso sobre el pétalo de rosa.

La superficie del pétalo de rosa es muy interesante: por un lado, es hidrofílica, pero tiene unas fibras tan pequeñas que la gota no alcanza a mojarlas y se mantiene bastante esférica. Por otro lado, tiene unas rugosidades cuyos pliegues son bastante más grandes que las fibras y eso le permite a la gota adherirse a la superficie y no rodar por el pétalo.

¿Por qué las más grandes son más chatas y las más pequeñas más redondas?

¿Por qué las gotas de agua suelen verse bastante esféricas en algunas plantas y en los pétalos de

¿Por qué creés que el líquido se vuelca adhiriéndose al vidrio de la primera taza?

¿Qué observás esta segunda vez con el teflón adherido a una de las tazas?

EXPERIMENTO 11: POMPAS DE JABÓN CUADRADAS

¿Pueden hacerse pompas de jabón cuadradas?
Mostraremos con formas geométricas que la superficie de un líquido, al comportarse como una membrana tensa, tiende a minimizar su superficie.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles en el Labo Balseiro

- Caja de escarbadientes
- Pistola de silicona
- Hilo (cobre) para construir distintos poliedros y otras formas.
- Detergente

Desarrollo del experimento

Con escarbadientes y silicona construir tetraedros y cubos.
Sumergirlos en agua con detergente y observar teniendo en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Qué estructuras se forman? ¿Sos capaz de encontrar algunas regularidades en las distintas formas? Por ejemplo:
- ¿Cuántas líneas convergen en cada punto de la estructura? ¿El número de líneas es siempre el mismo?
- ¿Cuántos planos convergen en cada línea de la estructura? ¿El número de planos es siempre el mismo?

ELECTRICIDAD

EXPERIMENTO 12: LA SALIVA DE VOLTA

Cómo construir una pila eléctrica usando agua salada y dos metales distintos.

CONTEXTO COTIDIANO

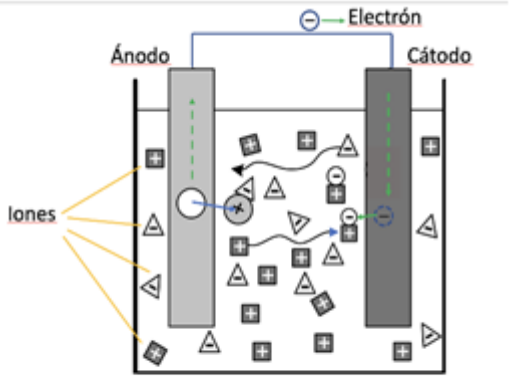
En nuestra vida cotidiana usamos baterías en una variedad de artefactos. El celular, el control remoto de la tele, la computadora portátil, todos necesitan energía eléctrica para funcionar, la cual es provista por baterías que operan según el mismo principio básico. Incluso desde hace algunos años hay autos eléctricos que funcionan con la energía provista por baterías. Haremos algunos experimentos que nos ayudarán a entender un poco de la ciencia detrás de las baterías.

FENÓMENOS EN JUEGO

La pila (o batería) eléctrica es un dispositivo que transforma la energía de una reacción química en energía eléctrica. Cuando dos metales distintos (también llamados "electrodos") se ponen en contacto a través de un electrolito (una sustancia que puede conducir la electricidad), se produce una reacción química en uno o ambos metales [1]. En una pila voltaica típica uno de los electrodos (el así llamado "'ánodo") pierde electrones ("se oxida") y el otro electrodo (el "cátodo") los gana ("se reduce"). Si se conectan los electrodos con un cable, esa pérdida y ganancia de electrones ocurre a través del cable: se produce una corriente eléctrica que viaja por el cable entre el ánodo y el cátodo. A su vez, por cada electrón que viaja desde el ánodo al cátodo hay una molécula positiva (un ión positivo) que viaja en el mismo sentido dentro del electrolito. Al encontrarse el ión con el electrón en el cátodo, la molécula de electrolito se neutraliza. La pila funciona hasta que se neutralizan todos los iones.

¿Qué ejemplos de baterías conocen? ¿En qué difieren entre sí?

El primero en construir una pila de este tipo fue el físico italiano Alessandro Volta, quien, en sus primeros intentos usó como electrolito su propia saliva, ¡con su lengua entre dos metales distintos. Una vez agotada la reacción, ¿podría hacerse algo para reactivarla?



Esquema del funcionamiento de una batería o pila.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

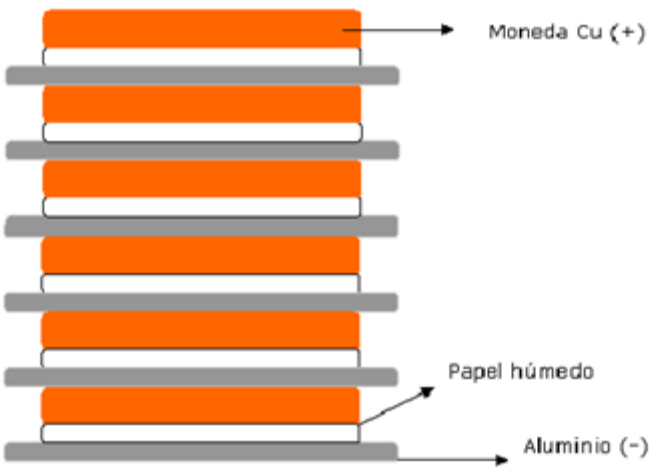
Materiales disponibles

- Discos de cobre
- Discos de aluminio o zinc
- Papel secante cortado en forma de discos
- Sal
- Cables de conexión
- Cinta adhesiva
- LED de alto brillo

Los discos de cobre pueden reemplazarse por monedas de color dorado y los de zinc por aluminio (por ejemplo de una lata de gaseosa o cerveza, cuidando de remover la pintura exterior). La lamparita LED puede conseguirse en cualquier negocio de electrónica.

Desarrollo de la actividad

Diluir la máxima cantidad posible de sal en agua (hasta que la sal comience a depositarse en el fondo del recipiente, aun revolviendo el contenido). Humedecer el cartón o papel secante con el agua salada. Apilar los discos de cobre, aluminio y papel húmedo como se indica en la figura. Conviene apilar unas 6 unidades elementales.



Apilamiento de los discos de aluminio y cobre separados por el papel humedecido con agua

¿Existirá alguna preferencia por los metales a emplear en la construcción de la pila?

¿Podrá construirse una pila con electrodos del mismo material? ¿Por qué?

¿Cómo difiere la intensidad del LED si el papel está apenas húmedo o muy empapado de agua con sal?

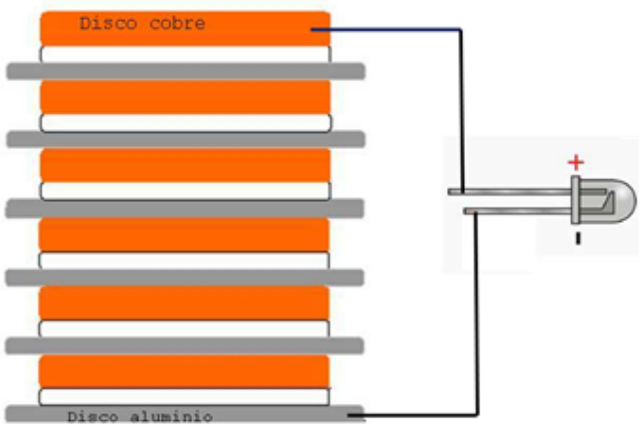
Cada unidad de cobre, aluminio y papel húmedo aporta aproximadamente 0.5 V[1] (en el caso de usar zinc el valor es de alrededor de 1 V). El apilamiento de 6 unidades genera entonces 3 V.

Para aprovechar la energía eléctrica de la pila, conectar -usando la cinta adhesiva- dos cables a los terminales o electrodos: un cable a la parte inferior de la pila (aluminio) y otro a la parte superior (cobre). Para agregar estabilidad pueden atar todo el arreglo con cinta adhesiva o una banda elástica (procurando que los metales de las distintas capas de la pila no entren en contacto entre sí).

Ahora que tenemos una batería podemos usarla para encender una lamparita LED, armando un circuito muy simple, ilustrado en la siguiente figura.

¿Qué pasa con la luz del LED si apilo menos de 6 unidades? ¿Y si apilo más?

¿Cuánto tiempo permanecerá encendido el LED y de qué dependerá?

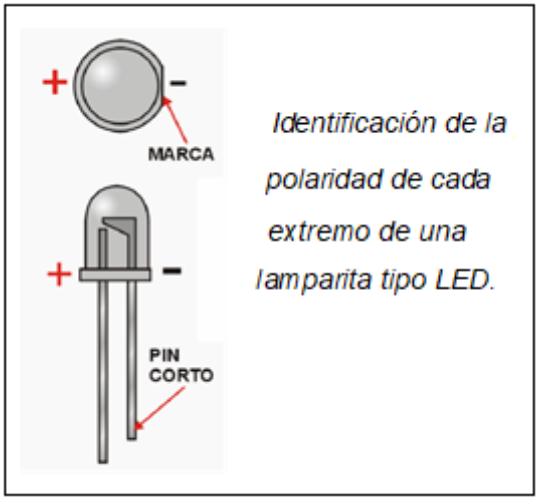


Conexión de la lamparita LED a la pila de discos de cobre y aluminio.

Es importante notar que, a diferencia de una lamparita común, las terminales de un LED no son simétricas. Eso significa que no da lo mismo conectar cualquier terminal al extremo + o - de la pila. La lamparita se enciende solo cuando la patita larga va conectada al cobre. También hay que tener especial cuidado en NO conectar el LED directamente a una batería comercial, ya que se quemaría inmediatamente. Como nuestra pila entrega poca corriente el LED puede conectarse directamente, pero con una pila comercial es necesario conectar una resistencia en serie que limite la corriente a no más de 0.01 A (ver imagen).

¿Puedo conectar más de un LED a la pila? ¿De qué forma se pueden conectar?

[1] "V" es por voltio (o volt), la unidad de potencial eléctrico, así nombrada en homenaje a Alessandro Volta. "A" es el símbolo para amperio, la unidad de intensidad de corriente eléctrica, en honor al francés André-Marie Ampère.



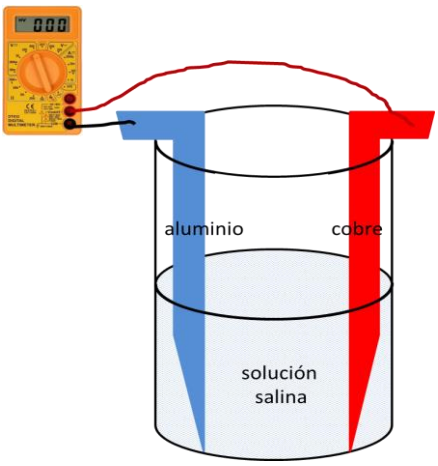
Detalles prácticos

Si el LED no se enciende puede deberse a:

- Conexión incorrecta: la pata más larga del LED debe ir conectada al polo positivo (la moneda de cobre).
- Demasiada iluminación: es posible que esté encendido, pero no se aprecie. Rodearlo con un cartón negro u oscurecer el lugar.
- Mal contacto en la pila: tal vez los componentes (electrodos y electrolito) están un poco separados. Presionar un poco.
- Aluminio inapropiado: puede ser que tenga un esmalte aislante. Lijarlo o probar otro tipo de aluminio.
- Insuficiente electrolito: los cartones no han sido bien humedecidos o la solución no es lo suficientemente salada. Agregar más sal y volver a humedecer.
- Monedas sucias: al igual que con el aluminio, el óxido puede evitar el buen contacto eléctrico. Limpiar bien la superficie con un poco de virulana fina.

ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

Hay muchas alternativas para hacer pilas caseras que pueden encontrarse con una búsqueda rápida en internet. Si se dispone de un multímetro puede hacerse un experimento muy sencillo para verificar el potencial entre distintos metales. Se debe cortar una tira de cada metal de aproximadamente 1 cm de ancho por 5 cm de largo y sumergirla parcialmente en un vaso plástico o de vidrio con solución salina, como se muestra en la figura. En lugar del LED pondremos las puntas del multímetro para determinar el potencial entre diferentes metales. Como ya mencionamos entre Cu y Zn hay una diferencia de potencial de algo más de 1 V, pero entre otros metales, como por ejemplo plata y magnesio encontraremos más de 3 V, suficientes como para encender un LED, y más aún entre litio y flúor que son los que darán la diferencia de potencial más grande con alrededor de 6 V.



