

EXPERIMENTOS EN FÍSICA CONCEPTUAL



UNIVERSIDAD
METROPOLITANA

EXPERIMENTOS EN FÍSICA CONCEPTUAL

AUGUSTO HOLGUÍN VALDEZ

Universidad Metropolitana,
Caracas, Venezuela, 2020

Hecho el depósito de Ley

Depósito Legal:

MI2020000628

ISBN:

978-980-247-286-4

Formato:

15,5 x 21,5 cms.

Nº de páginas:

144

Diseño y diagramación:

Jesús Salazar

salazjesus@gmail.com

Reservados todos los derechos.

Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso por escrito del editor.

Los derechos de divulgación, comercialización y publicación de las obras han sido cedidos por sus autores a la Universidad Metropolitana.



Autoridades

Luis Miguel da Gama
Presidente del Consejo Superior

Benjamín Scharifker
Rector

María del Carmen Lombao
Vicerrectora Académica

María Elena Cedeño
Vicerrectora Administrativa

Mirian Rodríguez de Mezoa
Secretario General



Comité Editorial de Publicaciones de apoyo a la educación

Prof. Roberto Réquíz

Prof. Natalia Castañón

Prof: Mario Eugui

Prof. Humberto Njaim †

Prof. Rosana París

Prof. Alfredo Rodríguez Iranzo
(Editor)

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
UNIDAD 1 MECÁNICA	9
1-1 Ley de Inercia	9
1-2 Ley de Acción y Reacción	12
1-3 Centro de Gravedad y Estabilidad	16
El Centro de Gravedad en los deportes.....	26
1-4 La Aceleración de Gravedad	36
UNIDAD 2 FLUIDOS	35
2-1 La presión atmosférica	36
2-2 Fluidos en movimiento	37
Aplicación en los deportes	40
2-3 Flotación	43
UNIDAD 3 EL SONIDO	47
3-1 Propagación del sonido	48
3-2 Frecuencia o tono	50
3-3 Resonancia	53
Aplicaciones del Sonido	55
UNIDAD 4 ELECTRICIDAD	63
4-1 Electricidad	63
4-2 Corriente y fuentes de voltaje	70
Resistencia del cuerpo humano a la corriente	76
Las Anguilas Eléctricas	78
UNIDAD 5 OPTICA	81
5-1 La Luz	81
5-2 El Color y Propagación	89
Espejos y Lentes	106
El Ojo y la Visión	126
RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS	137

INTRODUCCIÓN

La intención de la presente guía es dar a conocer algunos principios de la Física dentro de un enfoque fenomenológico y cualitativo que permita aplicar el método científico en el análisis, por lo cual, está orientado para que la comprensión del fenómeno estudiado llegue por medio de la experimentación, la cual es guiada por una muy sucinta explicación teórica, y preguntas que destacan los principales aspectos y comportamiento del fenómeno físico en consideración.

Los tópicos escogidos obedecen únicamente a la facilidad y sencillez de reproducir los experimentos mostrados, y, no a algún orden de importancia o prioridad, ya que todos los fenómenos físicos son igualmente importantes y la mayoría están muy relacionados.

Aspiramos incluir en próximas ediciones disciplinas de la física que no se contemplan en ésta, así como, comple-

mentar el estudio de las leyes tratadas en este libro, con mas experimentos que sirvan para comprender otros fenómenos físicos relacionados con la ley estudiada.

Las actividades experimentales están destacadas en la presente guía con el icono (A), y las preguntas conducentes a estructurar las conclusiones son debidamente respondidas al final de la guía. La numeración de la pregunta y de su respectiva respuesta, se coloca entre paréntesis al final de la formulación de la pregunta.

Es nuestro deseo que este libro sea una ayuda en la comprensión de algunos fenómenos físicos y, en mayor, o menor grado, despierte el interés por el método científico como instrumento de análisis.

UNIDAD 1 - MECÁNICA

1-1. Ley de Inercia

¿Por qué cuando un carro arranca bruscamente, nos vamos hacia atrás?

¿Por qué cuando un carro frena bruscamente, nos vamos hacia adelante?

¿Por qué cuando un carro gira bruscamente, nos vamos hacia un lado?

La respuesta a estas preguntas la encontramos en la **Ley o principio de Inercia**.

El principio de inercia establece que si un cuerpo está en reposo proseguirá en reposo mientras no sufra la acción de alguna fuerza que lo obligue a salir del reposo. Igualmente, si el cuerpo se encuentra en movimiento rectilíneo con velocidad constante, mantendrá este movimiento mientras no se le aplique alguna fuerza que lo obligue a cambiar de dirección, o, a aumentar o disminuir su velocidad. Y, cuanto mayor es la masa del cuerpo, mayor ha de ser la fuerza aplicada para producir efectos perceptibles.

Dicho simplemente; *las cosas tienden a seguir haciendo lo que ya estaban haciendo.*

Muchas experiencias fáciles de realizar producen efectos que corroboran este principio. Realizaremos algunas de ellas.

Un cuerpo en reposo tiende a permanecer en reposo .

1.- Veremos que un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo. Por ejemplo, unos platos sobre la mesa están en estado de reposo y tienden a mantenerse en reposo, como se hace patente si tiramos repentinamente del mantel sobre el que descansan (Fig. 01-1-1).

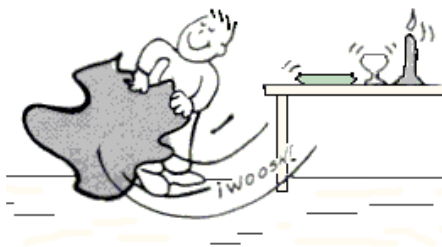


Fig. 01-1-1

(A) Esta demostración es más fácil hacerla colocando los cuerpos (un vaso con algo de agua, un plato, cubiertos u otros objetos) sobre una hoja de papel, lisa y algo resistente.

Procedimiento: se tira bruscamente de la hoja, las piezas mantendrán su posición sobre la mesa. La breve y pequeña fuerza de fricción entre los objetos y la hoja, no basta para moverlos en forma apreciable. Pero, si la hoja se desplaza lentamente, arrastra todo lo que tiene encima. ¿Por qué? (1-1)

2.- (A) Cuando un vehículo arranca bruscamente, esto es; acelera para salir del reposo y comienza a moverse, ¿hacia dónde tienden a moverse los pasajeros? (1-2)
¿Quién, o qué, empuja a los pasajeros contra el espaldar del asiento? (1-3)

Procedimiento:

Usaremos un muñequito con ruedas (también sirve sin ruedas) como pasajero, y un carrito como el vehículo.

Se coloca el muñequito sobre el carro en reposo y, luego se mueve bruscamente el carro hacia adelante (Fig. 01-1-2)

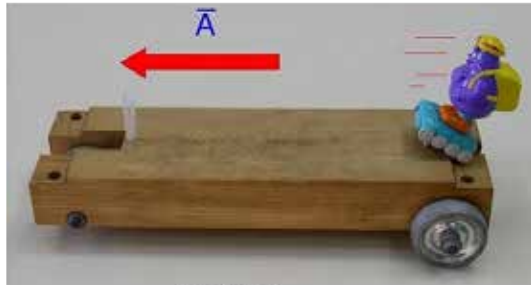


Fig. 01-1-2

En ausencia de fuerzas los cuerpos en movimiento tienden a moverse indefinidamente en línea recta .

1.- (A) Si un vehículo se desplaza a cierta velocidad y se produce un frenazo, la tendencia de los pasajeros es a proseguir hacia adelante hasta que algo los detenga; por ejemplo el cinturón de seguridad (Fig. 01-1-3a)



Fig. 01-1-3a

Procedimiento: con el muñequito sobre el carro, se mueve el carro hacia delante procurando que el muñequito no se mueva respecto del carro. Una vez con el carro en movimiento, se lo frena bruscamente (Fig. 01-1-3b).



Fig. 01-1-3b

2.- (A) Si un vehículo entra en una curva a gran velocidad, los pasajeros parecen ser empujados hacia fuera por alguna de sus puertas o lados. Esto es; porque los cuerpos tratan de moverse en línea recta, por lo tanto, tienden a salir del vehículo para dejar de girar y desplazarse en línea recta.

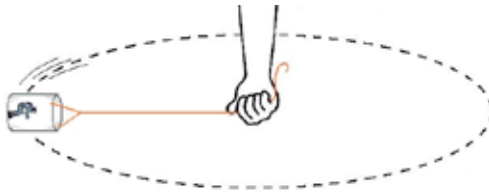


Fig. 01-1-4

Esto se puede evidenciar haciendo girar al muñequito dentro de un recipiente transparente. El muñeco se pega al fondo del reci-

piente, a la pared vertical si gira en un plano horizontal (Fig. 01-1-4) tratando de escapar y seguir su movimiento en línea recta.

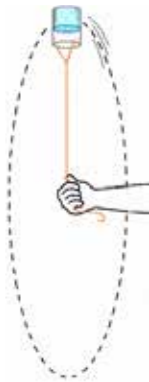


Fig. 01-1-5

Este efecto también se puede observar atando un recipiente con agua a un trozo de cordel y haciéndolo girar en un plano vertical (Fig. 01-1-5). ¡No temas, el agua no se derramará!

Cuando el agua está abajo parece claro que es el cordel y el recipiente lo que la retiene, pero cuando está arriba, ¿por qué no cae? (1-4)

1-2 Ley de Acción y Reacción

¿Cómo caminamos?

¿Cómo se desplazan los carros?

¿Por qué las pelotas rebotan?

En el sentido más simple, una fuerza es la acción de empujar o tirar, pero, observando con mayor detenimiento, Newton se percató de que una fuerza no es algo aislado: es parte de una acción mutua -de una interacción- entre dos cosas. Considera a guisa de ejemplo la interacción entre un martillo y un clavo (Fig. 01-2-1). El martillo ejerce una fuerza en el clavo y lo clava en la tabla. Pero esta fuerza sólo es la mitad del cuento, porque también debe existir una fuerza que detenga al martillo. ¿Qué es lo que ejerce esta fuerza? ¡El clavo!



Fig. 01-2-1

Cuando el martillo ejerce una fuerza sobre el clavo, éste ejerce otra sobre el martillo, de modo que en la interacción entre el martillo y el clavo hay un par de fuerzas: una fuerza sobre el clavo y otra sobre el martillo. Observaciones similares a ésta, llevaron a Newton a formular su tercera ley:

Ley de acción y reacción:

“Cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro objeto, el segundo objeto ejerce sobre el primero una fuerza de igual magnitud y en sentido opuesto”.

Una de las fuerzas se llama *fuerza de acción* y la otra, *fuerza de reacción*. No importa a cuál de ellas llamemos de acción y a cuál de reacción, lo importante es que ambas son parte de una

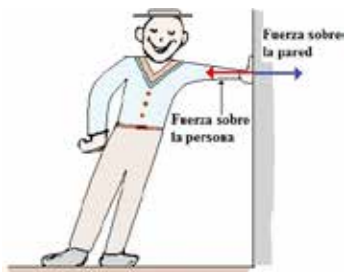


Fig. 01-2-2
rig. 01-2-2



Fig. 01-2-3



Fig. 01-2-4

sola interacción y ninguna de las dos puede existir sin la otra. Las fuerzas tienen la misma magnitud, tienen sentidos opuestos, actúan sobre cuerpos distintos y ocurren al mismo tiempo.

Si te recargas contra la pared, ejerces sobre ella una fuerza. Al mismo tiempo, la pared ejerce una fuerza igual y opuesta sobre tu persona (Fig. 01-2-2). Por eso no te caes.

Cuando caminas interactúas con el suelo, es decir, lo empujas, y el suelo, también te empuja (Fig. 01-2-3). Análogamente, cuando un carro se desplaza interactúa con el suelo: las ruedas empujan al suelo hacia atrás y éste lo empuja hacia adelante (fuerza representada con "R" en la figura 01-2-4)

En cada interacción necesariamente interviene un par de fuerzas. Y, como puedes notar; las dos últimas interacciones que hemos usado como ejemplos dependen de la fricción. Por ende; si una persona intenta caminar sobre el hielo, puede no ser capaz de ejercer

sobre éste la fuerza de acción que produzca la fuerza de reacción necesaria para andar, y en consecuencia resbala sin poder desplazarse. Igual le pasaría a un carro tratando de arrancar sobre hielo; sus ruedas deslizarían sin poder mover al carro.

Se harán dos experimentos sencillos que corroboran la *Ley de Acción y Reacción*,

(A) Primer experimento

Procedimiento: consiste en inflar un globo con aire y, una vez inflado, soltarlo dejando que el aire salga libremente (Fig. 01-02-5).

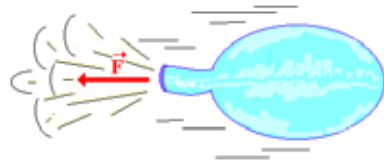


Fig. 01-2-5

¿Qué fuerza impulsa al globo?
(1-5)

¿Qué cuerpo ejerce esta fuerza? (1-6)

¿Qué fuerzas constituyen el par acción y reacción? (1-7)

(A) Segundo experimento.

Procedimiento: Se deja caer una pelota libremente para que rebote al golpear el suelo (Fig. 01-02-6).



Fig. 01-2-6

¿Cuál es la fuerza que detiene la pelota? (1-8) ¿Qué cuerpo ejerce esta fuerza? (1-9) ¿La fuerza que detiene la pelota es la misma que la impulsa de regreso? (1-10) ¿La pelota ejerce

alguna fuerza? Y si es así: ¿Sobre qué?
(1-11) Si queremos que la pelota rebote
mas alto, ¿qué debemos hacer?(1-12)

1-3 Centro de Gravedad y Estabilidad



Fig. 01-3-1

El **Centro de Gravedad** es el punto donde se encuentra la posición promedio del peso de un cuerpo. Por ejemplo, un objeto uniforme como una pelota tiene su C.G. dentro de la pelota, en el centro de ella. En cambio, un cuerpo de forma irregular, como un bate de béisbol, tiene más masa cerca de uno de sus extremos. Por lo tanto el C.G. de un bate de béisbol queda más cerca del extremo más grueso (Fig. 01-3-1).