MAGNETISMO

EXPERIMENTO 13: EL MAPA DE LO INVISIBLE

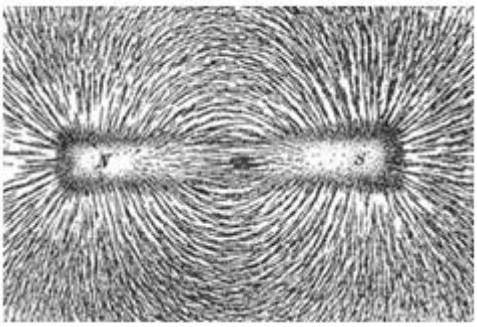
Construiremos un “visor” que permite identificar las líneas de fuerza y de campo magnético usando limaduras de hierro.

CONTEXTO COTIDIANO

Pegamos imanes en la puerta de la heladera, jugamos con imanes levantando materiales, quizás en alguna ocasión comprobamos que los parlantes que usamos en casa tienen un imán. La Tierra misma es un gigantesco imán. Esos imanes se atraen o repelen por una especial acción a distancia. Cada imán crea un “campo magnético” invisible alrededor suyo, y cuando un segundo imán entra en ese campo, “siente” una fuerza. Ese campo magnético puede pensarse como un conjunto de líneas invisibles que emergen y convergen en el imán. Esas líneas pueden revelarse y hacerse visibles con, por ejemplo, limaduras de hierro. Con este experimento exploraremos ese fenómeno.

¿En qué otras partes de nuestras casas podemos encontrar imanes?¿Son todos iguales en cuanto a forma, color, etc.?

Si encontramos distintos imanes ¿Hay diferencias en cuanto a la capacidad de atraer, por ejemplo, clips o pequeños clavos?

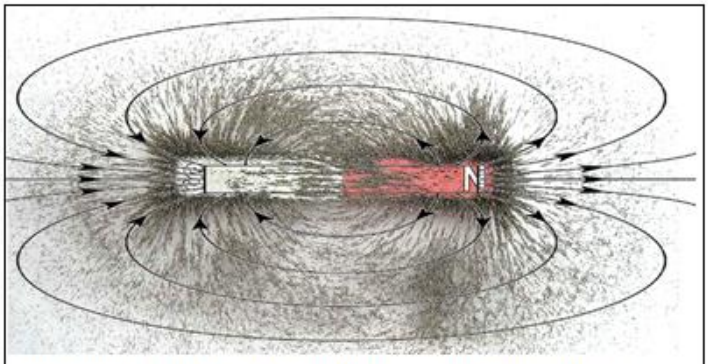


Líneas de fuerza de un imán visualizadas utilizando limaduras de hierro extendidas sobre una cartulina.

FENÓMENOS EN JUEGO

El magnetismo puede asociarse con la fuerza de atracción o repulsión que se produce entre algunas sustancias, especialmente aquellas que contienen hierro y otros metales como níquel y cobalto. Esta fuerza es debida tanto al movimiento de cargas eléctricas (electrones) como a una propiedad intrínseca de los electrones llamada espín: el magnetismo es electricidad en movimiento.

Todo imán tiene dos centros de magnetismo donde la fuerza se manifiesta con mayor intensidad: el polo norte (N) y el polo sur (S). Los polos del mismo signo se repelen mientras que polos de distinto signo se atraen. Si acercamos dos imanes, van a tender a orientarse de modo que el polo norte de uno se acerque al polo sur del otro.
La brújula es un ejemplo de un imán, con sus dos polos en los extremos de la aguja. Nuestro planeta como un todo también es un gran imán (debido a corrientes eléctricas en su interior) con sus dos polos magnéticos en las cercanías de los dos polos geográficos (aunque no coincidentes exactamente). Como la punta de la aguja de la brújula marcada con N apunta al norte (geográfico), esto indica que el Polo Norte geográfico está cercano al polo sur magnético de la tierra.
El funcionamiento de la brújula se basa en la propiedad que tiene una aguja imantada de orientarse en la dirección norte-sur magnética de la tierra bajo la influencia del campo terrestre. Imaginen que caminamos desde el Polo Sur hacia el norte, siguiendo permanentemente la indicación de una brújula. El camino que recorreremos formará una línea imaginaria que va de polo a polo. Ese camino imaginario es una “línea de fuerza magnética”.
Un imán permanente tiene el mismo efecto sobre una brújula que el campo magnético terrestre. Por lo tanto, si colocamos la brújula entre dos imanes enfrentados con polaridades opuestas su aguja tenderá a alinearse según las polaridades de los imanes.



Disposición de las líneas de fuerza de un imán en donde se indican los polos norte y sur. Si acercamos una brújula tenderá a orientarse paralela a estas líneas.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles

- Imanes
- Placas de plástico transparente
- Pegamento siliconado
- Limaduras de hierro
- Tiras de goma eva

Materiales para traer desde la casa

- Diferentes materiales magnéticos y no magnéticos: virulana, esponja metálica de cocina, agujas, clips, arandelas de cobre, papel de aluminio, tornillos de bronce, anillos de diferentes metales (oro, plata, acero), etc.
- Trozo de cartón blanco de aproximadamente 15 cm x 15 cm.

- Ceniza/arena volcánica (si vivimos en zona de volcanes activos). Se puede reemplazar por una mezcla de arena común y limaduras de hierro.
- Bolsas plásticas y recipientes transparentes.

Desarrollo de la actividad

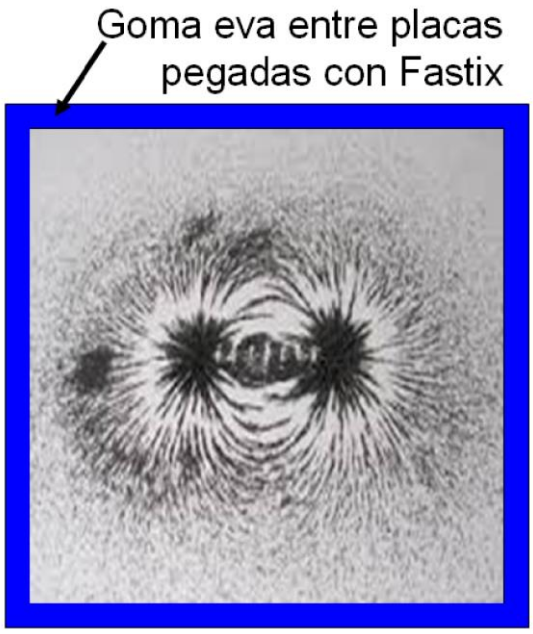
Primera parte: Identificación de materiales ferromagnéticos

1. Observen qué sucede al acercar un imán a diferentes materiales. ¿Todos los metales son atraídos por el imán? ¿Cuáles son atraídos y cuáles no?
2. Acerquen el imán al frasco de vidrio que contiene la ceniza volcánica (o la mezcla de arena y limaduras de hierro). ¿Existe atracción entre el imán y la arena? Dejen el imán pegado al vidrio del frasco y sacudan la arena. ¿Qué observan?
3. Usando el imán, separen el material magnético que contiene la ceniza. Una manera de realizar la separación magnética es envolver un imán con una bolsa de polietileno y acercarlo a la ceniza, de manera que atraiga solamente a las partículas magnéticas. Después se da vuelta la bolsa encerrando las partículas y se aleja el imán. Separar la cantidad suficiente como para utilizarla en la visualización de líneas de campo magnético. Nota: La arena volcánica contiene óxidos de hierro.

¿Notaron alguna diferencia entre la forma en que son atraídas por el imán las partículas de la arena volcánica y las limaduras de hierro?

Segunda parte: Visualización del campo magnético con limaduras de hierro y ceniza volcánica

1. Ubiquen dos imanes en una mesa, a unos pocos centímetros uno del otro. Apoyar el cartón sobre los imanes y espolvorear encima las limaduras de hierro. Golpear suavemente el cartón para permitir que las limaduras se muevan y formen el dibujo de las líneas de fuerza del campo magnético. ¿Qué forma tienen?
2. Acerquen más imanes. Observen y dibujen la forma que adoptan las líneas. Repitan los experimentos utilizando las cenizas volcánicas separadas en el punto anterior. ¿Observan diferencias?
3. Para construir un visor magnético coloquen una pequeña cantidad de limaduras de hierro entre las dos placas de acrílico transparente. Coloquen las tiras de goma eva sobre los bordes de las placas y sellen con pegamento siliconado, de modo que ambas placas queden pegadas y separadas por un espacio que permita el libre movimiento de las limaduras. ¡Esperen a que la silicona esté seca antes de usar! Se puede probar acercar uno o más imanes en distintas orientaciones y ver cómo se ordenan las limaduras en cada situación.



¿Por qué creen que las limaduras de hierro o la arena volcánica son siempre atraídas por el imán y nunca se observa una interacción repulsiva?

Detalles prácticos

- Si no se observa el detalle de las líneas de fuerza:
  - Prueben con un imán más potente o unir varios imanes.
  - El cartón es muy grueso: hay que probar con otro más fino.
  - Hay una cantidad excesiva de limaduras. Utilizar una cantidad menor.
- Se pueden adquirir imanes pequeños en ferreterías o utilizar los que componen los parlantes o discos rígidos de computadoras en desuso (son muy potentes y suelen ser circulares). Los imanes publicitarios son muy débiles y no sirven para esta experiencia.
- Al manipular los imanes hay que evitar que las limaduras entren en contacto directo con estos, ya que es complicado separarlos.
- No acercar los imanes a tarjetas de crédito, tarjetas magnéticas, discos rígidos de computadora (especialmente los discos externos que son magnéticos) y otros artículos de electrónica, ya que pueden resultar dañados.

ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

Quienes viven en zona de volcanes pueden encontrar la ceniza volcánica con solo excavar algunos centímetros en algún sitio con poca circulación de personas. Una posible variante del visor, que permite comparar la forma en que responden las cenizas y las limaduras de hierro, es dividirlo en dos con una tira de goma eva y llenar una mitad con cenizas y la otra con limaduras.

También podemos investigar con qué materiales se fabrican los imanes. Los antiguos imanes con forma de herradura solían ser de algún acero. Los de color negro que suelen usarse, entre muchas otras cosas, para pegar publicidades en la heladera se basan en un óxido de hierro llamado magnetita. Los más potentes, llamados habitualmente “de neodimio” son un compuesto que contiene hierro combinado con la tierra rara neodimio y con boro.

EXPERIMENTO 14: IMANES QUE ENLOQUECEN LA BRÚJULA

Haremos experimentos para identificar los polos magnéticos de un imán y que permiten estimar el signo y la intensidad de la fuerza magnética.

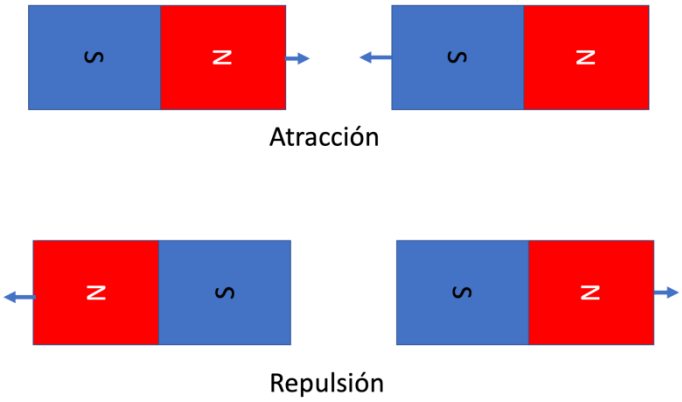
CONTEXTO COTIDIANO

Si jugaron con imanes habrán comprobado que la intensidad de la atracción o de la repulsión es mayor cuanto más cerca están, y que es más fácil juntarlos en algunas orientaciones que en otras. Haremos unos experimentos para comprobar estos efectos en mayor detalle.

FENÓMENOS EN JUEGO

Si dos imanes se acercan la intensidad de la fuerza magnética entre ellos aumenta. El signo de la fuerza magnética depende de la orientación entre estos imanes. Los polos del mismo signo se repelen mientras que polos de distinto signo se atraen.

EXPERIMENTAR EN EL AULA



Materiales disponibles

- Brújula (si no se cuenta con una brújula, puede construirse una como se indica en la sección de actividades complementarias)
- Imanes permanentes

Materiales para traer desde la casa

- Marcador indeleble o pintura
- Papel y lápiz
- Regla

Desarrollo de la actividad

1. Identificar el polo norte y el polo sur de un imán con ayuda de la brújula: disponer la brújula sobre la mesa, acercar un imán y observar el comportamiento del polo norte de la aguja de la brújula (suele estar pintado); el polo norte del imán es aquel que repele al polo norte de la aguja y el polo sur es aquel que lo atrae. Marcar los polos del imán con el marcador indeleble o pintura.
2. Identificar los polos de todos los imanes. Acercar dos imanes cuyos polos estén identificados y observar en qué configuración se atraen y cuándo se repelen.
3. Medir la intensidad del campo magnético en función de la distancia variando el número de imanes (en unidades del campo magnético terrestre).