Estabilidad

El lugar donde se encuentra el C.G. es importante en la estabilidad, esto lo estudiaremos cualitativamente con algunos experimentos simples.

Si trazamos una vertical hacia abajo desde el centro de gravedad de un objeto, de cualquier forma, y cae dentro de la base de ese objeto, quiere decir que el objeto, está en equilibrio estable. Si por el contrario, la vertical cae fuera de la base, el objeto no se encuentra en equilibrio y vuelca.

(A) Lo anterior se demuestra colocando una caja vacía y de lados rectangulares

sobre un plano de inclinación variable. La vertical desde su C.G. se evidencia con una plomada que cuelgue desde el centro geométrico de uno de sus lados.

Procedimiento: se coloca la caja sobre el plano inclinado y variando el grado de inclinación, se puede comprobar que la caja se voltea cuando la plomada sale del área de la base de la caja (Fig. 01-3-2).

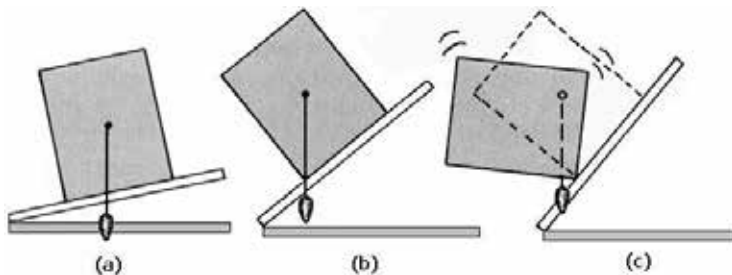


Fig. 01-3-2

¿Para qué posición el equilibrio es inestable? (1-13)

¿Cómo se diseñaría un cuerpo, por ejemplo una silla, para que tenga gran estabilidad? (1-14)

¿En qué posición una botella tiene mayor estabilidad: parada sobre el pico, parada sobre el fondo o acostada? Explique. (1-15)

¿Una persona tiene mayor estabilidad: parada sobre sus pies, parada sobre la punta de los pies o, sentada? Explique (1-16).

¿Por qué la Torre Inclinada de Pisa no se ha caído? (1-17)

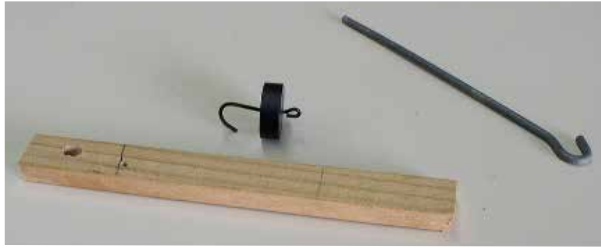


Fig. 01-3-3

Desplazamiento del C.G.

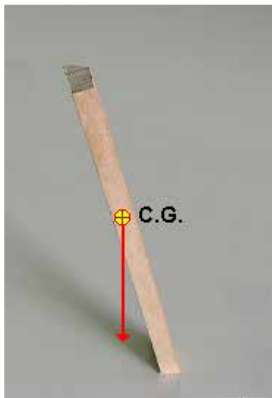


Fig. 01-3-4

(A) Para mostrar el desplazamiento del C.G, usaremos un listón que tiene un extremo cortado a bisel y dotado de un orificio a través del cual se le puede poner una varilla deslizante con un contrapeso (Fig. 01-3-3).

Procedimiento: Intenta parar el listón sobre el extremo cortado a bisel.

El listón no puede mantenerse erguido sobre ese extremo porque en esa posición el C.G. no se encuentra sobre la base de sustentación, que sería el área del extremo biselado, y, por ende, se vuelca (Fig. 01-3-4).

Inserta la varilla a través del orificio del listón y cuelga el contrapeso del extremo dispuesto para ello (Fig. 01-3-5).

Ahora, nuevamente, intenta parar el listón sobre el extremo cortado a bisel, pero, esta vez, desplaza la varilla con el contrapeso hasta lograr la estabilidad del sistema.

Nota que se logró la estabilidad porque se desplazó el C.G. (que debe estar en algún punto entre el listón y la pesa) hasta situarlo sobre la base de sustentación (Fig. 01-3-5)

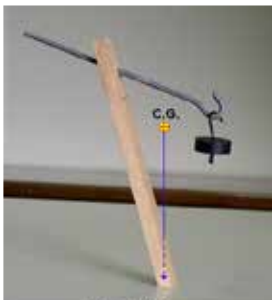


Fig. 01-3-5

Nuestro equilibrio y el centro de gravedad.

Cuando una persona está de pie con los brazos en los costados, su C.G. se encuentra dentro de su cuerpo. Regularmente se ubica de 2 a 3 cm debajo del ombligo y a la mitad de la distancia entre el frente de su tronco y su espalda. El C.G. de las mujeres está algo más abajo que el de los hombres, debido a que las mujeres por lo general, tienen la pelvis y los glúteos proporcionalmente más grandes, y los hombros más estrechos. El C.G. en los niños está más arriba debido a que tienen la cabeza proporcionalmente más grande y las piernas más cortas.

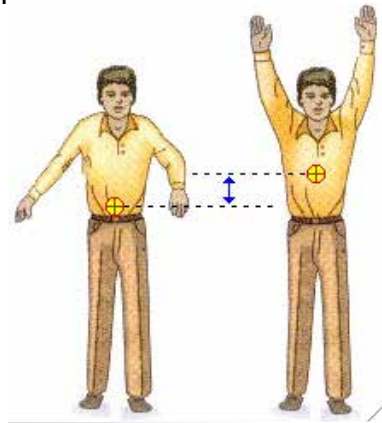


Fig. 01-3-6

Las personas, como la mayoría de los animales, podemos desplazar el C.G. según sea necesario, aunque lo hacemos sin darnos cuenta. Por ejemplo; cuando levantamos los brazos verticalmente por encima de la cabeza, el C.G. se eleva de 5 a 8 cm. (Fig. 01-3-6)

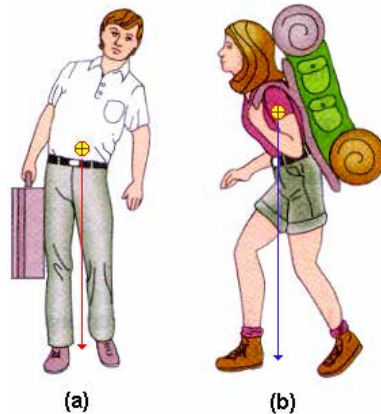


Fig. 01-3-7

Las personas para mantener el equilibrio cuando llevan algún peso, inclinan el cuerpo para que el C.G. quede sobre la base de sustentación, esto es: el área delimitada por los zapatos (Fig. 01-3-7)

(A) El C.G. también puede colocarse fuera de la masa corporal, esto sucede cuando nos agachamos doblando el cuerpo en forma de una "U" o una "C", por esta razón, para poder tacarnos los zapatos (o intentar hacerlo) sin perder el equilibrio, tenemos que desplazar las caderas hacia atrás. Puedes fácilmente demostrar esto.

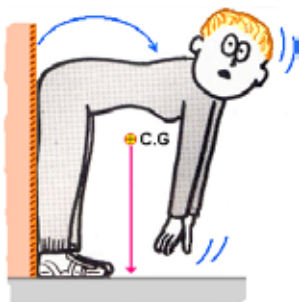


Fig. 01-3-8

Procedimiento: Pide la colaboración de una amiga, y pídele que intente tocarse los zapatos únicamente doblando el cuerpo, mientras mantiene las caderas pegadas a la pared. No podrá hacerlo sin perder el equilibrio (Fig. 01-3-8). Luego pídele que lo haga alejada de la pared.

Puedes notar que tu amiga retrocede las caderas para mantener el C.G. sobre los pies (Fig. 01-3-9).



Fig. 01-3-9

(A) Otro ejemplo del desplazamiento de nuestro C.G. lo encontramos en el movimiento que efectuamos para levantarnos de una silla. Para levantarnos tenemos que echar nuestro cuerpo hacia adelante, desplazando así nuestro centro de gravedad en la misma dirección, y correr los pies hacia atrás, para hacer que la base de sustentación, es decir el área delimitada por nuestros zapatos se encuentre debajo del centro de gravedad. Esto es lo que generalmente hacemos cuando nos levantamos de una silla.

Otra vez se necesitará la ayuda de un amigo.

Procedimiento: Haz que tu amigo se siente en una silla como lo muestra la figura 01-3-10, es decir, con el cuerpo en posición vertical y sin meter los pies debajo de la silla.

Una vez sentado de esa manera, pídele que intente ponerse de pie, sin cambiar la posición de las piernas y sin echar el cuerpo hacia adelante. Por más que tense los músculos, no conseguirá levantarse.

Ahora, pídele que se levante como naturalmente lo hace. Observa el movimiento del tronco para mover el C.G. hacia delante, y el desplazamiento de los pies hacia atrás para poner la base de sustentación debajo del C.G.

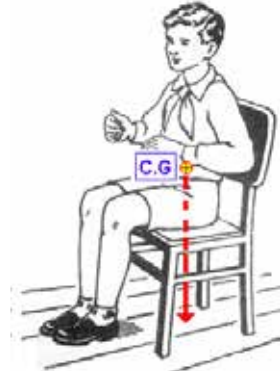


Fig. 01-3-10

Estabilidad de un "móvil"

El mayor equilibrio estable lo tiene un péndulo (Fig. 01-3-11), porque ante cualquier desplazamiento de su C.G., aparece una fuerza que lo resituye en su posición de equilibrio. **Esto se debe a que el C.G. se encuentra debajo del punto de apoyo o sustentación.**

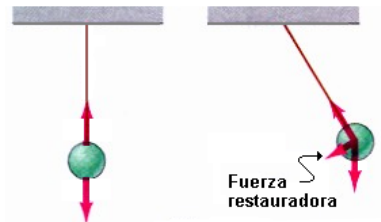


Fig. 01-3-11

(A) Los adornos llamados "móviles" se basan en esta propiedad: se los diseña de manera que su C.G. quede debajo del punto de apoyo, esto se logra dis-

tribuyendo la masa por debajo de este punto y el "móvil" automáticamente buscará colocar el C.G. en el punto de mayor estabilidad, tal cual como lo hace un péndulo.

Procedimiento: Se usará una varilla flexible con dos contrapesos, uno en cada extremo, y un dispositivo de apoyo o base en su punto medio, sobre el cual deberá equilibrarse para formar un "móvil" (Fig. 01-3-12)



Fig. 01-3-12



Fig. 01-3-13



Fig. 01-3-14

Toma la varilla con los contrapesos y sin doblarla, esto es: la varilla completamente recta, trata de estabilizarla sobre su base, colocándola sobre alguna superficie horizontal. Es casi imposible equilibrarla.

Ahora, doble la varilla formando una "U" invertida (Fig. 01-3-13), de modo que los contrapesos queden por debajo y a cada lado del dispositivo de apoyo o base. Esto bajará el C.G. y lo colocará debajo del punto de apoyo.

Pruebe hasta lograr que se equilibre (Fig. 01-3-14).

En esta condición el C.G. se encontrará justamente debajo del punto de apoyo, y se habrá conseguido formar un "móvil". Los "móviles" no son más que péndulos disfrazados.

(A) Ahora, con dos tenedores y un corcho provisto de un tornillo en uno de sus extremos (Fig. 01-3-15), fabrica otro "móvil", ensamblando los elementos como se muestra en la figura 01-3-16



Fig. 01-3-15

Fig. 01-3-15

¿Por qué este móvil se equilibra? (1-18)
¿Dónde se encuentra su C.G. en relación al punto de apoyo o sustentación? (1-19)

Para terminar; fabrica el móvil con un tenedor y una cuchara, aproximadamente de masas iguales, y, una varilla delgada de plástico (parte de un removedor de plástico). Como elemento de apoyo se usará el borde de un vaso.

Ensamble el móvil como se muestra en la figura 01-3-17, entrelazando la cuchara y la varilla en los dientes del tenedor. Desplaza la varilla sobre el borde del vaso hasta lograr el punto de equilibrio.

En base a lo estudiado con los "móviles" anteriores, explica su funcionamiento indicando la ubicación del C.G. del móvil con relación al punto de apoyo.



Fig. 01-3-16



Fig. 01-3-17

Ubicación del Centro de Gravedad de un listón

Como ya se vio, el **Centro de Gravedad** es el punto donde se encuentra la posición promedio del peso de un cuerpo, o sea; es el punto donde se aplica la fuerza de gravedad. Para el caso del listón es fácil ubicar el punto de aplicación de la fuerza de gravedad, y, por ende el C.G.

Necesitarás un listón de aproximadamente un metro, y un cuerpo que pueda estabilizarse sobre el listón, puede ser una goma de borrar, grande.



Fig. 01-3-18 (a)

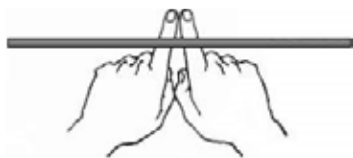


Fig. 01-3-18 (b)

(A) **Procedimiento:** Sobre los dedos índices de ambas manos, separadas, coloca el listón de la manera que indica la figura 01-3-18(a).

Hecho esto, acorta poco a poco la distancia entre los dedos, hasta que se junten. ¡Qué cosa más curiosa! Solo un dedo se mueve a la vez. Y en todas las posiciones de los dedos, el listón conserva el equilibrio, aún en la posición final cuando están juntos (Fig. 01-3-18(b)).

Repite el experimento varias veces, variando la posición inicial de los dedos. ¿Notas que el resultado es siempre el mismo? Cuando se juntan los dedos el cuerpo está en equilibrio. O sea; el C.G. está entre los dos dedos, y por ende, el punto de aplicación de la fuerza de gravedad.



Fig. 01-3-18 (c)

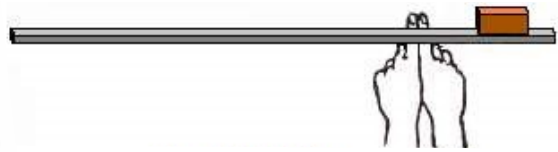


Fig. 01-3-18 (d)

Ahora, repite el experimento colocando sobre el listón, y cerca de alguno de sus extremos, la masa adicional de la goma de borrar (Fig. 01-3-18(c)), observa que el comportamiento es el mismo, solo que el C.G. se ha desplazado hacia la masa adicional, como se muestra en la figura 01-3-18(d).