   Para realizar esta experiencia:

   a) buscar una mesa o escritorio que no contenga perfiles de hierro. En caso de no encontrar, la experiencia podrá hacerse en el suelo.
   b) Colocar la brújula sobre un papel y esperar que se oriente.
   c) Colocar el imán cuyo campo queremos medir a 90 grados respecto de la dirección de la aguja de la brújula y a una distancia tal que la interacción entre la aguja y el imán sea despreciable.
   d) Acercar la brújula al imán y marcar con lápiz la posición de la brújula cuando la aguja rote 45 grados.
   e) Repetir utilizando dos imanes, tres imanes, etc.
   f) Graficar la distancia en función del número de imanes.

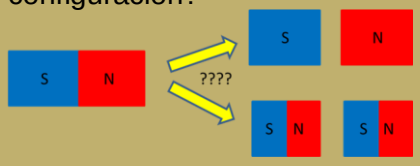
¿Pueden proponer un método alternativo para identificar los polos del imán?

¿Será posible hacer que un imán “levite” sobre otro en forma estable aprovechando la fuerza repulsiva que existe entre ellos? Si hacemos el experimento veremos que se trata de una situación de equilibrio inestable y que necesariamente tendremos que utilizar alguna “ayuda” que permita sostener el imán levitando. ¿Qué se les ocurre hacer para estabilizar esta configuración?

¿Qué dependencia se encuentra? ¿En la configuración planteada, qué significa que la aguja de la brújula marque un ángulo de 45?

4. Ubiquen la brújula entre dos imanes orientados en el mismo sentido. ¿Hacia dónde se mueve la aguja? Ahora inviertan el sentido de uno de los imanes y observe qué sucede con la brújula.
5. Coloquen, entre la brújula y el imán, objetos de diferentes materiales (madera, papel, vidrio, metal, etc.) y observen si varía la interacción magnética. Se puede repetir el procedimiento 3 con cada uno de los materiales elegidos.

¿Será posible hacer que un imán "levite" sobre otro en forma estable aprovechando la fuerza repulsiva que existe entre ellos? Si hacemos el experimento veremos que se trata de una situación de equilibrio inestable y que necesariamente tendremos que utilizar alguna "ayuda" que permita sostener el imán levitando. ¿Qué se les ocurre hacer para estabilizar esta configuración?

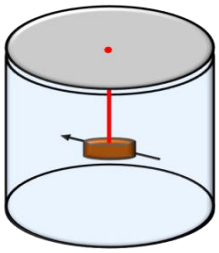


ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

Construcción de una brújula casera

Materiales

- Una aguja e hilo de coser.
- Un frasco transparente con tapa.
- Corcho o disco de telgopor de aproximadamente 2 cm de diámetro por 2 cm de espesor.
- Un palillo.
- Imanes.
- Transportador.



Frotar la aguja con un imán siguiendo siempre el mismo sentido. Enhebrar la aguja y atravesar el disco de telgopor como se muestra en la figura. Agujerear el centro de la tapa de un frasco de vidrio y colgar la aguja desde el centro. Atar un palillo en el otro extremo. Esperar hasta que la aguja cese su movimiento e identificar la dirección norte-sur. Pintar de un color el polo norte. Apoyar el frasco sobre un transportador, con el cero ubicado debajo del extremo norte de la aguja.

Detalles prácticos

- Si la aguja no se orienta en la dirección norte – sur puede ocurrir que:
- la aguja no esté lo suficientemente imantada: frotar la aguja con el imán un mayor número de veces.
- el hilo utilizado sea muy rígido: utilizar hilo más delgado y flexible.
- en las proximidades haya objetos magnéticos como imanes o metales.

EXPERIMENTO 15: TE SIGO LA CORRIENTE

Experimentos que muestran que las corrientes eléctricas que circulan por un alambre conductor generan campos magnéticos.

CONTEXTO COTIDIANO

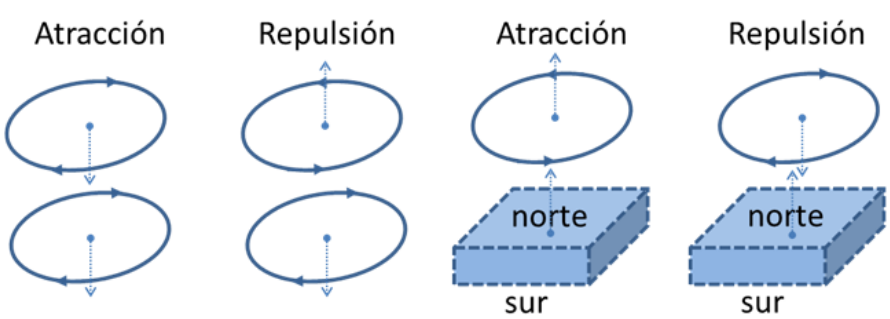
Quizás hayan visto (en filmaciones o en persona) el trabajo de grúas que son capaces de levantar autos u objetos metálicos muy pesados, desplazarlos y dejarlos caer en otro lugar. Esas grúas poseen grandes imanes que, a diferencia de los imanes permanentes, se pueden prender y apagar. El mismo fenómeno se utiliza en una infinidad de aplicaciones cotidianas, desde el timbre hogareño o la apertura del portero eléctrico, hasta los motores que mueven todos los electrodomésticos de nuestras casas. Haremos experimentos que ilustran el funcionamiento de estos así llamados "electroimanes", imanes cuyo campo magnético puede prenderse y apagarse a voluntad.

FENÓMENOS EN JUEGO

El magnetismo está íntimamente ligado a las corrientes eléctricas, a tal punto que un lazo de corriente eléctrica es prácticamente equivalente a un imán.

Dos imanes tienden a alinear el polo norte de uno con el sur del otro ya que la fuerza en esta configuración es atractiva. Lo mismo sucede entre dos lazos de corriente y entre un lazo de corriente y un imán, como se esquematiza en la figura.

*Un **lazo de corriente** (izquierda) es equivalente a un **imán permanente** (derecha).*



*Las leyes de atracción y repulsión entre **lazos de corriente, imanes permanentes o lazos con imanes** son equivalentes.*

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Primera parte. Círculos de magnetismo

Materiales disponibles

- Batería o fuente de tensión de 12 V
- Brújula
- Cable aislado

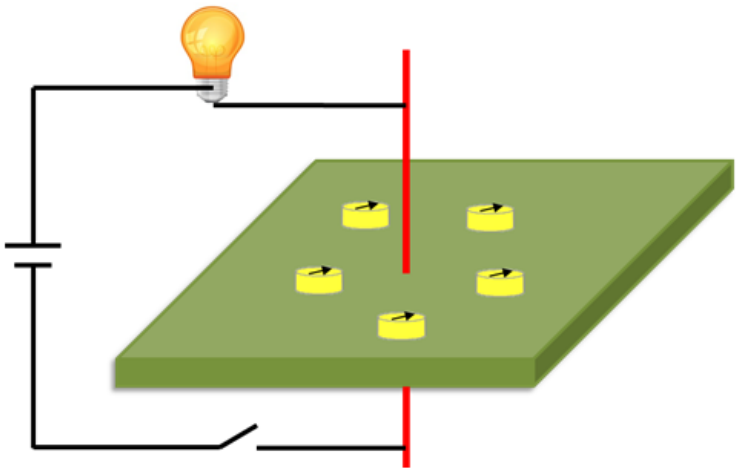
Materiales para traer desde la casa

- Placa de madera y soporte vertical
- Foco de automóvil

Desarrollo de la actividad

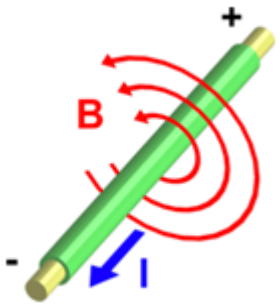
Se conecta una batería de 12 V a un cable o alambre de cobre aislado montado en forma vertical sobre una placa de madera, con un foco de automóvil en serie para limitar la corriente y no descargar la batería en pocos segundos.

Colocar varias brújulas sobre el soporte de madera de modo de poder observar la orientación del campo magnético.



Disposición de las brújulas y conexión de la batería al cable conductor de cobre con una lámpara de 12 V en serie para que limite la corriente que circula por el circuito.

La idea central de este experimento es comprobar que las líneas campo magnético son círculos centrados en el alambre. Para ello se proponen realizar las siguientes preguntas en las observaciones:



Forma de las líneas de campo magnético (B) cuando circula una corriente eléctrica (I) por un alambre conductor.

- ¿En qué dirección apuntan las brújulas cuando no circula corriente por el cable?
- ¿Qué sucede cuando se conecta el cable a la batería? ¿Las agujas de las brújulas se orientan al azar o quedan en una posición bien determinada? ¿Qué pasa si se las alejas del cable?
- Si invertimos la conexión de los cables a la batería ¿Qué sucede con las agujas de las brújulas?

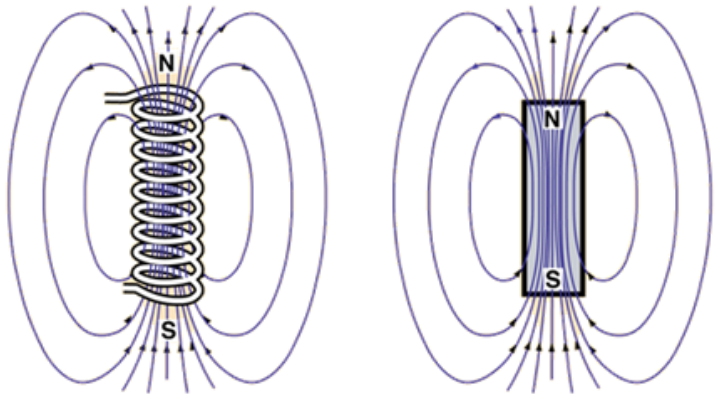
En los tomacorrientes de nuestras casas tenemos tensión alterna, que cambia de polaridad 50 veces por segundo. **NUNCA** conectar estos experimentos a 220 V pues existe un alto riesgo de electrocución.

SEGUNDA PARTE: EL ELECTROIMÁN

FENÓMENOS EN JUEGO

A diferencia de un imán permanente, un alambre conductor genera un campo magnético solo si circula una corriente por él. El campo que se forma alrededor de un alambre recto tiene la forma de líneas circulares, con el centro de la circunferencia en la posición del alambre. Si en cambio doblamos el alambre de modo de formar una espira circular el campo magnético en el centro de la espira será perpendicular a la espira y las líneas de campo se irán doblando para cerrarse a medida que nos alejamos del centro. Si apilamos varias espiras podemos formar un solenoide (o bobina) con la configuración de campo magnético que se ve en la figura.

La fuente o batería entrega una tensión continua que hace circular la corriente en un sentido determinado. ¿Qué pasaría con las brújulas si la corriente fuera alterna, es decir cambia de polaridad a medida que transcurre el tiempo?



Líneas de campo magnético para un solenoide por el que circula una corriente eléctrica y para un imán permanente. Notar la similitud que existe entre ambas situaciones.

Este solenoide se comporta de la misma manera que un imán permanente y el sentido del campo magnético queda determinado por el sentido en que circula la corriente eléctrica. Es posible entonces invertir el sentido del campo simplemente invirtiendo el sentido en el que circula la corriente.

Materiales disponibles

- Alambre de cobre esmaltado para bobinado (puede ser de 0.20 mm de diámetro, calibre AWG 32, o de 0.25 mm – AWG 30).
- Carretel plástico para máquina de coser (se puede reemplazar por uno fabricado con papel).

- Lo anterior puede reemplazarse por una bobina ya armada, en caso de estar disponible.
- Fuente de 12 V DC provista o fuente de 5 V - 12 V de una vieja PC.
- 2 conectores tipo cocodrilo con su correspondiente cable.
- Núcleo de hierro (por ejemplo, un bulón o un clavo grueso).
- Imán permanente.
- Clips de papel.

Materiales para traer desde la casa

- Un pedazo pequeño de lija fina.