Repita el experimento para diferentes posiciones iniciales de la masa adicional. Observa en cada caso el desplazamiento del C.G.

¿Cómo ocurre esto?

Cuando los dedos están separados, soporta una parte mayor del peso el dedo que se encuentra más próximo al centro de gravedad de la barra, y en consecuencia, la fuerza de contacto aplicada por ese dedo sobre la barra es mayor que la aplicada por el otro dedo. Al aumentar la fuerza de contacto entre el dedo y el listón, aumenta también el rozamiento; por lo tanto, el dedo que está más cerca del centro de gravedad experimenta mayor rozamiento que el que está más alejado. En estas condi-

ciones el dedo más cercano al centro de gravedad no se deslizará; solo se moverá el dedo que esté más lejos de este punto, y lo hará hasta que ocupe una posición más cercana al C.G. que el otro dedo, entonces se detendrá, y el otro dedo comenzará a deslizar. Estos cambios se suceden hasta que los dos dedos se juntan. Y como cada vez se mueve uno solo (el que está más lejos del centro de gravedad) es natural que al final ambos dedos se encuentren debajo de dicho centro.



Fig. 01-3-19



Fig. 01-3-20



Fig. 01-3-21

El Centro de Gravedad en los deportes

Los saltadores de altura optimizan su desempeño sacando del cuerpo su C.G. Adoptan posiciones durante el salto que les permite pasar el cuerpo sobre la barra, mientras su C.G. es decir; su peso, pasa algunos centímetros (no pocos) por debajo de la barra. En las figuras 01-3-19 y 01-3-20 se muestra como la atleta Antonietta Di Martino (Osaka 2007) dobla el cuerpo hacia atrás para que su centro de gravedad pase por debajo de la barra.

En la disciplina del Salto con Garrocha, también es fundamental saber desplazar el C.G. fuera del cuerpo, de esa manera el deportista puede superar la altura de la barra, sin tener que levantar todo su peso por encima de la misma. Como se destaca en la foto de la figura 01-3-21.

1-4 La Aceleración de Gravedad.

Si se suelta una piedra desde cierta altura, ésta caerá, y su velocidad al final de su caída será mayor mientras mayor sea la altura de la cual cayó. Lo sabemos porque podríamos atraparla sin hacernos daño después de una caída de un metro o dos, pero no si cae desde la azotea de un edificio. Así, la piedra adquiere mayor velocidad durante el tiempo que le toma caer desde la azotea del edificio, que durante el menor tiempo que tarda en caer un metro. Este aumento de la velocidad con el tiempo se llama **aceleración** y decimos que la piedra cae **acelerada** con la **aceleración de la gravedad**, ya que la **fuerza de atracción de la gravedad** es la que le imprime esa aceleración.

En ausencia de la resistencia del aire, todos los cuerpos caen con la misma aceleración

El hecho de que sin la influencia del aire todos los cuerpos, sin importar su tamaño, forma o composición, caigan con la misma aceleración, esto es: que soltados simultáneamente desde una misma altura lleguen al suelo al mismo tiempo y con la misma velocidad, está muy lejos de ser obvio. La experiencia diaria muestra que los cuerpos más pesados caen con mayor aceleración que los livianos, pero, esto se debe a la **fuerza de resistencia** del aire, que se opone al movimiento de los cuerpos, afectando mayormente a los más livianos.

(A) Dos experimentos sencillos demuestran este comportamiento

Experimento 1



Fig. 01-4-1

Toma un cuerpo pesado de volumen no muy grande (puede ser una pelota) y una hoja de papel tamaño carta. Deja caer simultáneamente la pelota (o el cuerpo que se esté usando), y la hoja de papel, como se muestra en la figura 01-4-1(a)

Como se espera, el cuerpo pesado cae con mayor rapidez, lo que indica que siente mayor aceleración, y cae primero.

¿A qué se debe que la hoja de papel caiga más lentamente o, lo que es igual; con menor aceleración?

Si respondiste que se debe a que el aire opone mayor resistencia a la hoja que a la pelota; respondiste correctamente. Pero: ¿por qué ocurre esto?

Una variante de este experimento te conducirá a la respuesta.

Ahora, repite la experiencia, arrugando el papel hasta formar una pelota (Fig. 01-4-1(b)) **¡Esta vez, caen juntos!**

Fíjate; al cambiar la forma del papel: de *forma de hoja* a *forma de pelota*, disminuiste significativamente el área que el cuerpo opone al aire, y con ello la fuerza de resistencia. Conclusión: si se disminuye el área perpendicular al desplazamiento facilitando la circulación del

aire, la fuerza de resistencia disminuye.

Puedes probar con otros cuerpos, y no solo comprobar que caen con la misma aceleración, sino, también, ver cuáles son significativamente afectados por la resistencia del aire y cuáles no.

Experimento 2

(A) Busca un libro grande y pesado, y una hoja de papel de área más o menos igual a la de la carátula del libro. Deja caer simultáneamente el libro y la hoja, como se muestra en la figura 01-4-2

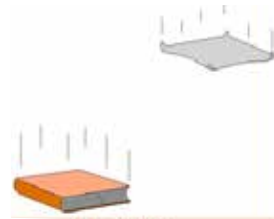


Fig. 01-4-2

Como ya se vio en el experimento 1, el libro cae primero por ser menos afectado por el aire.

¿Qué propiedad de la hoja de papel influye más en la resistencia al aire? (1-20)

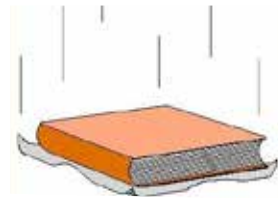


Fig. 01-4-3

¿Por qué caen juntos? (1-21)

Esta vez, realiza el experimento colocando la hoja encima del libro (Fig. 01-4-4)

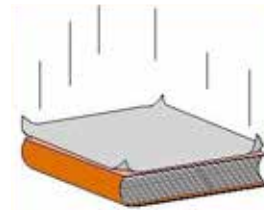


Fig. 01-4-4

¿Y ahora, por qué caen juntos? (1-22)

En conclusión: si se dejan caer simultáneamente y desde la misma altura, objetos de diferentes pesos en condiciones tales que no sean significativamente afectados por el aire, todos ellos llegarán al final del recorrido al mismo tiempo. Para que esto ocurra: sus ve-

locidades deben aumentar en la misma cantidad al mismo tiempo, de modo que ninguno se atrase respecto de otro, lo que equivale a decir que caen con una misma aceleración: la **aceleración de gravedad**.

¿Qué tan rápido caen las cosas?

(A) Se sugiere el siguiente experimento:



Fig. 01-4-5

Se sujeta por uno de sus extremos un billete de cualquier denominación, de modo que cuelgue en posición vertical entre los dedos índice y pulgar de la mano de un amigo, quedando la mitad del billete por encima de los dedos, como se muestra en la figura 01-4-5. Desafía al amigo a que agarre el billete, justo a partir del momento cuando lo vea caer (sin que mueva la mano hacia abajo, ni trate de adivinar adelantándose a su caída). ¡No podrá atraparlo!

No puede detener el billete porque los impulsos nerviosos debidos al estímulo visual (ver caer el billete) tardan, en promedio, al menos $1/5$ de segundo en ir del ojo al cerebro, ser procesados, y llevar como respuesta la orden de movimiento a los dedos. Mientras los 8 cm de la mitad del billete demora $1/8$ de segundo en caer.

La respuesta del sistema nervioso a los estímulos visuales es un proceso muy complejo. Desde que la información es recibida y decodificada, hasta que la orden motora llega a los músculos, transcurre un cierto tiempo, el cual se conoce como *tiempo de reacción*. Este *tiempo de reacción* puede ser diferente de un individuo a otro, dependiendo de la edad y el estado físico en general, pero, tiene un límite inferior el cual no se puede disminuir.

Este retardo entre la percepción visual y la respuesta motora, es lo que hace extremadamente difíciles algunos deportes. Por ejemplo: a un jugador de béisbol se lo considera un excelente bateador, y por ello, es muy bien remunerado, si acierta a batear con éxito, 3 veces de cada diez intentos. *¡Fallar 7 veces en diez intentos, se considera un excelente desempeño!*

(A) Medida del tiempo de reacción.

Compara tu tiempo de reacción con el de algún amigo

Materiales:

Una regla graduada de 30 centímetros

Procedimiento:

1.- Sujeta la regla por el extremo en que termina la escala, manteniéndola en posición vertical, así, el inicio de la escala quedará en la parte inferior. El amigo colocará sus dedos índice y pulgar en la parte inferior de la regla, de modo que ésta quede entre ellos, pero, sin rozarlos y con libertad de moverse (Fig. 01-4-6).

2.- Se suelta la regla sorpresivamente, y el amigo, debe detenerla cerrando los dedos en el instante en que vea que la regla comienza a caer. Esto es; reaccionando únicamente al estímulo visual. La distancia que recorra la regla dependerá del tiempo de reacción. (Fig. 01-4-7).



Fig. 01-4-6



Fig. 01-4-7

La equivalencia de la distancia en tiempo se muestra en la tabla adjunta.

3.- Intercambia de rol con tu amigo,

que él sea el que sujete y suelte la regla, y tú, quien la atrape.

4.- Repite el experimento varias veces y saca un tiempo promedio para cada uno.

Compara los tiempos de reacción.

La siguiente tabla muestra el tiempo que tarda la regla en caer diferentes distancias medidas en centímetros. Los cálculos fueron hechos con las leyes del movimiento acelerado.

Se puede ver que la aceleración de gravedad tiene un valor grande, ya que produce considerables desplazamientos en tiempos muy cortos. También la velocidad aumenta rápidamente con el tiempo de caída, por ejemplo: en un segundo un cuerpo puede pasar del reposo a una velocidad de 35 kilómetros por hora, y, en dos segundos a casi ¡71 kilómetros por hora! Algo realmente muy rápido, tanto así, que solo vehículos altamente especializados pueden lograrlo.

Distancia en centímetros	Tiempo en segundos	Distancia en centímetros	Tiempo en segundos	Distancia en centímetros	Tiempo en segundos
5 centímetros o menos	Menos de 0.101 (prodigio)	12,5	0,159	20,5	0,204
		13	0,162	21	0,206
5,5	0,106	13,5	0,165	21,5	0,209
6	0,110	14	0,168	22	0,211
6,5	0,115	14,5	0,171	22,5	0,213
7	0,119	15	0,174	23	0,216
7,5	0,123	15,5	0,177	23,5	0,218
8	0,127	16	0,180	24	0,220
8,5	0,131	16,5	0,183	24,5	0,223
9	0,135	17	0,186	25	0,225
9,5	0,139	17,5	0,188	25,5	0,227
10	0,142	18	0,191	26	0,229
10,5	0,146	18,5	0,194	26,5	0,232
11	0,149	19	0,196	27	0,234
11,5	0,153	19,5	0,199	Más de 27 centímetros	Muy lento
12	0,156	20	0,201		

Entonces; las gotas de lluvia que caen desde mucha altura, deberían llegar a tierra con velocidades extremadamente altas, destruyendo casi todo lo que se les interponga en su trayecto. ¿Por qué no ocurre esto? La respuesta está en la **resistencia del aire**, esto es; la resistencia que opone el aire al movimiento de los cuerpos.

Resistencia del aire.

El aire, todos los demás gases, y los líquidos como el agua, oponen resistencia al movimiento de los cuerpos, y esta fuerza de resistencia aumenta, entre otras cosas, con la velocidad del cuerpo. ¿Has intentado correr metido en el agua hasta la cintura?

Tomemos como ejemplo el movimiento en el aire. La fuerza de resistencia pasa inadvertida a bajas velocidades, haciéndose cada vez más grande a medida que aumenta la velocidad. Esto lo puedes comprobar fácilmente sacando la mano (con la debida precaución) por la ventanilla de un vehículo en marcha. A velocidad baja la resistencia del aire no se manifiesta, pero se te hará cada vez más notoria a medida que la velocidad se incrementa.

La resistencia del aire puede hacer que un cuerpo que cae, se mueva con velocidad constante, a pesar de estar sometido a la fuerza de gravedad. Esto sucede si la fuerza de resistencia crece hasta contrarrestar su peso. A la velocidad a la cual ocurre este balance se le llama **velocidad terminal** o **velocidad límite**, ya que, una vez que se alcanza esta velocidad la fuerza neta sobre el cuerpo se hace igual a cero, su movimiento deja de estar acelerado, y a partir de ese momento continúa con velocidad constante. Este es el caso de las inofensivas gotas de lluvia, que, si no fuera por este efecto llegarían al suelo con velocidades del orden de los 450 kilómetros por hora, o mucho más. ¿Imaginas el daño que causarían múltiples impactos a tal velocidad?

Los cuerpos más pesados requieren de una mayor *velocidad límite* para contrarrestar su peso, esto explica porqué los objetos más pesados caen más rápido que los ligeros



Fig. 01-4-8

La fuerza de resistencia no sólo depende de la velocidad, sino, también, del área y de la forma del cuerpo. Si se aumenta el área perpendicular al desplazamiento dificultando la circulación del aire, la fuerza de resistencia aumenta, y en consecuencia: la velocidad límite se hace menor, y es alcanzada en menor tiempo (como la caída de la hoja de papel desplegada). El paracaídas es un buen ejemplo de un cuerpo diseñado para producir y aprovechar estos efectos (Fig. 01-4-8).

Los cuerpos cuya forma disminuye los efectos de las fuerzas de resistencia, se dice que tienen forma **aerodinámica** si se mueven en el aire, por ejemplo: los automóviles modernos, los aviones, las aves, el guepardo, etc. Y si se mueven en el agua, se dice que son **hidrodinámicos**, como: las lanchas, barcos, peces, etc.

El paracaidista en caída libre, y la ardilla voladora, emplean igual recurso, aumentan el área que enfrentan al movimiento para disminuir la velocidad límite, y alcanzarla en menor tiempo (Figs. 01-4-9 y 01-4-10)



Fig. 01-4-9



Fig. 01-4-10

UNIDAD 2 - FLUIDOS

El agua es un líquido, igual que el aceite o el vinagre. Las moléculas que forman un líquido se mueven libremente de una a otra posición resbalando unas sobre otras, por eso un líquido toma la forma del recipiente que lo contiene.

El aire es un gas. Los gases se parecen a los líquidos por el hecho de que fluyen; por eso a ambos se los llama **fluidos**. La diferencia principal entre un gas y un líquido es la distancia que separa a las moléculas. En un líquido las moléculas están cerca unas de otras y experimentan fuerzas entre ellas. Estas fuerzas afectan notablemente su movimiento. En un gas las moléculas están muy separadas y no sienten fuerzas debidas a otras moléculas, pueden moverse con mucho menos restricciones, haciendo que el gas se expanda llenando todo el espacio disponible, ocupando **todo** el volumen del recipiente que lo contiene.

2-1 Experimentemos con la presión atmosférica

El aire que nos rodea se encuentra a una determinada presión la cual depende principalmente de la altura a que estemos con relación al nivel del mar.

(A) Procederemos a mostrar dos efectos de la existencia de la presión atmosférica, con dos experimentos simples.

1.- Un vaso vacío que se introduce boca abajo en agua, no se llena completamente, aun, si se lo sumerge totalmente. (Fig. 02-1-1)



Fig. 02-1-1

Procedimiento: Fija en el fondo del vaso un pedacito de papel (en el dibujo se usa un muñequito de papel) para que sirva de indicador si el agua ocupa todo el volumen del vaso.

Introduce lentamente el vaso boca abajo en el agua hasta sumergirlo completamente.

Saca el vaso sin voltearlo boca arriba, para evitar que entre agua, extrae el muñequito de papel y muestra que se encuentra seco.

¿Por qué el agua no penetró en el vaso cuando estaba sumergido? ¿Qué lo impidió? (2-1)

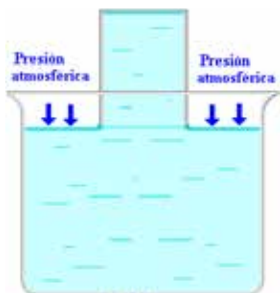


Fig. 02-1-1

2.- Si se llena completamente un vaso con agua y se sumerge, y, una vez sumergido, se invierte (colocándolo boca abajo), se lo puede elevar verticalmente hasta sacarlo casi todo del agua, sin que se vacíe (Fig. 02-1-2). ¿Por qué no sale el agua? (2-2)

2-2 Fluidos en movimiento

(A) Los fluidos en movimiento producen efectos físicos que nos parecen sorprendentes, aunque están relacionados con muchas aplicaciones prácticas.

Procedimiento: 1.- Sujeta una cinta de papel delgado frente a tus labios; justo debajo de ellos (Fig. 02-2-1), y sopla fuerte y sostenidamente sobre la parte superior de la cinta, contrario a lo esperado: ¡la cinta se eleva;



Fig. 02-2-1

Esto se debe a una propiedad de los fluidos, que, por extraño que parezca, la presión de un fluido disminuye cuando su velocidad aumenta. Nos referimos a la presión que ejerce en la **dirección perpendicular a la que fluye**, no sobre los obstáculos que se interponen en su camino. Una manifestación de este efecto, es el vuelo de los techados por el viento. Cuando sopla el viento la presión del aire sobre el techo de una casa es menor que en el interior de la casa, esto produce una fuerza ascensional que puede arrancar el techo (Fig. 02-2-2). Más aun, si consideramos que



Fig. 02-2-2

los techos se construyen para soportar grandes cargas, como el peso de la nieve o el agua acumulada de la lluvia, pero no para resistir fuerzas hacia arriba.

Las alas de los aviones tienen una forma y orientación que hace que el aire que pasa por ellas, pase más rápidamente por la parte superior que por la parte inferior, de esta manera la presión sobre la cara superior del ala es mucho menor que sobre la superficie inferior, ocasionando una fuerza neta hacia arriba (Fig. 02-2-3).

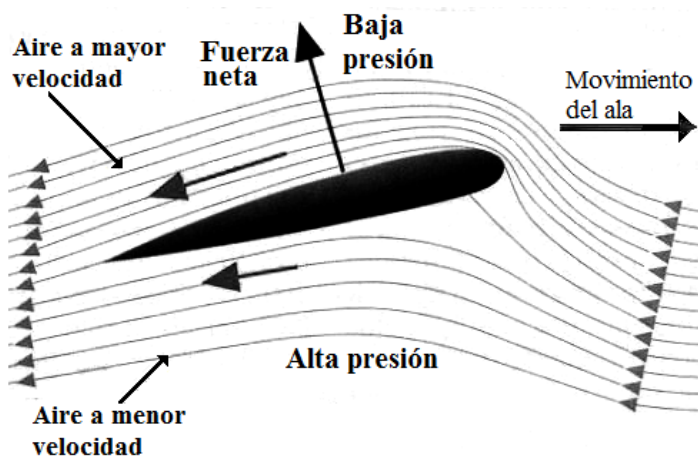


Fig. 02-2-3

(A) Realizaremos cuatro demostraciones más, de este fenómeno.

Procedimiento

1.- Si colocamos dos hojas de papel una en frente de la otra y soplamos entre ellas, contrario a lo esperado, las hojas se juntan en vez de separarse (Fig. 02-2-4).



Fig. 02-2-4

¿Por qué las hojas se juntan en lugar de separarse? (2-3)

2.- Se coloca una hoja de papel sobre dos libros gruesos enfrentados y separados unos 15 cm, como se muestra en la figura 02-2-5. Ahora, si soplamos por debajo de la hoja y entre los libros, es decir, a través del arco (Fig. 02-2-6), no importa cuán fuerte soplemos la hoja no volará, y, por el contrario, se pegará más a los libros doblándose hacia abajo. ¿Por qué ocurre esto? (2-4)



Fig. 02-2-5



Fig. 02-2-6

3.- Se inserta un alfiler en el centro de una laminita de cartulina o de algún otro cartón delgado, luego se introduce el alfiler en el extremo de un carrete de hilo, como se muestra en la figura 02-2-7. La función del alfiler es solamente mantener la cartulina en el centro de un extremo del carrete. Ahora, se sopla fuerte por el agujero del extremo opuesto (Fig. 02-2-8). ¿Por qué la cartulina no se desprende del carrete, por muy fuerte que se sople?

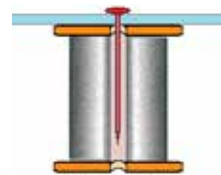


Fig. 02-2-7



Fig. 02-2-8



Fig. 02-2-9

La respuesta se encuentra en la rapidez del flujo de aire. Al soplar por el lado libre del carrete, se obliga al aire a salir con gran velocidad entre la cartulina y la superficie del carrete, originando una disminución de la presión del aire en esa zona. Pero, en la otra cara de la cartulina la presión se mantiene inalterada (Fig. 02-2-9). La diferencia de presión entre las caras de la lámina hace que ésta se mantenga unida al carrete.



Fig. 02-2-10

4.- Para esta demostración se necesitan dos latas de refresco vacías y cinco pitillos. Se coloca cada lata sobre dos de los pitillos, a modo de rodillos. Las latas sobre los pitillos, se disponen una al lado de la otra, dejando una separación de aproximadamente 1 cm entre ellas, como se muestra en la figura 02-2-10. Así dispuestas, las latas pueden moverse lateralmente con relativa facilidad. Ahora, por medio del quinto pitillo, se sopla aire a través del espacio entre ellas. ¿Qué sucede? ¿Por qué ocurre esto? La respuesta se encuentra en la explicación del experimento 3.

Aplicación en los deportes

En el Beisbol. La gran variedad de lanzamientos quebrados de los "picheres" son principalmente producto de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos que se mueven en el aire. Sin saber Física, los lanzadores saben

aplicarla, controlando el movimiento de la pelota con gran precisión. Algunos rayan en lo asombroso y artístico, otros con algo menos de control, pero, todos con similar variedad de lanzamientos. Según la velocidad, y modo de rotación que le imprimen a la pelota, dependiendo de cómo colocan los dedos (por ejemplo: siguiendo las costuras o transversalmente a ellas), y el movimiento de la muñeca durante el lanzamiento, la bola adopta una trayectoria u otra. Pueden hacer que se desvíe horizontalmente: a la izquierda o a la derecha. Que caiga más rápido o menos rápido. O combinar algunos de estos efectos en un solo lanzamiento.

Daremos una corta y básica explicación basados en las figuras 02-2-11 y 02-2-12. En la figura 02-2-11, se muestra; vista desde arriba, una pelota lanzada a un bateador, hacia la derecha y rotando en sentido de las agujas del reloj.

Con relación a la pelota, el aire fluye en sentido contrario al desplazamiento de la misma (de derecha a izquierda, en el dibujo). La pelota en rotación crea un remolino de aire a su alrededor. En un lado de la pelota, el movimiento del remolino tendrá el mismo sentido que la corriente de aire producida por su desplazamiento. En ese lado la velocidad del aire se incrementa. En el lado opuesto; el movimiento del remolino se produce en sentido opuesto a la corriente de aire y la

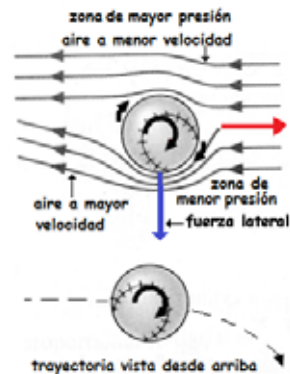


Fig. 02-2-11

velocidad de circulación del aire se ve disminuida. Esto motiva que la presión sea menor en un lado que en otro, causando una fuerza perpendicular a la velocidad de traslación de la pelota. Esta fuerza la desplaza de la trayectoria que tendría si no rotara. Para este ejemplo la pelota se cierra hacia el bateador derecho (Fig. 02-2-12).

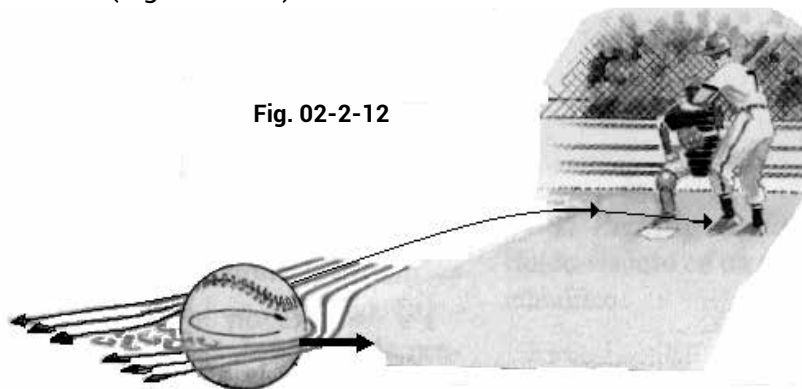


Fig. 02-2-13

En el Fútbol: este efecto se manifiesta, entre otras jugadas, en la sombrero "Gol Olímpico". Recibe esta denominación una jugada del fútbol, en la cual el balón sacado desde el punto del saque de esquina, entra en la portería contraria sin que toque previamente a ningún otro jugador (Fig. 02-2-13), es una anotación poco frecuente, muy pocos jugadores han conseguido realizarlo en alguna ocasión a lo largo de su carrera deportiva.

Sin la influencia del flujo de aire sobre la pelota, es decir; sin la fuerza producida por la diferencia de presiones entre un lado y otro de la pelota, no sería posible que el balón cayendo solamente por la fuerza de gravedad, doblara lateralmente. En el esquema de la figura 02-2-14 se muestra el sentido de giro que debe tener la pelota para lograr el efecto. Pero, *lo realmente asombroso es la destreza del jugador para producir este efecto, ¡solamente usando los pies!*

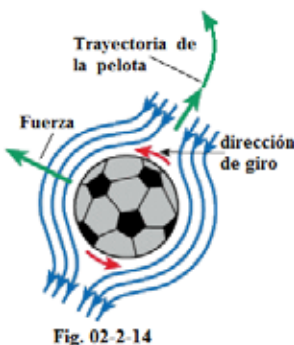


Fig. 02-2-14

Fig. 02-2-14

2-3 Flotación

(A) Se deducirá experimentalmente la condición para que un cuerpo flote en el agua.

Procedimiento

Esta demostración requiere un pedazo de plastilina, aproximadamente una bola de 2 cm de diámetro, y un recipiente con agua.

1.- Obviamente si se coloca la bola de plastilina en el agua, se hundirá (Fig. 02-3-1).

Pero, si se saca la plastilina del agua y se la moldea dándole forma de un cuenco con el mayor volumen posible, como se muestra en la figura, al colocar en el agua esta misma cantidad de plastilina, ahora en forma de cuenco, la plastilina flotará.

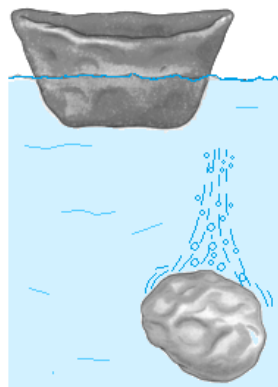


Fig. 02-3-1

Esto se debe a que la plastilina en forma de cuenco desplaza mayor cantidad de agua (tiene más volumen) que en forma de esfera, y la capacidad que tiene un cuerpo de flotar en el agua, es mayor mientras mayor sea su volumen en relación a su peso, o mejor dicho; mientras más **pequeña** sea su **densidad**. *La densidad es la relación de la masa o peso, respecto al volumen.* Así, un ladrillo es muy denso, pero, un globo de hule inflado es poco denso.

¿Qué es más denso, un bloque de hierro del tamaño de un ladrillo, o un barco completo hecho de hierro? Responde esta pregunta, considerando: cuál flota y cuál no flota.

2.- Busca: una esfera de vidrio (una metra), un bloquecito de madera y un bloquecito de anime. Comprueba la flotabilidad de estos cuerpos. Observa cuales flotan y cuales no, y de los que flotan cual se hunde más y cual se hunde menos.