Desarrollo de la actividad

Enrollar el carretel con unas 500 vueltas (o hasta que se llene) de alambre dejando 50 cm libres de cada extremo. Cubrir con cinta adhesiva para evitar que se desenrolle.
Con una lija fina eliminar el barniz aislante del alambre de cobre en los extremos y conectarlos a la fuente de tensión utilizando el cable con las fichas cocodrilo.
Acercar la bobina y comprobar que mientras está conectada a la batería es capaz de levantar los clips de papel. Al desconectarse, los clips se caen.
Acercar el imán permanente y comprobar que existe una fuerza atractiva o repulsiva según el polo que acerquemos. Si invertimos el sentido de circulación de la corriente la fuerza cambia de signo; si era atractiva pasa a ser repulsiva. La intensidad del campo magnético que genera un solenoide aumenta con la corriente eléctrica que circula y con el número de espiras.
Colocar la brújula sobre una superficie plana y disponer la bobina de modo que su eje quede en la dirección perpendicular a la dirección en la que apunta la aguja de la brújula. Conectar la bobina e ir acercándola y alejándola de modo que la aguja de la brújula vaya variando su orientación. Cuando la aguja haya rotado 45º respecto a la posición inicial (con la bobina apagada) estamos en la situación en la que el campo generado por la bobina coincide con el campo magnético terrestre. ¿Qué se observa si se invierte la polaridad en la fuente o batería que alimenta la bobina?

¿Cuántos clips quedaron pegados en la bobina sin el núcleo de hierro en el interior? ¿Difiere este número del número de clips con el núcleo en el interior?

Repetir el experimento anterior utilizando un hierro como núcleo de la bobina. ¿Qué diferencias encuentra? ¿Cómo las explicaría?

Repetir nuevamente utilizando un imán permanente de NdFeB en lugar de la bobina. ¿Qué puede concluir acerca del campo magnético que genera la bobina? ¿Y la bobina con el núcleo de hierro?

Detalles prácticos

- Al fabricar la bobina prestar atención a no estrechar ni cortar el alambre de cobre. Enrollar SIEMPRE en el mismo sentido.
- No dejar excesivo tiempo conectada la bobina a la fuente (no más de unos 30 segundos) porque el calor generado por la corriente eléctrica que circula puede derretir el plástico del carretel. Por el mismo motivo es preferible, en lo posible, utilizar una fuente de 5 V en lugar de 12 V.

Si duplicamos el número de vueltas de la bobina ¿Aumenta la atracción con el imán? ¿Aumenta el número de clips que se quedan pegados?

EXPERIMENTO 16: EL TREN MÁS SENCILLO DEL MUNDO

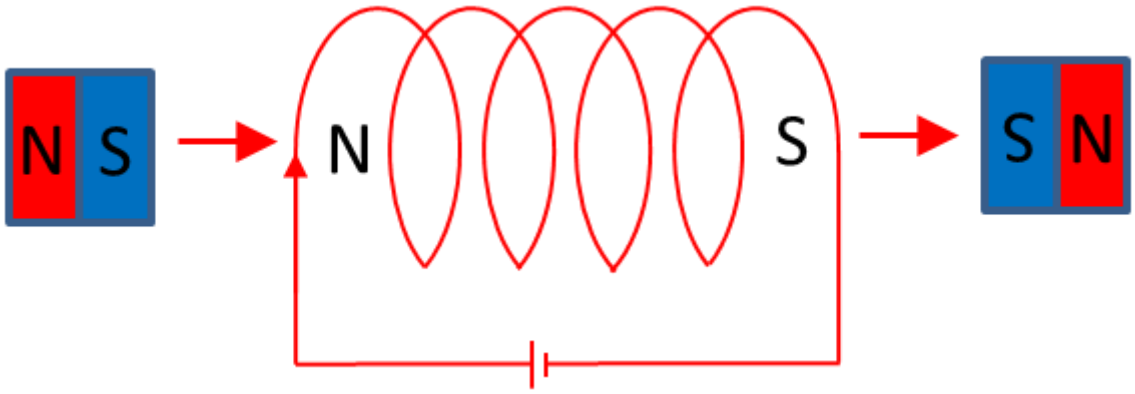
Construiremos un “tren magnético” usando elementos muy sencillos.

CONTEXTO COTIDIANO

Existen en funcionamiento en distintos lugares del mundo (en China, Japón, Alemania) trenes “levitantes” que usan electroimanes, es decir imanes que se activan con el pasaje de una corriente eléctrica tanto para propulsar como para elevar al tren. En este experimento haremos una versión simplificada de ese tren, usando un método de propulsión electromagnético.

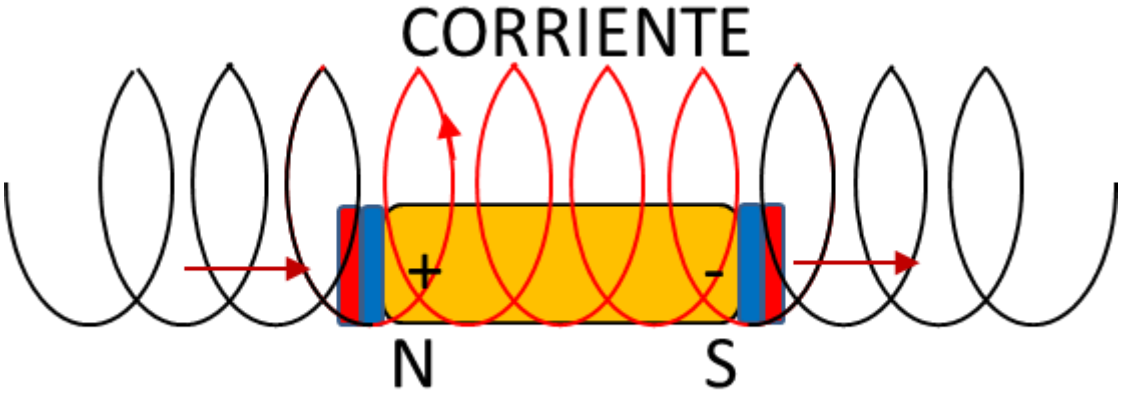
FENÓMENOS EN JUEGO

El principio básico de funcionamiento del tren es que una bobina de alambre en forma de cilindro se comporta como un imán con su polo norte y su polo sur. Esa bobina, o solenoide, puede atraer o repeler a un imán permanente.
Por ejemplo, el polo norte de un imán permanente será atraído por el polo sur de la bobina, y el polo sur de dicho imán será repelido por el polo norte del solenoide.



Interacción magnética entre un solenoide por el cual circula una corriente eléctrica con imanes permanentes.

El principio del tren-gusano consiste en unir los imanes (que son metálicos) con la batería y ponerlos en el interior de un solenoide largo (la “vía” del tren). Los imanes proveen el contacto con el solenoide que en la porción que va de imán a imán se convierte en un electroimán que tiende a atraer del lado izquierdo y repeler del derecho a los imanes permanentes. El resultado es un movimiento de izquierda a derecha como se puede observar en la figura.



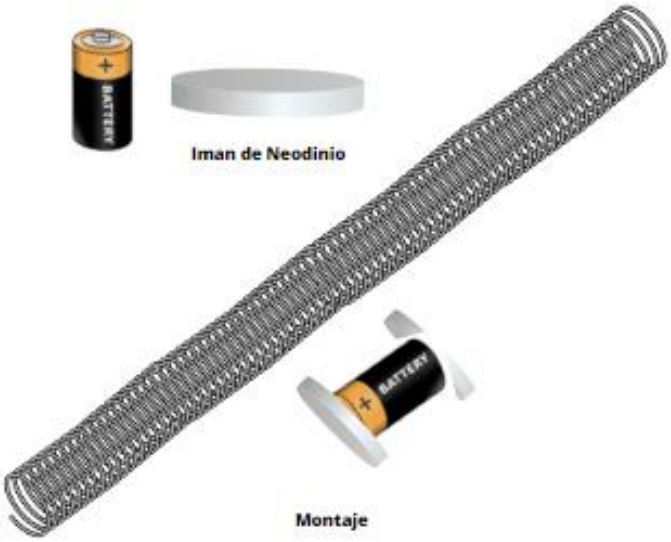
Esquema de las interacciones entre corrientes eléctricas y campos magnéticos que producen las fuerzas que originan el movimiento de la pila dentro del "gusano".

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles

- 5 metros de alambre de cobre de 1 mm de diámetro (sin esmalte, como el que se usa para artesanías).
- Tubo rígido de plástico o metal que tenga un diámetro algo mayor al de los imanes.
- Una pila AA nueva.
- Dos imanes algo más grandes que el diámetro de la pila.

Desarrollo de la actividad



¿Qué pasa si se invierten los polos de uno de los imanes?

Enrollar al menos unos 5 metros de alambre de cobre sobre el tubo. Suele funcionar bien un caño plástico de los que se usan en instalaciones eléctricas. Tener mucho cuidado con que el arrollamiento sea en forma de espiral, sin que se solapen o

superpongan las espiras. Una vez realizada la bobina retirar el caño plástico. Poner un imán de cada lado de la pila, atendiendo a que las polaridades queden opuestas. Si es necesario puede usarse una arandela metálica para que el imán quede bien derecho con respecto a la pila. Introducir el “tren” dentro del bobinado verificando que ambos imanes hagan contacto sobre el cobre de modo de cerrar el circuito. Es posible que haya que dar vuelta la pila si la fuerza es repulsiva. Miren como corre!

Detalles prácticos

- Utilizar pilas nuevas. El funcionamiento de este experimento implica que la pila está prácticamente en cortocircuito por lo que su carga se consume rápidamente.
- Verificar que los imanes estén sobre la pila con polaridades opuestas.
- El alambre de cobre debe ser desnudo (sin esmalte ni pinturas). Tratar de que las espiras queden equiespaciadas y circulares. Al terminar, guardar la bobina sobre el caño plástico para evitar que se aplaste.

ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

Es posible conseguir alambre de cobre sin esmaltar en las casas que venden material para artesanías. El de 1 mm de diámetro suele funcionar muy bien ya que es lo suficientemente rígido como para que el “gusano” no se desarme. Con un arrollamiento de alambre más largo, podemos probar doblando el solenoide y armando distintas pistas o vías del tren. Incluso podemos introducir la pila y cerrar el “gusano” en forma de círculo de modo que el “tren” quede circulando en forma continua. Eso sí, tengamos a mano varias pilas nuevas porque se descargan muy rápido en este experimento.

EXPERIMENTO 17: A TODO MOTOR

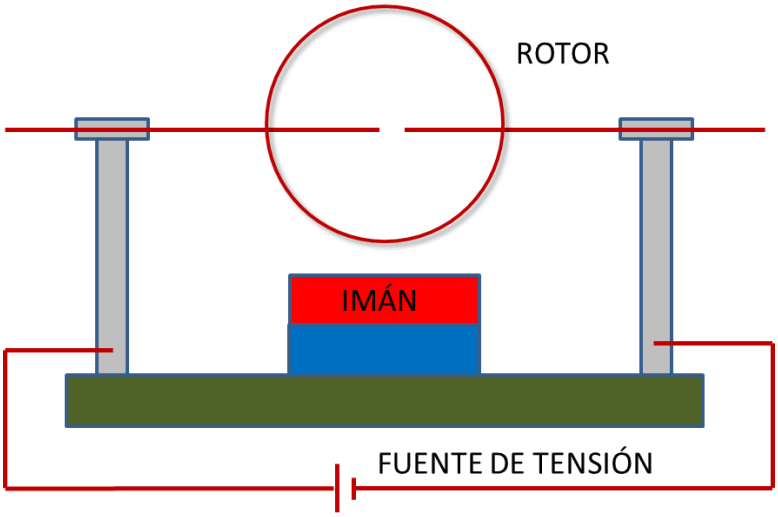
Construiremos un motor simple que funciona con corriente continua usando elementos sencillos.

CONTEXTO COTIDIANO

El taladro inalámbrico, los robots, los autitos de juguete, muchos electrodomésticos, e incluso algunos de los autos eléctricos actuales usan el llamado motor de corriente continua. Para comprender cómo funcionan construiremos uno con elementos caseros.

FENÓMENOS EN JUEGO

El fenómeno de interacción entre lazos de corriente e imanes permanentes puede utilizarse para fabricar un motor eléctrico de corriente continua. La explicación del funcionamiento se basa en los mismos conceptos considerados en el caso del electroimán y del "tren" magnético.
Si tenemos un lazo de corriente que puede rotar libremente en las cercanías del polo norte de un imán permanente, el lazo tenderá a rotar hasta que su polo sur quede cercano al imán.