¿Cuál tiene mayor densidad? (2-5)

¿Cuál tiene menor densidad? (2-6)

Ordénalos según sus densidades, de mayor a menor.

¿Por qué un corcho, un pedazo de anime o un barco de papel flotan tan fácilmente? (2-7)

¿Cómo es la densidad de nuestro cuerpo, en comparación con la del corcho o del anime? ¿Es mayor, o menor? (2-8)

3.- Si tienes dos latas de refresco cerradas. Una con refresco ligero, y otra con el tradicional con azúcar. ¿Puedes averiguar cuál refresco es más denso? (2-9)

Los experimentos anteriores, demuestran que los cuerpos tienen mayor facilidad de flotar en el agua, mientras menor sea su densidad, pero, lo que realmente determina la capacidad de flotar, es que: **la densidad del cuerpo sea menor que la densidad del agua**. Nos referimos a la flotabilidad en el agua, porque hemos estado experimentando con agua, pero, realmente esta condición determina la flotabilidad en cualquier otro líquido.

4.- Demostremos esta condición.

Busca dos vasos con agua hasta la mitad, un salero y dos huevos. Disuelve en uno de ellos la cantidad de sal contenida en 10 cucharaditas repletas. Coloca un huevo dentro de cada vaso. El huevo inmerso en el agua salada flotará, pero no así, el que se encuentre en el agua pura, el cual se hundirá (ver figura: 02-3-2). ¿Cómo se explica este fenómeno? (2-10)

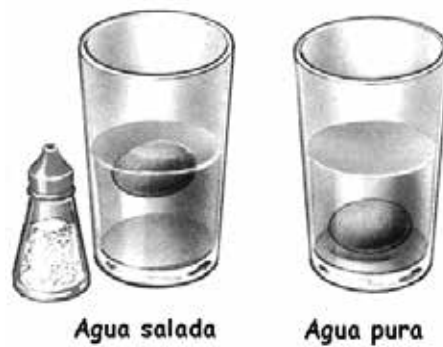


Fig. 02-3-2

UNIDAD 3 - EL SONIDO

La mayoría de los sonidos son ondas producidas por las vibraciones de objetos materiales. En un piano, un violín o una guitarra, el sonido se produce por las cuerdas puestas en vibración por una lengüeta vibratoria, el golpe de un martillo o, la estimulación con los dedos; en una flauta, por una columna de aire puesta en vibración por la embocadura del instrumento. Tu voz se debe a las vibraciones de las cuerdas vocales. La cantidad de vibraciones en un segundo, se denomina *frecuencia*.

En cada uno de esos casos, la vibración original estimula la vibración de algo mayor o más masivo, como la caja de resonancia de un instrumento de cuerdas, o, de un tambor, la columna de aire de un instrumento de viento, o el aire en la garganta y la boca de un cantante. Este material en vibración manda, en forma de ondas, una perturbación por el medio que lo rodea, que normalmente es aire. En condiciones ordinarias, son iguales la *frecuencia* o *tono* de la fuente de vibración, y la *frecuencia* o *tono* de las ondas sonoras que se producen, y propagan.

3-1 Propagación del sonido

(A) Se comparará cualitativamente la propagación del sonido en dos medios diferentes.

Procedimiento

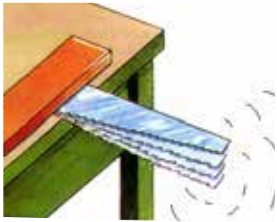


Fig. 03-1-1

1.- Se usará una lámina de acero, la cual una vez fija por un extremo al borde de una mesa, se la hará vibrar al doblarla por el extremo libre y soltarlo (Fig. 03-1-1). Las vibraciones de la porción de la lámina que queda fuera producen sonido con un determinado tono o altura. Este sonido se propaga; viaja, a través del aire, y del material de la mesa.

Pon a vibrar la lámina y escucha el sonido que se propaga por el aire, y colocando la oreja sobre la mesa, compáralo con el que se propaga en el material de la mesa. ¿Cuál escuchas con mayor nitidez y con mayor intensidad?

¿En cuál de los dos medios se propaga mejor el sonido? (3-1)

2.- Usa dos vasos plásticos unidos con un cordel como se muestra en la figura 03-1-2. Este dispositivo se usará como un teléfono primitivo.

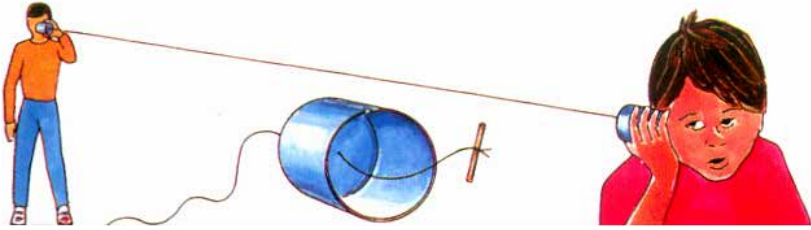


Fig. 03-1-2

Con la ayuda de otra persona realiza el siguiente experimento: cada persona debe tomar un vaso y tratar de comunicarse hablando y escuchando por él, como se muestra en la figura 03-1-2.

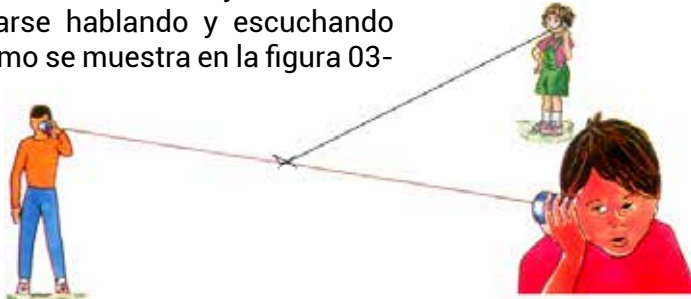


Fig. 03-1-3

- Primero, intenta hacerlo sin tensar el cordel. Seguramente el teléfono no funcionará. ¿Qué indica esto referente a la propagación del sonido? (3-2).
- Repite la experiencia anterior poniendo el cordel tenso. ¿Qué concluyes respecto a la propagación del sonido? (3-3)
- Ahora, manteniendo la misma distancia, procuren comunicarse sin el teléfono y en voz baja.
- Ahora, en voz igualmente baja como en el paso anterior, intenten la comunicación con la ayuda del teléfono. ¿En qué condición escucharon mejor? ¿El sonido se propaga mejor en el aire o en el cordel tenso?
- "Pincha" el teléfono amarrando al cordel el hilo de otro vaso (teléfono) de algún "fisgón" (Fig. 03-1-3), ¿Se puede fisgonear la conversación privada?

3-2 Frecuencia o tono

La **altura** o **tono** de un sonido corresponde a su frecuencia. Las oscilaciones rápidas de la fuente sonora producen una nota alta, aguda, mientras que las fuentes que oscilan lentamente, producen tonos bajos, graves. Para obtener diferentes notas musicales se cambia la frecuencia de oscilación de la fuente. En los instrumentos de cuerdas, esto se hace modificando la longitud, la tensión o la masa de las cuerdas. Por ejemplo; un guitarrista o un violinista, ajustan la tensión de cuerdas de diferentes masas, para afinar el instrumento. Una vez afinado pueden ejecutar diferentes notas, modificando la longitud de las cuerdas; acortándolas con los dedos.

En general, cuando golpeamos un objeto compuesto de algún material elástico, el objeto vibra con un conjunto de frecuencias que le es propio y que producen su sonido característico. Estas frecuencias son sus **frecuencias naturales** de oscilación, que dependen del material del que está hecho y de su forma. Así; si golpeamos ligeramente una olla metálica o dejamos caer un tenedor metálico, producen claramente sonidos distintos. Esto se debe a que dichos objetos vibran de manera distinta cuando se los golpea.

- (A) Para estudiar la dependencia de la frecuencia o tono del sonido con la longitud de la fuente; otra vez se usará una lámina de acero fija por un extremo al borde de una mesa

Procedimiento

- 1.- Aflojando la prensa que sujeta la lámina se puede cambiar la longitud de la parte vibrante (Fig. 03-2-1).



Fig. 03-2-1

- Pon a vibrar la lámina para diferentes longitudes del extremo oscilante. Desde casi la totalidad de la longitud de la lámina (Fig. 03-2-1), hasta un centímetro aproximadamente (Fig. 03-2-2).
- Compara el tono o altura del sonido producido por cada longitud (unas 5 o 6 longitudes) y cualitativamente relaciona el aumento o disminución del tono con el incremento o disminución de la longitud.



Fig. 03-2-2

¿El tono aumenta o disminuye al aumentar la longitud? (3-4).

¿Puedes relacionar este comportamiento, con las notas producidas por las cuerdas de un arpa? (3-5)

2.- Simulación de una marimba.

Procedimiento

La simulación se hace con un conjunto de láminas de madera como las usadas para los helados, o en las limas de uñas. Con la ayuda de un listón de madera y dos prensas, se fijan en el borde de la mesa, de modo que queden como "teclas" de diferente longitud (Fig. 03-2-3).



Fig. 03-2-3

Luego se las pone a vibrar, cuidando de no romper las maderitas.

¿Qué relación hay entre los tonos de los sonidos emitidos con la longitud de las "teclas"? (3-6)



Fig. 03-2-4

3.- Simularemos, en una forma muy burda, el comportamiento de las cuerdas del arpa, haciendo uso de una cajita de resonancia provista de ligas tensas de diferentes longitudes. La figura 03-2-4 muestra el mismo arreglo hecho con un libro (el efecto es mayor si se hace con una caja, y preferiblemente de madera).

Poniendo a vibrar las ligas, relaciona los tonos del sonido producido con la longitud de la liga. ¿El comportamiento es el esperado en base al experimento anterior?

3-3 Resonancia

Cuando se pone a vibrar un objeto estimulándolo con una fuerza pulsante de frecuencia igual a la frecuencia natural de oscilación del objeto, la amplitud o tamaño de sus oscilaciones aumenta notablemente, y no se requiere suministrarle mucha energía para mantener la vibración. Este fenómeno se llama **resonancia**.

Un columpio es un ejemplo común que ilustra la resonancia. Cuando se impulsa un columpio se lo hace al ritmo de su frecuencia natural de oscilación o vaivén. El ritmo de los empujones es más importante que el tamaño de la fuerza. Aun cuando los impulsos o los empujones sean pequeños, se puede producir una gran amplitud de oscilación si su ritmo coincide con la frecuencia natural del movimiento del columpio. Esto es: empujarlo cuando se detiene para alejarse.

De manera análoga, cuando se sintoniza un receptor de radio se ajusta la frecuencia natural de los elementos electrónicos del aparato para que coincida con una de las muchas señales que recibe, y resuena a la frecuencia de la emisora deseada.

La resonancia sonora

(A) 6.- Usemos un tenedor metálico a modo de diapasón.

Sujetando el tenedor con una mano se lo pone a vibrar acercando y soltando sus dos dientes centrales (Fig. 03-3-1). El tenedor produce un sonido débil, pero, si se lo vuelve a estimular mientras se apoya la base del tenedor en la hoja de una puerta de madera (Fig. 03-3-2), el sonido se vuelve relativamente fuerte. La hoja de madera entra en resonancia con las vibraciones del "diapasón", y su mayor superficie pone



Fig. 03-3-1



Fig. 03-3-2

en vibración una gran cantidad de aire, produciendo un sonido más intenso. La hoja de la puerta se convierte en una caja de resonancia que se puede hacer vibrar con distintos tonos usando distintos tenedores. La caja de resonancia es parte imprescindible en la mayoría de los instrumentos de cuerda.

(A) 7.- Experimentaremos con otro sistema vibratorio, compuesto por el receptáculo de vidrio de una copa como elemento vibrante y generador del sonido, y su volumen de aire como caja de resonancia.

Procedimiento



Fig. 03-3-3

A una copa de cristal previamente lavada y libre de grasa, se le agrega cierta cantidad de agua (sin llenarla). Luego, se desliza suavemente el dedo índice humedecido, por el borde de la copa, como se muestra en la figura 03-3-3. Se mantiene el movimiento circular variando la presión y la velocidad, hasta que la copa entre en resonancia. Emitirá un sonido de frecuencia igual a su frecuencia de vibración. Repite el experimento con diferentes niveles de agua, que equivale a variar la caja de resonancia, y por ende, los tonos que se amplifican.

¿Cómo depende el tono del sonido emitido, con el volumen libre de agua?
¿Aumenta o disminuye al aumentar el volumen de aire?

Ahora, al lado de la copa que entró en resonancia, se coloca, sin que se toquen, otra copa igual, pero, con dos palitos de fosforo en su borde, como se muestra en la figura 03-3-4.



Fig. 03-3-4

Al poner en resonancia la primera copa, los palitos de fosforo, en la segunda copa comienzan a saltar.

¿Por qué ocurre esto? (3-7)

Repita el experimento anterior, colocando, en lugar de los palitos de fosforo, una cartulina a modo de tapa, y, sobre ésta un poco de azúcar (no mucha) uniformemente repartida (Fig. 03-3-5). Al entrar en resonancia la copa que contiene la cartulina, los granos de azúcar comienzan a moverse mostrando el patrón de vibración de la cartulina. La cartulina vibra al ser estimulada por el sonido emitido por la copa y, por el movimiento imperceptible del borde de vidrio.



Fig. 03-3-5

Aplicaciones del sonido

El sonar

El sonar (Sound Navigation Ranging) es una técnica para determinar la profundidad del agua y localizar objetos sumergidos, como arrecifes, submarinos, barcos hundidos, bancos de peces, etc. Una unidad de sonar consta

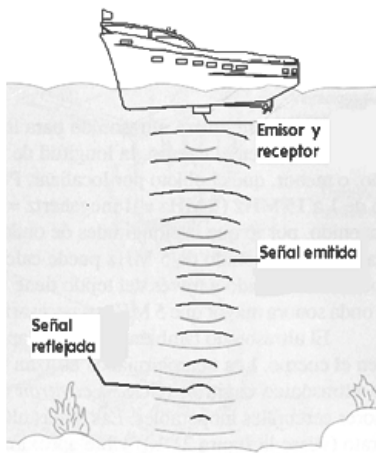


Fig. 03-3-6

de un transductor acústico, que funciona como transmisor y receptor colocado en la parte inferior del barco, como se ilustra en la figura 03-3-6. El transmisor emite un pulso de ultrasonido (sonido de alta frecuencia) y, poco después, el pulso reflejado, o eco, regresa y es detectado por el receptor. Por la forma del pulso reflejado, se puede estimar las dimensiones del cuerpo que lo reflejó, y por el tiempo del viaje de ida y vuelta, la profundidad a

la cual se encuentra. Esta información se procesa electrónicamente por medio de una computadora.

Ultra sonido en medicina

En medicina se usa la exploración por ultrasonido, esto es: por sonido de frecuencia muy alta (Sonograma), como una ayuda al diagnóstico.

En esta técnica, un pequeño transmisor y receptor de ultrasonido es colocado en contacto con el área del cuerpo bajo investigación (Fig. 03-3-7). Cada vez que el pulso de ultra sonido encuentra una frontera entre dos tejidos que tienen densidades diferentes, o una frontera entre un tejido y un fluido adyacente, tienen

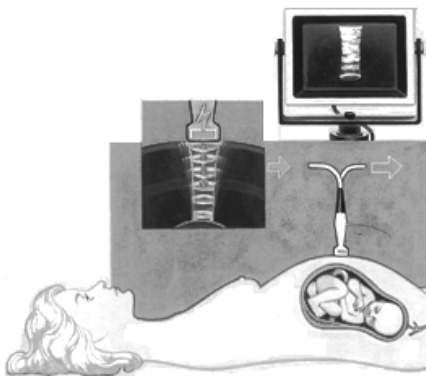


Fig. 03-3-7

lugar reflexiones. Al detectar y procesar estos ecos generados por varias partes del cuerpo, es posible obtener una "fotografía" del interior del cuerpo. Este método de exploración se usa ampliamente en obstetricia para analizar el desarrollo del feto (Fig. 03-3-8). Éste, rodeado por el saco amniótico, puede distinguirse claramente de otras partes anatómicas, de modo que es posible detectar, sin daño alguno para el feto, todas sus partes estructurales, inclusive, medir las pulsaciones de su corazón.

El ultrasonido también se aplica en otras áreas de la medicina, además de la obstetricia. Por ejemplo, con el ultrasonido es posible detectar tumores en el hígado, los riñones, el páncreas y el cerebro. En caso en que ocurren hemorragias internas, es posible localizar la región de sangrado y hasta estimar la pérdida de sangre. Otra aplicación, es el monitoreo en tiempo real de estructuras pulsantes, como las válvulas cardíacas y grandes arterias. Cuando se quiere localizar características anatómicas internas correspondientes a regiones muy pequeñas, se tiene que usar ultrasonido de frecuencias muy altas. Es común el uso de frecuencias de 1 a 15 millones de ciclos por segundo. Nosotros escuchamos solo hasta los 18 o 19 mil ciclos por segundo, algunos animales como los murciélagos y delfines, entre otros, escuchan sonidos de frecuencias mucho más altas.

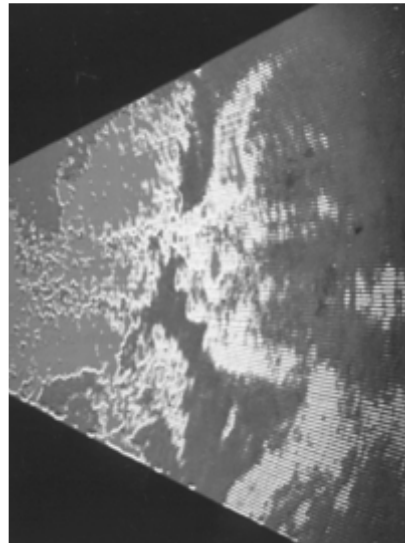


Fig. 03-3-8

El *medidor de flujo doppler* es un dispositivo que mide la velocidad del torrente sanguíneo. Consta de un trasmisor y un

receptor colocados directamente sobre la piel. El transmisor emite una onda de 5 millones de ciclos por segundo. Cuando los glóbulos rojos reflejan el sonido, la frecuencia cambia debido al movimiento de ellos, este efecto de cambio de frecuencia cuando las ondas se reflejan en un objeto en movimiento recibe el nombre de efecto Doppler. El receptor recibe la onda reflejada y compara su frecuencia con la emitida, el cambio en la frecuencia permite medir la velocidad del flujo sanguíneo y detectar regiones de mayor o menor velocidad, permitiendo localizar obstrucciones.



Fig. 03-3-9

El efecto Doppler también es usado para medir la velocidad de los objetos en movimiento. En el béisbol y en el tenis, se usa un dispositivo conocido como "la pistola", el cual trabaja de la misma manera que el *medidor de flujo Doppler*. Un pulso de ultrasonido se dispara a la pelota en movimiento, y luego se recibe la onda reflejada en ella, la cual ha sufrido un cambio en su frecuencia debido al efecto Doppler; la velocidad de la pelota es indicada en la pantalla de "la pistola" (Fig. 03-3-9).

El ultrasonido en los animales

Las técnicas del eco ultrasónico han alcanzado altos niveles de especialización por medio de la evolución biológica, como en el caso de los murciélagos

y los delfines. Los murciélagos emiten chillidos ultrasónicos y localizan los objetos con asombrosa precisión, así sean insectos voladores en un ambiente de completa oscuridad. Los delfines hacen eso y mucho más. El sonido que emite un delfín le permite "ver" a través de los cuerpos de otros animales y de las personas. Los diferentes tejidos en su mayoría, son transparentes para el sonar del delfín, pero observan muy bien los huesos y las cavidades llenas de gas. Un delfín está en capacidad de detectar tumores, y los indicios de un ataque cardíaco, y otros males en diferentes órganos, cosa que los humanos recién podemos hacer con instrumental muy especializado en el uso de ultrasonido.



Fig. 03-3-10

El sonido musical

La mayor parte de los sonidos que escuchamos son ruidos. El impacto de un portazo, una motocicleta, un objeto que cae, el tráfico de las calles, etc. El ruido corresponde a una vibración irregular de algún objeto. El sonido de la música tiene un carácter diferente, pues tiene tonos más o menos sostenidos, o "notas" musicales. La separación entre lo que se considera música y lo que se considera ruido es muy sutil. Pero, no hay ambigüedad al diferenciar la música tradicional (la música sinfónica y,



Fig. 03-3-11

la gran mayoría de la música popular y folclórica) del ruido.

Los músicos usualmente, cuando se refieren a un *tono musical* lo hacen en términos de tres características: **altura**, **sonoridad** y **calidad**.

Altura



Pintura: El Pifano de Edouard Manet

Fig. 03-3-12

La **altura** de un sonido corresponde a su frecuencia. Las oscilaciones rápidas de la fuente sonora producen una nota alta, aguda, mientras que las fuentes que oscilan lentamente, producen tonos bajos, graves. Al hablar de la *altura* de un *tono musical*, lo hacemos en términos de su posición en la escala musical. Cuando se toca el **Do** central en un piano, el martillo golpea a tres cuerdas que vibran a razón de 264 veces por segundo. La *altura* del **Do** central corresponde a esta frecuencia.

Para obtener diferentes notas musicales, se cambia la frecuencia de oscilación de la fuente. En los instrumentos de cuerdas, esto se hace modificando la longitud, y la tensión de cuerdas de diferentes masas. Por ejemplo; un guitarrista o un violinista, ajustan la tensión de cuerdas de diferentes masas, para afinar el instrumento. Una vez afinado pueden ejecutar diferentes notas, modificando la longitud de las cuerdas; acortándolas con los dedos (Fig. 03-3-11). En los instrumentos de viento, la

longitud de la columna de aire, que es la que produce la altura de la nota, se cambia abriendo o cerrando los orificios del tubo del instrumento (Fig. 03-3-12). Esto se puede hacer con los dedos como en la flauta, el flautín, etc., por medio de válvulas como en el saxo, el clarinete, etc. O también, se puede variar la longitud misma del tubo como en el caso del trombón, flauta de pan, etc.

Sonoridad

La **sonoridad** es la percepción fisiológica de la intensidad del sonido. Es lo que conocemos como “volumen”, es decir: lo alto o fuerte del sonido.

Calidad

Nos es fácil diferenciar entre el tono de un piano y el de un clarinete, aunque toquen la misma nota. Cada uno de estos tonos tiene un sonido característico que difiere en **calidad** o **timbre**. La mayoría de los sonidos musicales constan de una frecuencia fundamental y de una variedad de tonos de mayor altura, y generalmente de menor intensidad, denominados **armónicos** o **sobretonos**. La gran mayoría de los sonidos musicales están constituidos por una frecuencia fundamental que posee la mayor intensidad, la cual determina la altura de la nota, y las frecuencias superiores, (múltiplos de la fundamental) o sobretonos de menor intensidad. El número y la sonoridad relativa de los sobretonos o armónicos produce la calidad del sonido asociada con el instrumento. Así, cuando tocamos el Do central en el piano, producimos un tono fundamental, acompañado de una combinación de armónicos que es diferente si el mismo tono se toca con otro instrumento.

La calidad de un tono es determinada por la presencia e intensidad relativa de los diferentes sobretonos. El sonido producido por determinado tono del piano y el producido por un tono de la misma altura en un clarinete, tienen calidades diferentes que el oído reconoce por ser diferentes sus sobretonos.

El instrumento más antiguo

La figura 03-3-13 muestra una flauta hecha con el hueso de un oso. Esta flauta conocida como Flauta Neandertal fue encontrada en 1995, por el arqueólogo Iván Turk, junto a restos de útiles de hombres de Neandertal, en Eslovenia; este instrumento de viento que podría tener hasta 80 mil años, sorprende por la disposición de sus agujeros, que muestran que con ella se podía tocar una escala diatónica, es decir, con tonos y semitonos, como las escalas en que se ha basado la música occidental.



Fig. 03-3-13

Los dos agujeros visibles y los dos rotos corresponderían, de izquierda a derecha, a los sonidos: Mi, Fa, Sol y La, de una flauta actual. Nunca se pensó encontrar un instrumento tan antiguo, con un sistema musical tan avanzado, y mucho menos, en lo que

fue un refugio de Neandertales. Este instrumento fue replicado y tocado por el músico Ljuben Dimkaroski.

UNIDAD 4 - ELECTRICIDAD

4-1.- Electricidad

La electricidad, en una u otra forma, interviene en casi todo lo que nos rodea. Se encuentra en los relámpagos; en varias clases de dispositivos tecnológicos, desde las bombillas hasta los computadores y teléfonos inteligentes; y sobretodo, las fuerzas eléctricas son lo suficiente intensas como para dar gran estabilidad a los átomos, a las moléculas y a los agregados de moléculas, para formar los sólidos, líquidos y gases que conocemos.

Las fuerzas eléctricas provienen de las partículas del interior de los átomos. En el sencillo modelo atómico propuesto a principios del siglo pasado por el físico Ernest Rutherford, el átomo consiste en un núcleo rodeado de *electrones*. El núcleo está compuesto por dos tipos de partículas: *protones* y *neutrones*. Los protones del núcleo atraen a los electrones y los mantienen en órbita del mismo modo en que el Sol mantiene en órbita a los planetas. Pero, los electrones se repelen unos a otros. Este comportamiento de atracción y repulsión se atribuye a una propiedad llamada *carga*. Por convención se dice que los electrones tienen *carga negativa* y que los protones tienen *carga positiva*. Los neutrones no tienen carga y las partículas cargadas no los atraen ni los repelen.

La materia está compuesta de átomos y los átomos están compuestos de electrones y protones. Un objeto que tenga el mismo número de electrones que de protones no tiene carga eléctrica, pero, si tiene más electrones que protones está *negativamente* cargado, y, si los electrones son menos que los protones, su carga es *positiva*. El desequilibrio se debe a que el objeto ha adquirido o perdido electrones.

Nadie sabe por qué los electrones se repelen entre sí, mientras los protones los atraen. Ni, por qué los protones se repelen unos a otros. Decimos simplemente que es un hecho fundamental o básico. Y la regla fundamental que rige todo fenómeno eléctrico es la siguiente:

Las cargas del mismo signo se repelen; las cargas de signos contrarios se atraen.

¿Por qué los protones del núcleo, si tienen la misma carga positiva, no se repelen unos a otros y salen volando en todas direcciones? (4-1)

Carga por fricción y por contacto.

Para algunos materiales es fácil arrancarles electrones por frotamiento, ejemplo de estos materiales son: algunos vidrios, la tela de seda o algodón, la ebonita, y la mayoría de los plásticos.

(A) Se puede comprobar esto cargando cuerpos por frotamiento.

Procedimiento

1.- Para esta demostración, necesitas una lámina de acetato de las que se usan para proyecciones, o del material plástico flexible usado para preservar alimentos ("envoplast"). Corta una cinta delgada, y, frótala con un paño seco, preferiblemente colocando la cinta sobre vidrio. Una vez frotada, se la cuélgala

en los dedos doblándola por la mitad, como se muestra en la figura 04-1-1. Las dos partes de la cinta se separan. Se repelen porque tienen la misma carga debido a que al frotar la cinta se le quitó electrones, quedando toda ella con carga positiva.

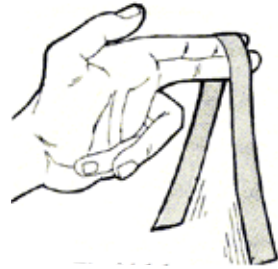


Fig. 04-1-1

2.- Esta otra experiencia debes hacerla en un día seco, y con la ayuda de una amiga que tenga cabello largo. Frota un globo inflado con los cabellos de tu amiga, esta acción provoca que tanto el globo como los cabellos se carguen eléctricamente con cargas opuestas, y en consecuencia se atraigan (Fig.04-1-2)



Fig. 04-1-2

Polarización de la carga

Es conocido que algunos envoltorios de plástico se adhieren a las cajas o estuches que cubren, como en el caso de los CD, esto es debido a que en el proceso de manufactura los envoltorios plásticos de los CD pierden electrones, quedando cargados positivamente. La carga positiva del envoltorio deforma la distribución de las cargas del material de la caja del CD. Dentro del material de la caja, las cargas negativas se acercan a la carga positiva del envoltorio y las cargas negativas se alejan, como se esquematiza en la figura 04-1-3, este ordenamiento produce el efecto de una superficie carga-

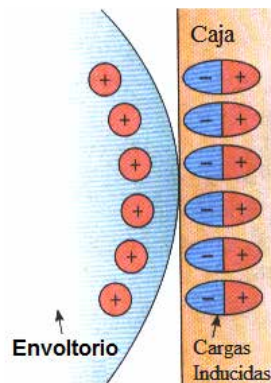


Fig. 04-1-3

da negativamente, lo que hace que se atraigan la cubierta y la caja del CD. A la orientación que adquieren las cargas en la caja se le llama **polarización eléctrica**, y el material de la caja en esas condiciones; se dice que está **polarizado**.