Esquema de una espira (rotor) por la que circula una corriente eléctrica originando un campo magnético que interactúa con el de un imán permanente. Si en uno de los dos extremos del alambre del rotor removemos parcialmente el barniz aislante, la corriente eléctrica circulará solo durante el ciclo en el que la fuerza es repulsiva y tenderá a producir un movimiento rotatorio continuo.

Sin embargo, si cuando se está acercando a esa posición impedimos el contacto eléctrico, el alambre deja de ser un electroimán y pasa de largo por la posición de equilibrio. Si la conexión eléctrica se restablece al dar una vuelta completa y regresar a la posición inicial, el lazo "siente" un nuevo envión en la dirección original. Así se genera un movimiento rotatorio permanente en una dirección: nació el motor.
Para interrumpir el paso de corriente en ciertas posiciones eliminaremos el esmalte en la mitad del diámetro del alambre. De ese modo el lazo hará contacto con los soportes solo en las posiciones donde la fuerza es en la misma dirección.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles

- Alambre esmaltado de 0.5 mm de diámetro. Se puede utilizar el rotor ya provisto.
- Soporte para apoyar el bobinado.
- Fuente de 12 V.
- Cables con pinzas cocodrilo.
- Imán.

Desarrollo de la actividad

Armar un bobinado con unas 15 vueltas, dejando los dos extremos como “eje” en el plano del bobinado, para apoyar en el soporte. Uno de los extremos debe estar totalmente libre de esmalte y el otro con una mitad descubierta. Apoyar los ejes del bobinado sobre los bulones verticales del soporte. Conectar los bulones a la fuente de tensión con las pinzas cocodrilo. Al acercar el imán permanente el motor empieza a girar (quizás sea necesario darle un impulso inicial para que comience la rotación). También puede ser necesario dar vuelta el imán o las conexiones eléctricas si la fuerza resulta atractiva en el momento en el que circula corriente eléctrica.

¿Qué sucede si se saca el esmalte en todo el perímetro de los extremos del solenoide?
¿Qué ocurre con el sentido de giro del motor si se invierte la polaridad de la fuente o batería?
¿Qué ocurre con el sentido de giro del motor si se invierte la polaridad del imán permanente?

ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

Una variante aún más sencilla del motor dc es el llamado “motor homopolar”. Para construirlo es suficiente una pila, un imán, un tornillo de hierro y un poco de cable aislado. Te invitamos a que busques en internet la forma en que puede construirse este simple motor y tratar de hacerlo por tu cuenta.

EXPERIMENTO 18: ESTO ME SUENA

Construiremos un parlante de audio usando elementos sencillos.

CONTEXTO COTIDIANO

Casi la totalidad de los parlantes con los que nos encontramos en la vida cotidiana (los del amplificador, los de la tele, los de los conciertos de rock, los del auto) funcionan de acuerdo con el mismo principio físico y usan tres elementos básicos: un lazo de corriente (en este caso alterna), un imán permanente y un elemento que actúa como transductor y amplificador convirtiendo la vibración en sonido audible. Construiremos un parlante sencillo para profundizar algunos conceptos del electromagnetismo.

FENÓMENOS EN JUEGO

El mismo fenómeno de interacción magnética entre bobinas e imanes permanentes se utiliza para hacer funcionar algunos tipos de parlantes de audio (sobre todo los que reproducen sonidos graves y medios). En este caso la señal eléctrica que llega del equipo de audio no es continua, sino que varía en el tiempo de positiva a negativa (y viceversa) de acuerdo a las frecuencias del sonido que la componen. Por lo tanto, la fuerza entre la bobina y el imán permanente cambiará de signo de acuerdo a la señal eléctrica. Si la bobina se fija a un cono de papel, o si directamente se bobina sobre la rosca de una botella plástica, se producirá un movimiento mecánico que transformará la señal eléctrica en sonido audible. Eso es un parlante.
La conexión de salida de un equipo de audio o de un celular es un voltaje variable en el tiempo. Al conectarla a una bobina, circula por ella una corriente eléctrica que produce un campo magnético, también variable en el tiempo. Cuando acercamos un imán permanente, este ejerce una fuerza atractiva o repulsiva en la bobina, según sea la dirección de la corriente. Como el cambio de signo de la señal eléctrica ocurre muchas veces por segundo la bobina vibra. Si acercamos el oído lo suficiente, podremos oír el sonido: la vibración de la bobina se transfiere al aire que la rodea, produciendo ondas de presión en el aire que detectamos como sonido. Para amplificar el sonido, utilizamos el cono de la botella que sirve simplemente para transmitir la vibración de la bobina a una mayor cantidad de aire.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles

- Alambre de cobre esmaltado para bobinado (puede ser de 0.20 mm de diámetro, calibre AWG 32, o de 0.25 mm – AWG 30)
- Botella de plástico
- Imán permanente
- Amplificador de audio. Trae una entrada para conectar a la salida de audio, una salida para conectar al parlante y una ficha USB para conectar a la fuente de alimentación de 5 V.

Materiales para traer desde la casa

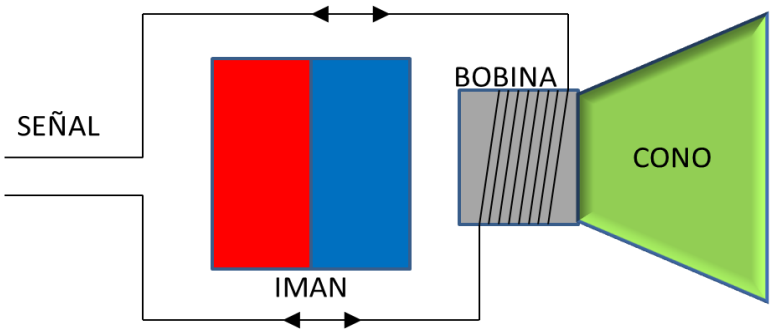
- un celular, radio o equipo de audio que funcione y tenga una conexión para auriculares.

Desarrollo de la actividad

Cortar unos doce metros de alambre de cobre y bobinarlo sobre la rosca de la botella plástica dejando 50 cm libres de cada extremo del alambre. Es importante respetar el largo del alambre para no dañar el equipo de audio. Sujetar con cinta adhesiva para evitar que se desenrolle. Con una lija fina eliminar el barniz aislante de los extremos del alambre de cobre. Tomar la señal de auriculares de un celular y conectarla al amplificador. Conectar la salida del amplificador a los extremos del bobinado de la botella (si disponen de un equipo de audio, el parlante casero puede ir conectado directamente a la salida de audio para parlantes, sin necesidad de un amplificador). Sosteniendo la bobina con los dedos, acercar un imán permanente. Comprobar que la bobina vibra, reproduciendo sonidos con una intensidad que depende de la distancia del imán.

¿Cuál es el origen de la vibración producida por el parlante?
¿Por qué es necesario un imán permanente para que el parlante funcione?
¿Cómo se les ocurre que puede obtenerse un sonido de más intensidad en el parlante?

Esquema del parlante de audio. La señal eléctrica alterna circula



a través de la bobina produciendo una fuerza de signo variable con el imán. Esta vibración desplaza una cantidad pequeña de aire por lo que es necesario el cono que actúa como amplificador del sonido.

Detalles prácticos

Puede ocurrir que la bobina no vibre y no se escuche el sonido. Las posibles causas son:

- Olvidamos poner alguna canción en el celular.
- El campo del imán permanente es muy pequeño, probar apilando varios imanes.
- La salida para auricular no es suficientemente intensa. El parlante no funciona si lo conectamos directamente a la salida de audio del celular. Es necesario utilizar el amplificador provisto.
- Evitar poner muy pocas vueltas a la bobina porque estaremos provocando un cortocircuito en la salida de audio y podemos quemar el equipo.

ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

No es imprescindible utilizar el cono para poder escuchar el sonido que produce la bobina al interactuar con el imán. Podemos por ejemplo usar el bobinado del electroimán del experimento 15, conectarle la señal de audio y apoyarlo firmemente sobre una mesa. ¡Si acercamos el oído a la mesa vamos a poder escuchar la música! El sonido se propaga mejor en medios sólidos que en gases y por lo tanto es posible escuchar la música sobre la mesa, aunque no la oigamos en el aire.

Posiblemente hayan visto alguna antigua película de vaqueros en la que ponían el oído sobre la vía del tren para saber si estaba próximo a llegar. ¿Por qué piensan que es más efectiva esta manera que escuchar directamente a través del aire?

ÓPTICA

EXPERIMENTO 19 MIRÁNDONOS AL ESPEJO

Realizaremos experimentos para comprender el fenómeno de reflexión de la luz

CONTEXTO COTIDIANO

Cuando nos paramos frente a un espejo vemos nuestra imagen. También podemos ver nuestra imagen si nos paramos frente a un vidrio, aunque no tan nítidamente. Sin embargo, no nos vemos si nos acercamos a otros objetos, como una pared de ladrillos o de madera. ¿Cómo se refleja la luz en cada caso?

FENÓMENOS EN JUEGO

Vemos un objeto cuando los rayos de luz provenientes de él llegan a nuestros ojos. Los objetos que vemos pueden producir esa luz (una lámpara, fuego, el Sol) o pueden reflejar la luz que genera otro objeto. Lo que vemos al aire libre, de día, es luz del sol reflejada por los árboles, las casas, los autos.

Por ejemplo: vemos la Luna porque refleja la luz proveniente del Sol. Cuando nos paramos frente a un espejo, la luz que nos ilumina se refleja en nosotros, se propaga hacia el espejo, se refleja en él y, cuando llega a nuestros ojos, podemos vernos.

La superficie de un espejo es muy lisa, y decimos que produce una reflexión especular. Si en cambio la luz incide sobre una superficie áspera, se produce una reflexión difusa, esto significa que la luz que incide sobre la superficie se refleja en todas las direcciones.

¿Cuáles son las fuentes de luz que iluminan los objetos a nuestro alcance?

¿Por qué vemos un determinado objeto? ¿Qué pasa si interponemos un cuerpo opaco entre nosotros y el objeto?

¿Es necesario que emitan luz por sí mismos?

EXPERIMENTAR EN EL AULA

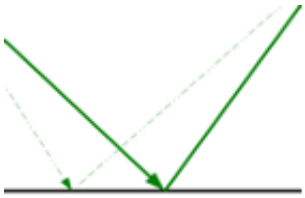
Materiales disponibles en el Labo Balseiro

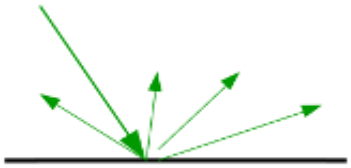
- Pecera
- Sahumerio
- 2 Espejos
- Puntero láser verde
- Tapa para la pecera

Desarrollo del experimento

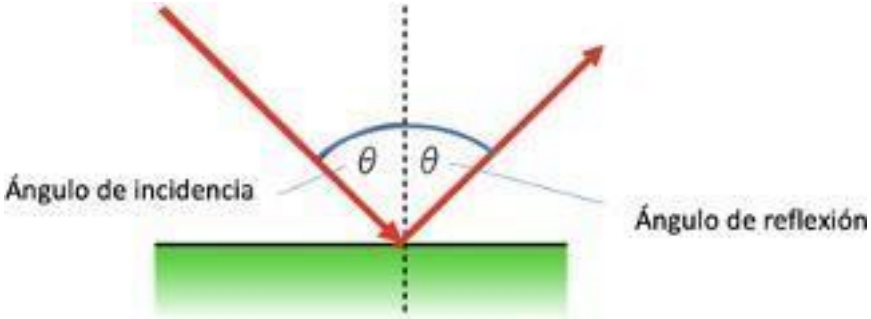
En primer lugar haremos experimentos para comprobar que la luz se propaga en línea recta. Apuntando el puntero láser en distintas direcciones, y viendo la posición del punto luminoso, hacemos la hipótesis de que esa luz se propaga en línea recta. Para comprobarlo, con la dirección fija, movemos una hoja de papel a lo largo de esa dirección.
Para una comprobación todavía más enfática se pueden colocar una sucesión de cartones con agujeritos en línea recta y comprobar que el haz de luz del puntero pasa por cada uno de los agujeritos. Para visualizarlo directamente se puede esparcir algo de humo en el ambiente, o dentro de la pecera.
En segundo lugar, podemos comenzar a hacer hipótesis acerca de qué ocurre con la luz cuando incide sobre un espejo, y valernos de objetos o partes de nuestro propio cuerpo para explorar distintas situaciones.

La luz sale del puntero láser y produce un punto luminoso en la pared. ¿Cómo viaja de un punto a otro? ¿Qué experimentos podemos realizar para comprobar la hipótesis de que viaja en línea recta?