(A) Experimenta polarizando las cargas de diferentes cuerpos.

1.- Pedacitos de papel.

Procedimiento: pica un papel liviano en pedacitos pequeños, luego, procede a cargar un peine de plástico frotándolo con un paño seco, y acércalo al papel picado (Fig. 04-1-4). Se puede observar la atracción entre la carga del peine y las cargas inducidas en el papel polarizado.



Fig. 04-1-4

También, un globo de hule inflado y cargado por frotamiento (preferiblemente con una prenda de lana) puede producir el mismo efecto de atracción sobre los pedacitos de papel (Fig. 04-1-5)

(A) Carga por frotamiento y por inducción.

Procedimiento: deposita en un recipiente poco profundo y de plástico, pedacitos pequeños de papel como el confite o “papelillo” usado en carnaval, y algunos trocitos de papel de aluminio,



Fig. 04-1-5

del que se emplea para preservar alimentos. Cubre el recipiente con plástico del usado para empacar alimentos ("envoplast") preferiblemente nuevo. Forra el recipiente de manera que la cubierta quede tensa y bien adherida a los bordes (Fig. 04-1-6). Deslizándolo suavemente el canto de la mano sobre la cubierta de plástico, frótela repetidas veces para cargarla (Fig. 04-1-7). La carga de la lámina de plástico polarizará las cargas del papel, y si se sacude un poco el recipiente, los trozos de papel polarizado saltarán atraídos por la carga de la cubierta, quedando pegados a ella (Fig. 04-1-8).



Fig. 04-1-6



Fig. 04-1-7



Fig. 04-1-8

Ahora, toca con el dedo los puntos del plástico donde hay papelitos adheridos. ¿Qué observas? ¿Por qué ocurre eso? (4-2)



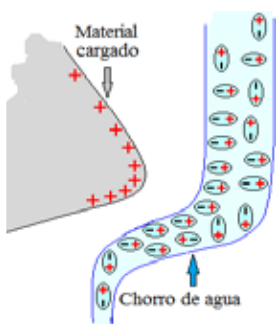
Fig. 04-1-9



Fig. 04-1-10



Fig. 04-1-11



(A) Interacción eléctrica con las moléculas de agua.

Procedimiento: frota con un paño una lámina de acetato (o de "envoplast") para cargarla, y una vez cargada, acércala a un chorro de agua delgado y de corriente constante. El chorro es atraído por la lámina cargada (Fig. 04-1-9).

Es interesante repetir el experimento anterior usando un globo de hule cargado, en lugar de la lámina de plástico (Fig. 04-1-10).

En este caso, las moléculas del agua no se polarizan por inducción de la carga del plástico. Estas moléculas formadas por dos átomos de Hidrógeno y uno de Oxígeno, ya están polarizadas en su estado normal, porque la distribución de carga en ellas, no es homogénea. Hay un poco más de carga negativa de un lado de la molécula que del otro (Fig. 04-1-11). En la figura 04-1-12 se muestra un esquema muy simplificado de la interacción eléctrica entre el cuerpo cargado y el chorrillo de agua.

Fig. 04-1-12

3.- Interacción eléctrica con las cargas del metal de una lata.

(A) Procedimiento: Se coloca una lata vacía encima de una mesa.

Se infla y se carga un globo frotándolo con un paño de lana. Luego, al acercar el globo cargado a la lata, sin tocarla (Fig. 04-1-13), se observa que ésta empieza a moverse hacia el globo, y, si se va retirando el globo horizontalmente, intentará acercarse a él. Con un poco de habilidad se puede conseguir que la lata haga un pequeño recorrido.



Fig. 04-1-13

La lata de aluminio está formada de muchos átomos que contiene cargas positivas y negativas en cantidades iguales y repartidas uniformemente por todo el material, neutralizándose unas con otras, de modo que la lata no tiene carga neta. Pero, el aluminio es un metal, y los metales tienen muchas cargas negativas (electrones) que pueden moverse libremente, por eso se dice que los metales son *buenos conductores de la electricidad*.

Al frotar el globo, algunos electrones del paño pasan al globo, quedando cargado negativamente. Al acercar el globo a la lata, la carga negativa del globo repele a los electrones de la

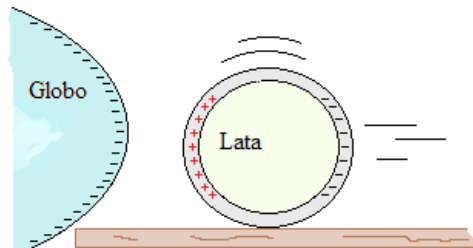


Fig. 04-1-14

lata alejándolos del globo, de forma que en la parte de la lata cerca del globo habrá un exceso de cargas positivas. Como las cargas positivas y negativas se atraen, la lata será atraída hacia el globo (Fig. 04-1-14)

¿Si el globo, en lugar de frotarse con lana, se frota con otro material, y queda cargado positivamente. Se notaría algún cambio en el experimento? (4-3)

4-2.- Corriente y fuentes de voltaje

La *corriente eléctrica* no es sino el flujo de carga eléctrica. En un conductor sólido son los electrones los que transportan la carga por el circuito. Esto se debe a que muchos electrones pueden moverse libremente dentro del conductor. Estos electrones se conocen como *electrones de conducción*. Los protones, por su parte, están ligados a los núcleos de los átomos y no se pueden desplazar. Sin embargo, en algunos fluidos conductores, como el ácido del acumulador de un automóvil, el flujo de carga eléctrica puede deberse tanto a los electrones como a moléculas cargadas positivamente (iones positivos) y cargadas negativamente (iones negativos.).

Las cargas no fluyen a menos que sean "empujadas" o "impulsadas", como sucede si conectamos a un cuerpo sin carga uno de los extremos de un alambre, y ponemos el otro extremo en contacto con un cuerpo cargado, se establece un flujo de carga por el alambre desde el cuerpo cargado al descargado. Esta propiedad que hace que la carga pase de un cuerpo a otro, se llama ***diferencia de potencial eléctrico o diferencia de voltaje***. El *potencial o voltaje*, es una medida de la energía eléctrica que posee un cuerpo en virtud (entre otras propiedades) de la carga que tiene. La carga fluye del cuerpo con *mayor voltaje* al de *menor voltaje*. En el ejemplo, el cuerpo cargado inicialmente tiene *mayor voltaje* que el descargado, y la carga fluye hacia el *menor voltaje*, pero, a medida que un cuerpo pierde carga y el otro la adquiere, los *potenciales o voltajes*, se igualan y la carga deja de fluir.

Si queremos obtener un flujo de carga constante en un conductor, necesitamos algún dispositivo especial que permita mantener la diferencia de potencial mientras la carga fluye de un extremo al otro. Esta situación es análoga a la de un flujo de agua desde un

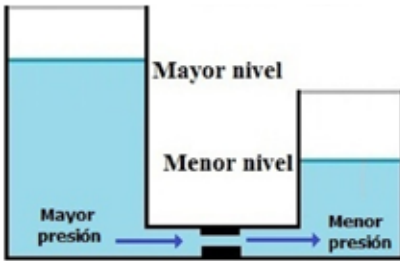


Fig. 04-2-1

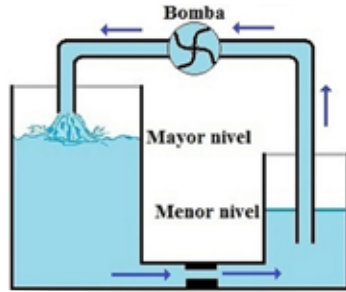


Fig. 04-2-2

depósito elevado hacia un depósito bajo (Fig. 04-2-1). El agua fluye por la tubería que une los depósitos sólo en tanto exista una diferencia en los niveles de agua. (Esto es lo que significa el dicho "el agua busca su nivel".) El agua deja de fluir por la tubería cuando las presiones en los extremos del conector se igualan. Esto es; cuando los niveles de agua en cada depósito se hacen iguales. Para que el flujo sea continuo es preciso mantener la diferencia en los niveles de agua por medio de algún tipo de bomba (Fig. 04-2-2). Así, la diferencia en las presiones del agua será constante y el flujo de agua también.

Lo mismo ocurre en el caso de la corriente eléctrica. Si deseamos obtener una corriente continua precisamos una "bomba de electricidad" adecuada que mantenga la diferencia de potencial. Todo dispositivo que suministre una diferencia de potencial se llama **fuentes de voltaje**. Si se proporciona carga positiva a una esfera metálica y carga negativa a otra se obtiene un voltaje elevado entre ellas.

Pero esta fuente de voltaje no sirve como "bomba de electricidad" porque si las conectamos por medio de un conductor, sus potenciales se hacen iguales en una sola y breve ráfaga de cargas en movimiento. No resulta práctica.

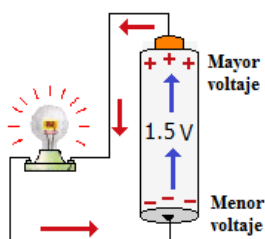


Fig. 04-2-3

Por otro lado, las pilas secas, las pilas húmedas, los generadores y las baterías (Una batería no es otra cosa que dos o más pilas interconectadas.) sí son capaces de mantener un flujo constante, porque preservan el voltaje al mover ("levantar") las cargas desde el potencial menor al potencial mayor (Flechas azules en la figura 04-2-3).

La diferencia de potencial o voltaje, sea cual sea el método empleado en su producción, está disponible en los terminales de la pila, batería o generador, para suministra la "**presión eléctrica**" que impulsa a los electrones de un terminal a otro a través de un circuito. Las plantas de electricidad emplean **generadores eléctricos** para **suministrar los 120 volts** de las tomas de corriente de nuestras casas. Cuando insertamos las patas de un enchufe en la toma de corriente se establece una "presión" eléctrica de 120 volts entre los extremos del circuito conectado al enchufe.

La cantidad de corriente (la corriente se mide en amperes y su símbolo es A) que fluye por un circuito depende del voltaje suministrado por la fuente de voltaje. Tam-

bién depende de la resistencia que opone el conductor al flujo de carga, o sea, de la resistencia eléctrica. La situación es similar al paso agua en una tubería, que no sólo depende de la presión del agua, sino de la resistencia que opone la propia tubería.

Una batería está compuesta de pilas o celdas eléctricas, que consisten en dos trozos de metales distintos, separados por una solución conductora.

1.- Construcción de una pila

(A) Procedimiento:

Puedes construir una pila sencilla del orden de 1.0voltio, $\frac{1}{2}$ voltio menos que la pila de una linterna. Coloca un alambre de cobre y uno de cinc en una verdura húmeda o en un trozo de fruta, como se muestra en la figura 04-2-4. Un limón o un plátano funcionan bien.

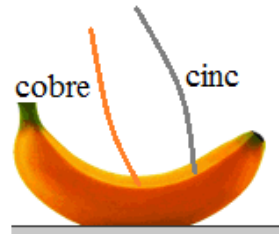


Fig. 04-2-4

Detecta la corriente:

Toma los extremos de los alambres sin ponerlos en contacto y pónelos en la lengua. El leve cosquilleo y el gusto metálico que experimentas se deben a que la pila impulsa una pequeña corriente que fluye por los alambres cuando cierras el circuito con la lengua. Inténtalo y compara los resultados que se obtienen con distintos metales y diversas frutas y verduras.

2.- Construcción de una batería

(A) Procedimiento:



Fig. 04-2-5

Usaremos como celda eléctrica básica, un limón con dos láminas, una de cobre y otra de cinc, como electrodos (Fig. 04-2-5). Al usar láminas como electrodos se agranda el área de interacción con el líquido conductor, lo que aumenta la corriente.



Fig. 04-2-6

La batería se forma con cuatro celdas conectadas en serie como se muestra en la figura 04-2-6, en la que se ha esquematizado la conexión de las celdas en serie. Esta batería, comenzando a funcionar proporciona un voltaje del orden de los tres voltios, el cual baja rápidamente por oxidación de los electrodos. Si no se tiene un voltímetro (medidor de voltaje) se puede usar para detectar la corriente un reloj eléctrico de pared, de los que funcionan con pilas.

Fluidos conductores (soluciones iónicas)

No solamente los sólidos metálicos son buenos conductores, hay algunos líquidos conocidos como soluciones iónicas, que son muy buenos conductores, porque contienen en disolución moléculas cargadas positiva o negativamente, llamadas iones. Por ejemplo: el agua pura es muy mala conductora, pero, si le agregamos cloruro de sodio (sal común) la sal al disolverse se disocia en iones de sodio

(Na^+) cargados positivamente e iones de cloro (Cl^-) cargados negativamente, entonces, se vuelve excelente conductora

Si se coloca un par de electrodos en una solución iónica y se conecta una fuente de corriente continua entre ellos, los iones positivos de la disolución se mueven hacia el electrodo negativo y los iones negativos hacia el positivo. Al llegar a los electrodos, los iones pueden ganar o perder electrones estableciendo una corriente eléctrica a medida que se transforman en átomos neutros o moléculas neutras.

3.- Experimentemos con un fluido conductor

Materiales:

- Reloj de pilas de pared o de mesa (como detector de la corriente)
- Pila de 9V y cables
- Cubeta con dos electrodos metálicos (preferiblemente láminas de cobre).
- Recipiente con agua potable.
- Sal en granos

(A) Procedimiento:

Conecta los elementos como se muestra en la figura 04-2-7

Vierte en la cubeta agua potable

Agrega gradualmente la sal al agua hasta que el reloj comience a funcionar. Lo que indicaría el paso de la corriente, y por ende, la formación de la solución iónica.