Llenando la pecera con humo, y colocando un espejo en el piso de la misma, concluimos que al incidir sobre el espejo, el haz de luz se refleja de manera tal que el ángulo que forma el haz reflejado con la recta perpendicular al espejo es el mismo que el ángulo que forma el haz incidente con la perpendicular.



¿Por qué no podemos ver la luz del puntero láser si miramos de costado? ¿Qué podemos hacer para verla en esas condiciones?¿Por qué vemos el punto luminoso del puntero sobre el techo o la pared?

Se pueden observar reflexiones en distintos espejos colocando, además del espejo en el piso de la pecera, un espejo en la parte oblicua de la misma.

Detalles prácticos

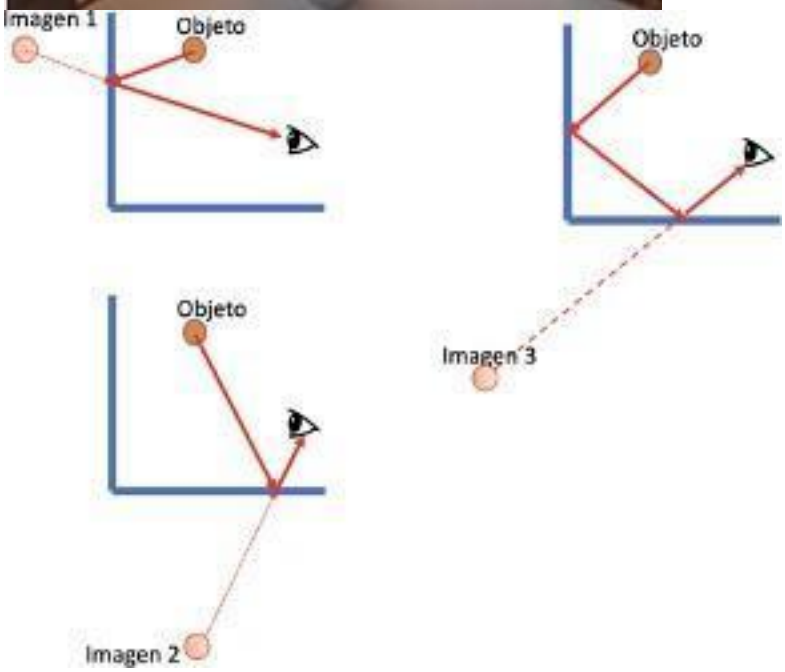
Para que se observe correctamente la dispersión de la luz en el experimento es crucial la cantidad de humo con que llenamos la pecera. Sugerimos prender el sahumerio, dejarlo unos 10 o 15 segundos dentro de la

pecera, sacarlo y tapar la pecera. Si no se observa claramente el haz del puntero láser repetir el procedimiento.

ENTRE LA CASA Y LA ESCUELA

Mirándonos en el espejo

Mirarnos en un espejo y discutir por qué nos vemos reflejados en él. Un experimento interesante consiste en colocar dos espejos formando un ángulo.¿Cuántas imágenes se forman? ¿El número depende del ángulo? ¿Qué estará pasando con la luz para que se formen varias imágenes? ¿Cómo se refleja un haz de luz en un espejo? ¿Con qué ángulo? ¿Y en varios espejos?¿Cuántas imágenes se forman? ¿El número depende del ángulo? cuando colocamos un objeto entre dos espejos que forman un ángulo de 90 grados? ¿Y si forman un ángulo de 60 grados?
El caso más sencillo ocurre cuando los espejos Forman un ángulo de 90 grados, y se pueden observar tres imágenes: una de ellas se forma cuando la luz se refleja en uno de los espejos, la segunda cuando la luz se refleja en el otro espejo, y finalmente tenemos una tercera imagen que se produce cuando la luz se refleja en ambos espejos antes de llegar a nuestros ojos.



En la foto vemos dos espejos a 90 grados. Se forman tres imágenes de la vela. En la figura ilustramos lo que ocurre: las imágenes 1 y 2 se producen con una sola reflexión en cada uno de los espejos. La imagen 3 se produce luego de dos reflexiones.
En el caso de la reflexión de la luz por un espejo, los y las estudiantes de niveles más avanzados pueden medir los ángulos de los haces incidentes y reflejados con respecto a la perpendicular, y comprobar que son iguales. También pueden comprobar que el número de imágenes que se forman cuando los espejos Forman un ángulo A es N=360/A -1, y hacer un trazado de rayos para entender por qué en el caso de que A=90 grados se forman 3 imágenes.
Otro experimento interesante es el siguiente: si coloco un espejo frente a mí: ¿cuál es el tamaño mínimo que debe tener para que pueda ver mi cuerpo entero?
También, es interesante plantear las siguientes preguntas: ¿por qué la palabra "AMBULANCIA" se escribe de forma invertida en el frente de las mismas? ¿Qué ocurre si vemos la imagen de una palabra reflejada en un espejo? ¿Cómo debo escribir sobre un papel para que la imagen reflejada del texto se pueda leer?

Otro tipo de preguntas que se pueden realizar en el aula e invitar a que desarrollen un experimento para comprobar sus ideas podrían ser: ¿Qué tipo de material me conviene para poner en una ventana? ¿Es igual al de una mampara de una ducha? ¿Todos los materiales se comportan de la misma manera cuando incide un haz de luz sobre ellos? Estas preguntas permiten clasificar distintos materiales en opacos, transparentes y semitransparentes. Entre los materiales opacos, hay algunos que reflejan el haz de luz, y otros que difunden la luz en todas direcciones (por ese motivo podemos ver la mayor parte de los objetos que nos rodean, a los que les llega la luz de muchos ángulos diferentes). En el primer caso decimos que hay reflexión especular, y en el segundo reflexión difusa.

EXPERIMENTO 20: RAYOS DE LUZ QUE SE QUIEBRAN

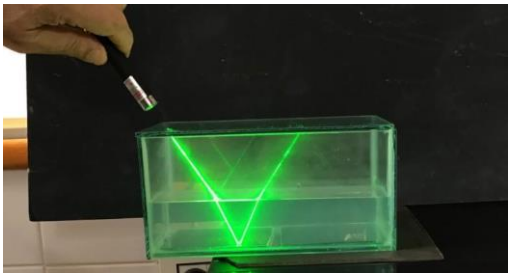
Realizaremos experimentos para explorar el fenómeno de refracción de la luz.

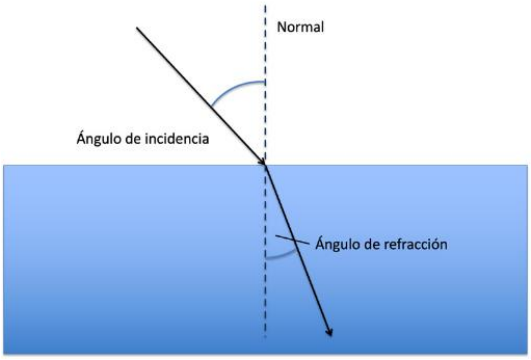
CONTEXTO COTIDIANO

Las trayectorias de los rayos se desvían de la línea recta cuando atraviesan un objeto transparente (agua, vidrio, etc). Por ejemplo, una cucharita en un vaso de agua se ve "quebrada". Una lupa o un anteojo hechos de vidrio o plástico modifican la imagen de los objetos que están detrás de ellos. Haremos algunos experimentos que ilustran este fenómeno.

FENÓMENOS EN JUEGO

Cuando un haz de luz incide sobre la superficie que separa dos medios transparentes (agua-aire, vidrio-aire, vidrio-agua) se produce un cambio en la dirección de propagación del haz. Este fenómeno se llama refracción de la luz.

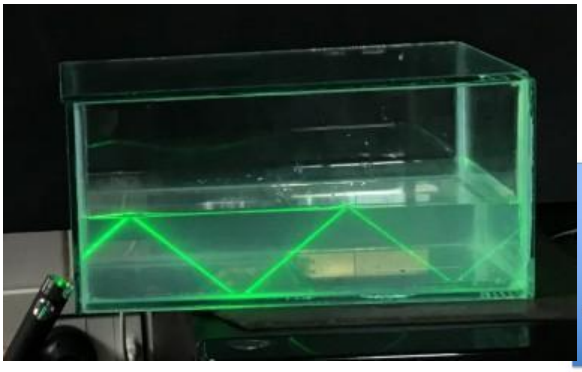


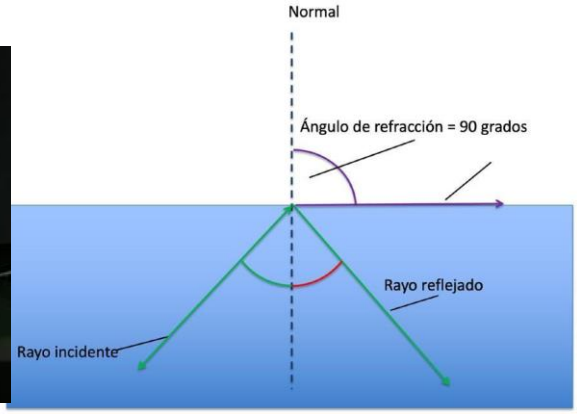


La desviación del rayo de luz depende de las características de ambos materiales. La relación entre los ángulos que forman los rayos incidente y refractado con la perpendicular a la superficie no sigue una regla simple. Esto puede comprobarse fácilmente duplicando el ángulo de incidencia de refracción no se duplica.

Cuando la luz pasa desde el agua hacia el aire, el haz de luz transmitido en el aire se separa de la normal, es decir, el ángulo del haz refractado con la perpendicular a la interfase es mayor que el ángulo del haz incidente. ¿Qué pasa si vamos aumentando el ángulo de incidencia? Llega un momento en que el haz refractado en el aire es rasante a la superficie. ¿Y si seguimos aumentando el ángulo de incidencia? Lo que se observa se denomina reflexión total.

Podemos observar la reflexión total usando la pecera





Finalmente, es importante recalcar que la refracción depende del color de la luz. Este fenómeno puede observarse con un prisma: la luz blanca (que es una superposición de infinitos colores) se descompone al atravesar el prisma. La formación de un arco iris se debe también a este efecto.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles

- Pecera
- Espejos
- Puntero laser
- Sahumerio

Materiales a conseguir

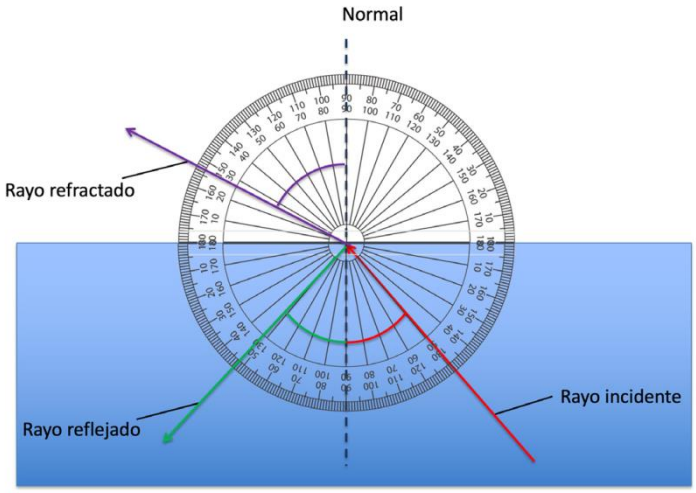
- Broches de ropa
- Monedas

Desarrollo del experimento

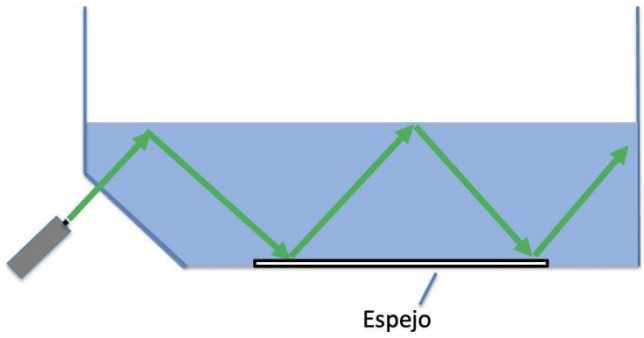
Para analizar la refracción de la luz llenamos la pecera con agua. Luego hacemos incidir el haz del puntero láser desde arriba sobre la superficie de agua. Para poder ver las trayectorias de los haces de luz, necesitamos que se produzca dispersión de la luz tanto en el aire como en el agua. Como vimos en el experimento de reflexión de la luz, para dispersar luz en el aire podemos llenar de humo el espacio libre de la pecera, colocando un sahumerio prendido en el agujerito de la pecera y tapándola con la tapa de vidrio. Para dispersar la luz en el agua, es conveniente diluir unas gotitas de leche.

Con la pecera preparada de esta manera podemos observar los rayos incidente y refractado. También veremos un haz de luz reflejado en el agua (al llegar a la interfase, parte de la luz se refracta y parte se refleja). Con el transportador se pueden medir los ángulos que forman los haces incidente, refractado y reflejado con la normal.

¿Se refractan igual un haz de luz roja y un haz de luz verde? ¿Qué deberíamos hacer para comprobarlo?



Podemos observar el Fenómeno de reflexión total haciendo incidir la luz del puntero láser desde el agua hacia el aire. Conviene hacerlo desde la cara inclinada de la pecera. También es conveniente colocar un espejo debajo de la pecera, para poder observar varias reflexiones.



Si un haz de luz incide desde el aire sobre la superficie del agua, ¿cambia su dirección? ¿Cómo podemos hacer para verificar la respuesta? ¿Qué ocurre cuando miramos una cucharita semisumergida en un vaso de vidrio?

El ángulo que forma el haz refractado con respecto a la perpendicular a la superficie (la normal) ¿es mayor o

Detalles prácticos

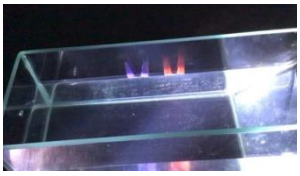
Para que se observe correctamente la dispersión de la luz en el experimento es crucial la cantidad de humo en la pecera y la cantidad de gotitas de leche en el agua. Sugerimos en primer lugar colocar unas gotitas de leche en el agua hasta ver nítidamente el haz del puntero en el agua. Luego prender el sahumerio, dejarlo unos 10 o 15 segundos dentro de la pecera, sacarlo y tapar la pecera. Si no se observa claramente el haz del puntero láser en el aire repetir el procedimiento.

VARIANTES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

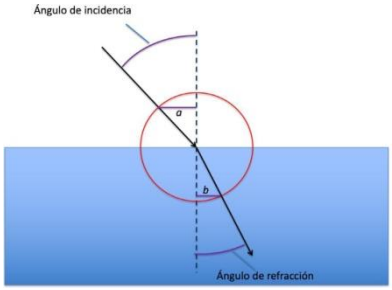
a. ¿Qué ocurre con la refracción de un haz de luz blanca? Esta última pregunta puede responderse cualitativamente haciendo incidir la luz de una linterna sobre

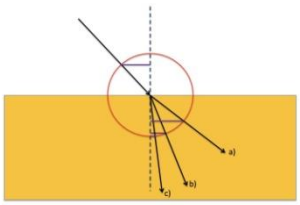
un espejo semisumergido en el agua. Se puede aprovechar este experimento para intentar alguna hipótesis sobre por qué se forma el arco iris.

b. La reflexión total también puede observarse colocando objetos detrás de la pecera, y mirándolos desde arriba y de costado.
c. ¿Depende del color de la luz el ángulo del haz refractado? ¿Qué experimentos podríamos hacer para comprobarlo? (Respuestas posibles: hacer el experimento de refracción con laseres de distintos colores, hacerlo con luz blanca).
d. Cuando luz blanca incide sobre un espejo semisumergido vemos que se forma un arco iris. ¿Por qué ocurre esto? ¿Por qué se forma un arco iris cuando llueve y hay sol? ¡Notar que para ver el arco iris el sol debe estar a nuestra espalda!
e. ¿Qué ocurre si estamos debajo del agua y miramos hacia arriba? Se puede observar parcialmente el efecto mirando desde el costado inclinado de la pecera hacia arriba. El efecto se denomina la “ventana de Snell”.
f. Las fibras ópticas usan el Fenómeno de reflexión total para transmitir información. ¿Cómo ocurrirá esto?



g. Con los estudiantes más avanzados se puede discutir la ley de refracción de un modo más cuantitativo ¿Cuánto se refracta la luz? Depende de los medios que están a cada lado de la superficie (agua/aire, agua/vidrio, agua/plástico, etc). La versión cuantitativa de la ley de refracción (la “ley de Snell”) puede describirse del siguiente modo. Digamos que un rayo de luz incide sobre la superficie del agua con un cierto ángulo. ¿Con qué ángulo se refracta? La ley de Snell establece una relación entre los ángulos de incidencia y de refracción usando el llamado índice de refracción, cuyo valor es 1,33 para el agua prácticamente igual a 1 para el aire.Para hallar el ángulo de refracción, dibujar un círculo centrado en el punto de incidencia. La ley de Snell establece que los segmentos horizontales a y b están siempre en la misma relación, su cociente es siempre a/b=1.33, el índice de refracción del agua.Por ejemplo, supongamos que un rayo incide desde el aire en un medio cuyo índice de refracción es 2. ¿Cuál de los tres rayos indicados corresponde al rayo refractado? (Respuesta (b)





EXPERIMENTO 21: ESE CIELO AZUL QUE TODOS VEMOS

Realizaremos experimentos para comprender el origen de los colores del cielo.

CONTEXTO COTIDIANO

El cielo nos muestra diferentes colores a distintas horas del día. Es rojizo al amanecer y al atardecer, celeste durante un día despejado. Las nubes se ven blancas o grises.
A través de experimentos sencillos lograremos entender por qué se producen esos cambios de color.

¿De qué color es el cielo? ¿De qué color es la luz del Sol?

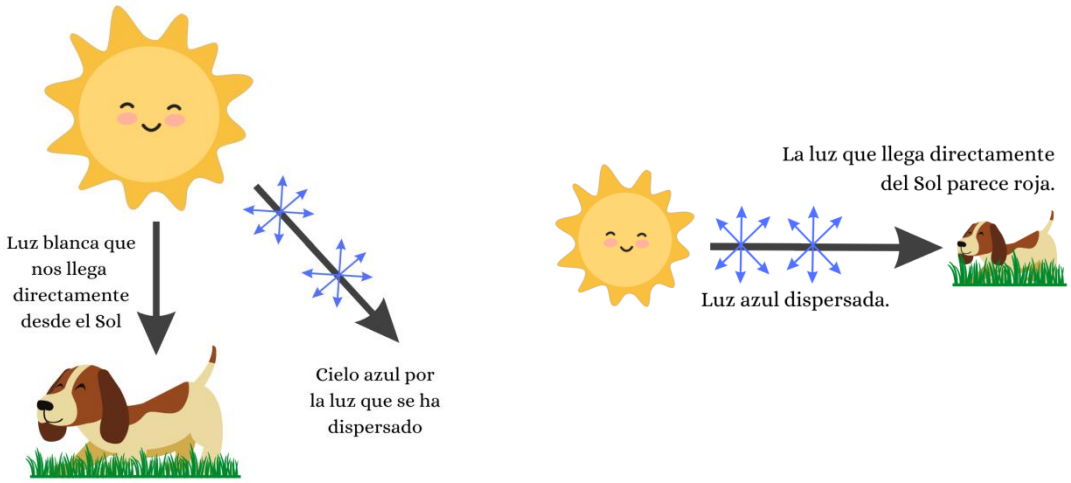
FENÓMENOS EN JUEGO

El Sol emite luz blanca cuando está en el cenit, pero sin embargo vemos el cielo celeste en todas las direcciones. ¿Por qué? Más aún, ¿por qué la luz del cielo proviene de todos lados, no solamente del Sol? ¿por qué el cielo es celeste durante el día y rojizo al atardecer y al amanecer?
Para discutir la primera pregunta, podemos pensar en el haz de luz que sale de un puntero láser. En general no vemos el haz, si lo miramos de costado. En cambio, sí podemos verlo cuando la luz atraviesa una región con humo (ver el experimento de reflexión de la luz). Lo mismo ocurría al disolver unas gotitas de leche en la pecera llena de agua. A este fenómeno lo llamaremos dispersión de la luz.

Es razonable suponer que algo similar ocurre en el cielo: la luz del Sol se dispersa en la atmósfera. Podemos reforzar nuestra hipótesis buscando Fotos del cielo en ausencia de atmósfera, como por ejemplo en la Luna. Al no haber atmósfera, desde la Luna el cielo se ve oscuro, y sólo se ve la luz blanca proveniente del sol.

Al mediodía de un día despejado, el Sol está sobre nuestras cabezas, y en cualquier dirección que miramos vemos el cielo celeste. ¿Cómo se imaginan la trayectoria de la luz, desde que sale del Sol hasta que llega a nuestros ojos?

La respuesta a la segunda pregunta está relacionada con la manera en que se dispersa la luz. El puntero láser tiene un color definido (verde en nuestro caso). ¿Cómo será la dispersión de luz blanca? El color celeste del cielo durante el día y rojizo al atardecer sugiere que los colores azulados son los que más se dispersan, y los rojizos los que menos se dispersan. Durante el amanecer y el atardecer la luz nos llega directamente del Sol, luego de atravesar una larga porción de la atmósfera, y por eso la vemos rojiza. Durante el día, vemos la luz que se dispersa en distintos puntos de la atmósfera, y por eso la vemos celeste.
La presencia de la atmósfera es importante ya que, por algún mecanismo, la interacción entre la luz y las moléculas del aire hace que la luz se disperse en todas direcciones.



Sin embargo, ¿por qué las nubes se ven blancas? Al estar formadas por gotitas de agua, dispersan la luz de manera diferente que las moléculas del aire: al ser más grandes que las moléculas, las gotas de agua dispersan todos los colores de la misma manera, sin privilegiar el azul.

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles

- Pecera
- Linterna
- Espejo

Materiales a conseguir

- Leche

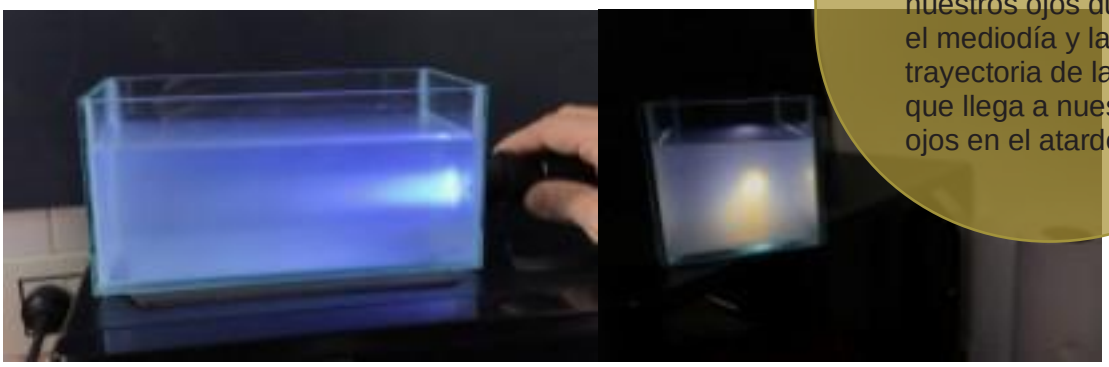
Desarrollo del experimento

Realizaremos experimentos para poner a prueba la hipótesis de que la dispersión es el origen de los distintos colores del cielo. Una manera sencilla es ver cómo se dispersa la luz blanca.

Para ello, vamos a llenar la pecera con agua e iluminamos con la linterna desde un costado:

- Si observamos la luz de frente no vemos grandes cambios en el color de la luz de la linterna.
- Si observamos la pecera de costado vemos muy poca luz dispersada.
- Disolvamos ahora unas gotitas de leche en el agua, para que se produzca dispersión de la luz. ¿Qué vemos si observamos de costado? El color es celeste.
- ¿Y si observamos de frente? La luz blanca de la linterna se ve amarillenta o naranja, dependiendo de la cantidad de leche disuelta en el agua.
- Se puede colocar un espejo sobre la superficie oblicua de la pecera para aumentar la trayectoria de la luz en el agua, y ver que el color de la luz de la linterna se hace más naranja/rojizo.

¿Cuál es la diferencia entre la trayectoria de la luz que llega a nuestros ojos durante el mediodía y la trayectoria de la luz que llega a nuestros ojos en el atardecer?



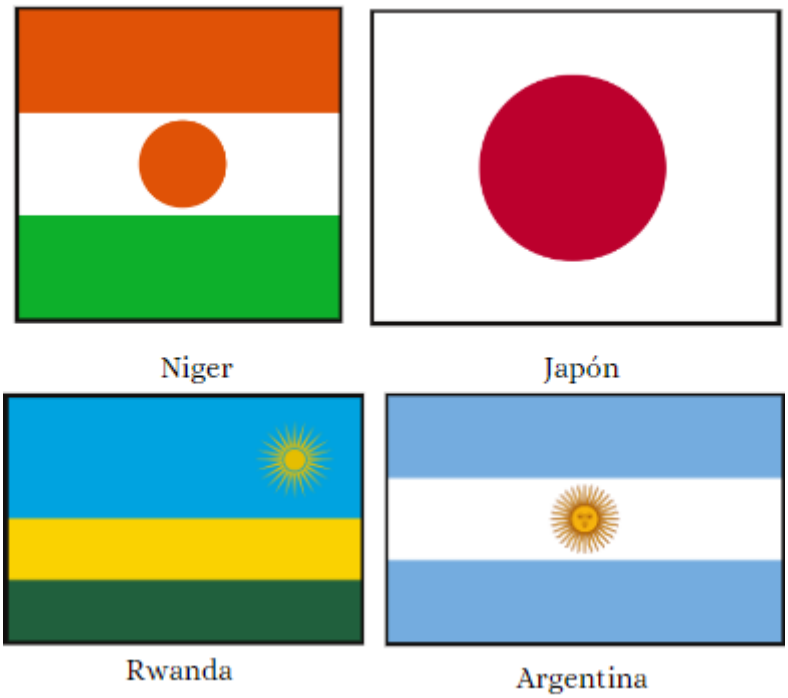
Es importante enfatizar que el experimento está modelando la situación que queremos estudiar: la linterna es el Sol en nuestro modelo, el agua con gotitas de leche es la atmósfera, etc.

Detalles prácticos

El único punto a tener en cuenta para que se observe correctamente la dispersión de la luz en el experimento es la cantidad de leche a disolver en el agua. Unas pocas gotas bastan. Sugerimos ir agregando la leche muy de a poco, e ir chequeando el color de la luz cuando se observa de frente y de costado.

DE LA ESCUELA A LA CASA

a. ¿De qué color es la luz del Sol? Comparar cómo se ve una superficie blanca iluminada directamente por el sol en distintos momentos del día. Puede ser instructivo preguntarse: ¿De qué color es la luz de la linterna? ¿Y luego de hacerla atravesar un celofán rojo?
b. Para discutir. ¿De qué color pintan el Sol los chicos de distintos lugares del mundo? ¿Por qué el Sol aparece de distintos colores en las banderas de distintos países?



c. La formación de un arco iris, ¿está relacionada con la dispersión de la luz? Ya vimos en el Experimento 2 que el fenómeno relevante en la formación del arco iris es la refracción de la luz. Hay distintas maneras de generar un arco iris en casa o en la escuela, por ejemplo haciendo incidir la luz del sol sobre un espejo semisumergido en la pecera.

d. ¿De qué color es el cielo nocturno? Se pueden buscar fotos del cielo nocturno en internet, realizadas con un largo tiempo de exposición. El cielo nocturno también es celeste, aunque nuestros “detectores” (los ojos) no son lo suficientemente sensibles como para verlo.

EXPERIMENTO 22: BARRILETE DE COLORES

Realizaremos experimentos que muestran que no es lo mismo mezclar colores luz qué colores tinta.

CONTEXTO COTIDIANO

Al pintar con témperas podemos Formar muchos colores diFerentes combinando azul, amarillo y rojo (o colores parecidos como cian, amarillo y magenta, que son utilizados por las impresoras a tinta). Si mezclamos témperas de esos tres colores el color de la mezcla resultante es marrón oscuro. Por otro lado, si combinamos luces de colores rojo, verde y azul obtenemos luz blanca. La luz blanca también se descompone en diFerentes colores al pasar por un prisma, o cuando se forma un arco iris.

FENÓMENOS EN JUEGO

Ya hemos comprobado que la luz blanca contiene muchos colores (en la formación de un arco iris y en la refracción por un prisma). También podemos comprobarlo iluminando con luz blanca un CD o DVD. Podemos hacer el experimento inverso y obtener luz blanca a partir de luces de ciertos colores: por ejemplo, iluminando con luz, roja verde y azul una pantalla observamos el color blanco. Decimos que estamos combinando colores por adición.

¿Cuál es la diferencia entre combinar luces de diferentes colores y combinar témperas de diferentes colores? ¿La luz blanca contiene todos los colores?

¿Qué ocurre si combinamos témperas de diFerentes colores? Para responder esta pregunta es importante notar que si iluminamos un objeto con luz blanca y lo vemos de un determinado color, lo que ocurre es que el objeto refleja principalmente ese color y absorbe otros. Las témperas contienen pigmentos que justamente tienen esa propiedad. Cuando mezclamos témperas de diFerentes colores, los pigmentos de uno y otro color absorben distintos colores, y el color resultante tiene que ver con lo que reflejan ambos. Decimos que estamos combinando colores por sustracción.

Nuestros ojos tienen células sensibles a los distintos colores (conos) y células sensibles a la intensidad de la luz (bastones). Tenemos conos sensibles principalmente al rojo, otros al verde y otros al azul. Cuando llega al ojo la luz roja y azul al mismo tiempo, vemos el color magenta. Cuando llega luz roja y verde, vemos amarillo, y cuando llega luz verde y azul vemos cian. Cuando la luz incidente contiene rojo verde y azul vemos blanco. Estas combinaciones están resumidas en la siguiente tabla:

Rojo + Azul = Magenta

Rojo + Verde = Amarillo

Azul + Verde = Cian

Rojo + Azul + Verde = Blanco

A partir de estos resultados podemos inferir qué es lo que ocurre cuando iluminamos un objeto y lo vemos de un determinado color: si lo vemos rojo, es porque el objeto absorbe principalmente el verde y el azul. Si lo vemos magenta, es porque el objeto absorbe principalmente el verde. Si lo vemos negro, es porque absorbe todos los colores incidentes. También podemos entender las reglas de las combinaciones de colores por sustracción:

Cian + Magenta = Azul
Cian + Amarillo = Verde
Amarillo + Magenta = Rojo

Tomemos la témpera cian. Está compuesta de pigmentos que, cuando reciben luz blanca, reflejan principalmente el cian. Dicho de otra manera, los pigmentos absorben el rojo. ¿Qué ocurre con la témpera amarilla? Absorbe el azul. Entonces, al mezclar las témperas cian y amarilla, la mezcla absorbe a la vez el rojo y el azul: ¡lo único que refleja es el verde!

EXPERIMENTAR EN EL AULA

Materiales disponibles

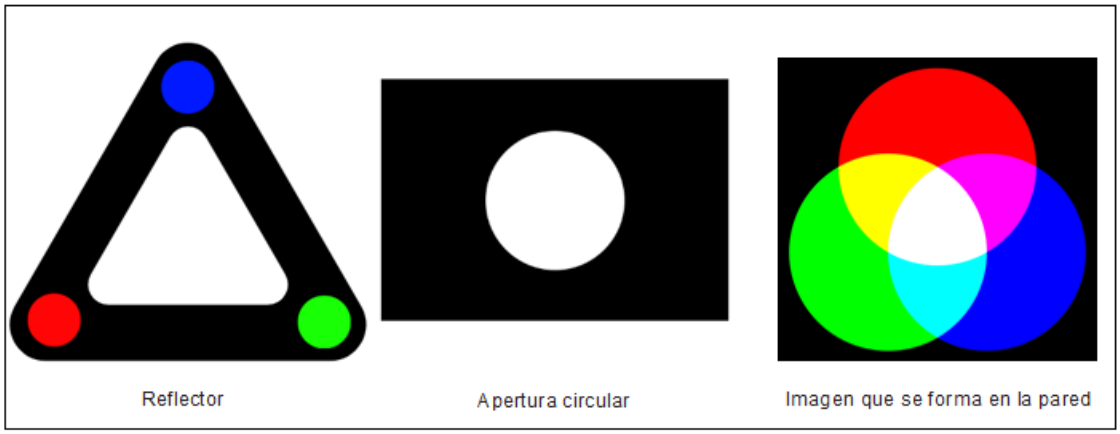
- Lámparas de color rojo, verde y azul
- Témperas de color magenta, amarillo y cian.
- Pinceles
- Cartulina negra con un círculo para ver cómo se suman los colores luz
- disco para tapar la lámpara y observar las sombras.

Si la luz blanca contiene todos los colores, ¿podemos formar luz blanca a partir de luz de distintos colores?

Desarrollo del experimento

En la caja tenemos tres reflectores a los que podemos cambiarles los colores. Vamos a prender un reflector en rojo, uno en verde y uno en azul. Conviene disponer los reflectores en un triángulo (2 sobre la mesa y el restante un poco elevado). Los reflectores deben apuntar a una pared o pantalla blanca. Se puede ir tapando de a uno los reflectores, para observar las distintas combinaciones de pares de colores.

Podemos ver todas las combinaciones juntas colocando un cartón con una apertura circular delante de los reflectores. Cuando vamos moviendo el cartón hacia la pared, vemos como los discos rojo, verde y azul se van superponiendo y dando los colores mencionados anteriormente para la combinación por adición.



A esta altura puede surgir alguna confusión entre los alumnos ya que la manera de combinar colores con témperas, a la que están acostumbrados, es totalmente diferente. Lo mismo ocurre con la tinta de las impresoras que usan tintas cian, magenta y amarilla (además de negra)

¿Cuáles son entonces los colores primarios? Típicamente diríamos azul, rojo y amarillo. O colores "parecidos", como cian, magenta y amarillo ¿Cómo formamos el color verde con témperas? ¡Combinando cian y amarillo! ¿Y qué pasa si mezclo los tres colores? ¡Se forma un marrón oscuro!

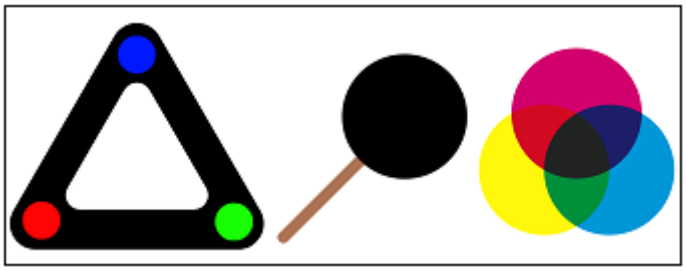
¿Cuáles son los colores primarios para pintar con témperas? ¿Qué acurre si combinamos

Luego de hacer distintas mezclas con las témperas podemos realizar otro experimento con los reflectores, interponiendo un disco entre ellos y la pantalla:

Discutiendo cuál es la luz que está llegando a cada zona de la pared podemos obtener nuevamente las reglas de combinación de colores por sustracción: en la zona de la pantalla que se ve oscura, lo que ocurre es que tapamos los tres reflectores; en la zona que se ve verde, estamos tapando el reflector rojo y el azul, etc.

¿Qué ocurre si combinamos la luz de los tres reflectores (verde+rojo +

Otro experimento interesante es colocar los reflectores a la misma altura, y proyectar la sombra de un palo sobre la pared. Se producen tres sombras: cian, magenta y amarillo.



DE LA ESCUELA A LA CASA

a. Si iluminamos una manzana con luz blanca y la vemos roja, ¿qué es lo que ocurre con el resto de los colores que inciden sobre la manzana?
b. ¿Cómo se forman los distintos colores en la pantalla de un televisor o de un celular? Con una lupa suficientemente grande se puede observar que los colores se logran combinando azul, verde y rojo por adición, comprobando que la pantalla contiene píxeles de distintos colores.Puede ser conveniente, para fijar ideas, utilizar simulaciones que describen algunos de los experimentos realizados. Hay una colección muy buena enhttps://phet.colorado.edu/es/. Para este experimento es muy útil la siguiente:

BIBLIOGRAFÍA

- EsquembreF. et al. (2004). Enseñanza de la física con material interactivo. Pearson Education,
- Feynman R. et al (1998). *Física: Electromagnetismo y materia (vol. II)*. Pearson Education.
- Gil S. y Rodríguez E. (2001). *Física re-Creativa*. Prentice Hall.
- Hewitt P (1998). *Física Conceptual*. Ed. Addison Wesley Longman México.
- Kip A. (1979). Fundamentos de Electricidad y Magnetismo. Mc Graw-Hill
- McDermott L. and the Physics Education at the University of Washington (1996). *Physics by Inquiry*. John Wiley & Sons
- Reitz J. (1993).Fundamentos de la teoría Electromagnética.Adisson-Wesley.

Otras recomendaciones:

- "PHET: Simulaciones gratuitas de física y química", Universidad de Colorado, https://phet.colorado.edu/es/
- Folletos de divulgación generados por la SEyCC. https://www.ib.edu.ar/component/sppagebuilder/42-divulgacion-y-experimentos.html