En esta solución de cloruro de sodio,



Fig. 04-2-7

la corriente es transportada tanto por los iones de **sodio positivos** Na^+ como por los iones **cloruro negativos** Cl^- (Fig. 04-2-8)

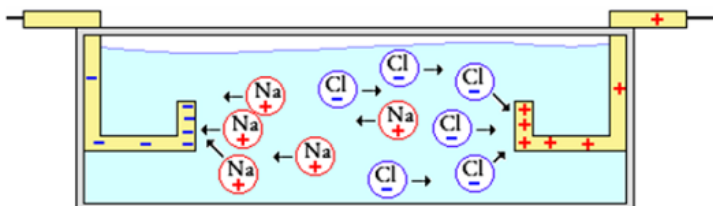


Fig. 04-2-8

Si es posible repite el experimento usando únicamente una bebida energizante como el producto "Gatorade". Estas bebidas son muy ricas en *iones potasio* e *iones sodio*, que son los responsables de la conducción del impulso nervioso y, por ende, del funcionamiento de todo el organismo.

Resistencia del cuerpo humano a la corriente.

El efecto nocivo de las descargas eléctricas en los seres vivos no radica en el voltaje que reciban, sino, en la corriente que este voltaje produzca, y la corriente, depende, claro está, del voltaje al que estén sometidos, pero, fundamentalmente de la resistencia que oponga el cuerpo al paso de la corriente.

Para el ser humano, la resistencia del cuerpo es variable; desde una resistencia muy pequeña; unos 100 ohms (la resistencia se mide en ohmios, su símbolo es la letra griega Ω) si está empapado de agua salada, que es una solución iónica. Hasta 500.000 ohms si tiene la piel muy seca. Si se tocan los terminales de una batería de 24 V, con los dedos secos, la resistencia que opone el cuerpo al paso de la corriente hace que no se sienta ningún efecto, pero, si se tiene la piel húmeda, se siente el choque eléctrico, pudiendo ser la experiencia muy desagradable.

La tabla siguiente describe los efectos de varias cantidades de corriente sobre el cuerpo humano.

CORRIENTE EN AMPERES	EFEECTO
0.001	Se puede resistir
0.005	Sensación de dolor
0.010	Contracciones musculares (espasmos)
0.015	Pérdida del control muscular (posibilidad de paro respiratorio)
0.070	Paro respiratorio o paro cardíaco (fatal si dura más de 1 segundo)

Anualmente se producen muchos accidentes fatales debido a la corriente doméstica. Si se toca uno de estos cables, supongamos, con 110 V,

mientras los pies están en contacto con la tierra, la corriente que se produce no ocasiona ningún daño porque la resistencia entre los pies secos y la tierra, es enorme. Pero, si el piso está húmedo, la resistencia entre los pies y el piso se hace muy pequeña por la conductividad que proporciona la solución iónica, favoreciendo la circulación de una corriente muy grande, la cual puede ser fatal.

Las Anguilas Eléctricas

Ahora, citaremos un animal que misteriosamente (todavía no se conoce el mecanismo) produce y resiste corrientes muy grandes.

Las anguilas eléctricas (Fig. 04-2-9) son peces de aguas turbias, de color pardo oliva, que pueden medir hasta tres metros de largo. Estos peces que habitan en los ríos de Sudamérica, han desarrollado órganos emisores de descargas eléctricas, que se producen entre la cabeza, que es el polo positivo, y la cola, el negativo. Estos órganos constituyen tres baterías, que emiten descargas de diferentes caracte-



Fig. 04-2-9

rísticas. Los llamados haces de Sachs, lanzan de veinte a treinta descargas

por segundo tan pronto como el pez se pone en movimiento, y son utilizadas como un "radar" para explorar el medio circundante, al recibir el campo eléctrico que rebota en los objetos que la rodean. Este sistema de localización, no solo le sirve para reconocer los obstáculos del medio, en esas aguas turbias, donde la visión es escasa, sino también, para localizar sus presas, en especial peces y ranas. Una vez localizada la presa, es atontada o muerta por medio de una poderosa descarga de su batería principal, la cual es también usada como arma defensiva, a la batería principal está conectada una tercera batería de menor voltaje, llamada órgano de Hunter. Se han detectado descargas de hasta seiscientos cincuenta voltios, las cuales al producirse dentro del agua, originan corrientes capaces de matar un caballo. La anguila, con su propio cuerpo, cierra el circuito que electrocuta a su presa, o sea; que la corriente letal también pasa por su cuerpo, circulando entre su cabeza y su cola sin producirle daño alguno.

UNIDAD 5 - ÓPTICA

5-1.- La Luz

Lo único que realmente vemos es la luz, que nos permite captar la mayoría de las cosas y propiedades del mundo que nos rodea. Nos permite percibir y reconocer: formas, colores, distancias, tamaños y proporciones.

Durante el día la fuente primaria de luz es el Sol y la fuente secundaria es la brillantez del cielo. Otras fuentes de luz comunes son el fuego y, desde tiempos recientes, los filamentos calientes de los bombillos, los gases que emiten luz dentro de un tubo de vidrio, como en los llamados “bombillos ahorradores” y, las modernas lámparas LED.

La mayor parte de los objetos que vemos, como, por ejemplo, esta página, son visibles gracias a que reflejan la luz que emiten estas fuentes. Algunos materiales como el agua y el vidrio permiten el paso de la luz en líneas rectas. Otros materiales como el papel delgado dejan pasar la luz, pero en forma difusa, de modo que no podemos ver objetos a través de estos materiales. La mayoría de los materiales no permiten el paso de la luz, salvo cuando se usan en capas muy delgadas.

¿Qué es la luz?

La luz es energía emitida cuando cargas eléctricas vibran o sufren ciertos tipos de alteraciones en el interior de los átomos. Esta energía se propaga en una onda que es parcialmente eléctrica y parcialmente magnética. Esta onda se llama onda **electromagnética**. La luz que podemos ver constituye una pequeña porción de la amplia familia de *ondas electromagnéticas*, que comprende formas que nos son familiares, aunque no podemos verlas, como las ondas de radio, las microondas y los rayos X. La diferencia fundamental entre estas *ondas electromagnéticas* es la rapidez con que ponen a oscilar las cargas de los materiales sobre los cuales inciden, esta propiedad es llamada *frecuencia*.

La luz de menor frecuencia que podemos ver es roja. Las frecuencias visi-

bles más elevadas casi duplican la frecuencia del rojo y son color violeta. Las ondas electromagnéticas cuya frecuencia es menor que la de la luz visible roja se llaman infrarroja, estas ondas se manifiestan en forma de calor. Muchas lámparas usadas para broncearse bajo techo emiten luz infrarroja. Algunos animales como las serpientes, están



Fig. 05-1-1a

dotados de receptores de infrarrojo, lo que les permite ver a sus presas en la oscuridad al detectar su temperatura corporal. Las ondas electromagnéticas cuya frecuencia es mayor que la del violeta se llaman ultravioleta. Estas ondas de alta frecuencia tienen más energía y son las que causan quemaduras de Sol, y según cuán alta sea su frecuencia pueden ser muy dañinas.

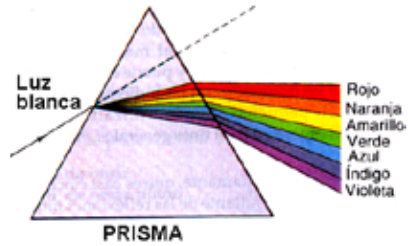


Fig. 05-1-1b

La luz blanca

Haciendo pasar la luz solar por un prisma triangular de vidrio, se encuentra que la luz del Sol está compuesta por una mezcla de todos los colores del arcoíris. El prisma proyecta la luz solar como una mancha alargada de colores (Fig. 05-1-1(a)). A esta gama de colores se la llama **espectro de la luz** y los colores que la componen están ordenados de esta manera: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta (Fig. 05-1-1 (b)). Mezclando de nuevo los colores por medio de un segundo prisma se obtiene luz blanca (Fig. 05-1-2). En otras palabras, al superponerse todos los colores se produce luz blanca. El blanco no es un color, sino una combinación de todos los colores

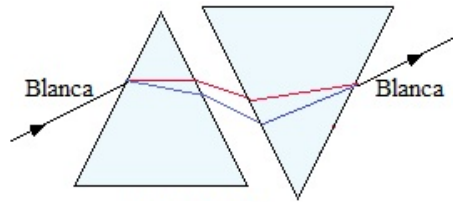


Fig. 05-1-2

La luz solar es un ejemplo de lo que llamamos **luz blanca**. Con la luz blanca, los objetos blancos se ven blancos y los objetos de color se ven cada uno de su color.

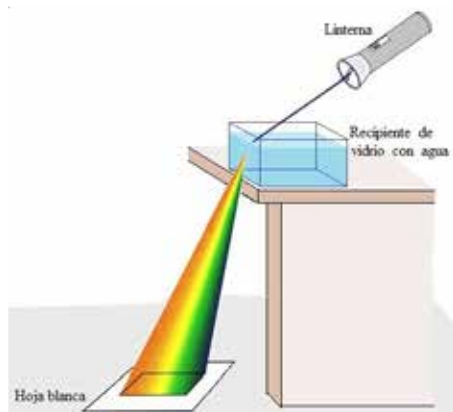


Fig. 05-1-3

Descomposición de la luz blanca.

1.- Refracción

Como ya vimos, si un rayo de luz blanca incide sobre un prisma óptico, la luz que se transmite se dispersa en franjas de colores que constituyen el espectro de la luz.

(A) Procedimiento:

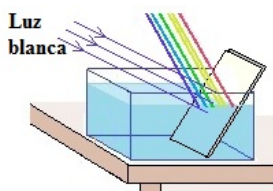


Fig. 05-1-4

1.- Si no se dispone de prisma óptico puede lograrse el espectro, haciendo incidir un rayo de luz sobre la superficie del agua contenida en un recipiente de vidrio de paredes planas, como se muestra en la figura 05-1-3. Este dispositivo actúa como un prisma.

(A) 2.- También puede producirse un espectro si en una bandeja con agua, no necesariamente de vidrio, y expuesta a la luz solar, se le coloca un espejo pequeño apoyado en uno de sus bordes y parcialmente sumergido, como se muestra en la figura 05-1-4. Se ajusta el espejo hasta que el espectro

aparezca en un muro, o en un papel blanco usado como pantalla.

¿Por qué ocurre esto?

Esta dispersión de colores se produce porque cuando la luz pasa de un medio transparente a otro medio transparente diferente del primero, se desvía de su trayectoria inicial o de incidencia, pero, cada color se desvía una cantidad diferente, siendo los tonos rojo los que menos se desvían y los violeta los que más se desvían. Este efecto se llama **refracción**.

2.- Difracción

Los colores que refleja un disco compacto.

(A) Procedimiento:

Se expone la cara de un disco compacto (CD) a alguna fuente de luz blanca, preferiblemente una linterna, o mejor aún, la luz solar, que tiene todo el espectro de la luz blanca. El disco refleja el espectro de la luz que recibe (Fig. 05-1-5) y, según como se lo oriente con relación a la luz incidente se puede seleccionar diferentes tonos de colores.



Fig. 05-1-5

¿Por qué ocurre esto?

Cuando la luz se refleja en un cuerpo di-

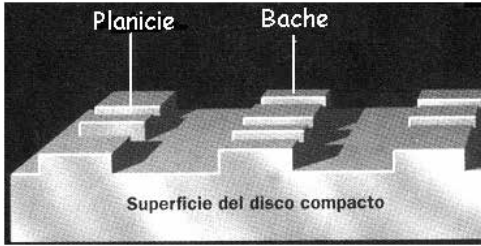


Fig. 05-1-6

to está compuesta de diminutos surcos formados por microscópicos valles y crestas como se muestra en la figura 05-1-6, Estos accidentes son los que producen la dispersión. Este efecto se conoce como **difracción**.

La **difracción** también se produce cuando la luz pasa por aberturas muy pequeñas.

3.- Interferencia

Colores que reflejan las pompas de jabón.

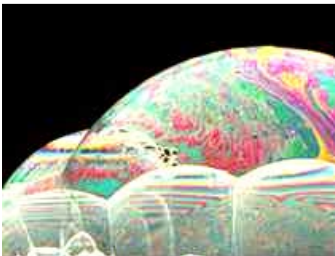


Fig. 05-1-7

Seguramente has visto que en las pompas de jabón, o en un charco de aceite o gasolina sobre el suelo mojado, se refleja un hermoso espectro de colores, como el que se muestra en la figura 05-1-7. Este fenómeno conocido como **iridiscencia** se produce en algunas películas muy delgadas de materiales transparentes.

Una película delgada, como, por ejemplo, una pompa de jabón, tiene dos superficies muy juntas. La luz que se refleja

en una de ellas puede anular a la que se refleja en la otra. Se dice que las ondas **interfieren** y, cuando se anulan, como en este caso, la **interferencia** es **destructiva**. Por ejemplo, la película puede tener en algunos sitios el espesor preciso para producir que se anule, digamos, la luz azul. Si iluminamos la película con luz blanca, la luz que llega al ojo después de haberse reflejado no contendrá azul. Y cuando se quita el azul a la luz blanca, el color que predomina es el amarillo. Este par de colores se dice que son complementarios, porque, en la luz blanca, predomina uno cuando el otro falta. Así pues, la superficie de la pompa de jabón se verá amarilla en los sitios en que se anula el azul.

En una región más gruesa de la película en la que se anula el verde, la pompa se verá color magenta (estos colores, también son complementarios). Los diversos colores corresponden a la anulación de sus colores complementarios debida a los diversos espesores de la película. Cuando el espesor de la película es extremadamente delgado todos los colores se anulan y esas zonas se ven negras. Pero, son muy frágiles e inestables y duran muy poco.

Interferencia en pompas de jabón

(A) Procedimiento:

1.- Cualquier detergente de los usados para lavar platos puede generar pompas de jabón, pero, si se quiere pompas grandes (Fig. 05-1-8), y que duren más tiempo, recomendamos la siguiente receta:

- Dos medidas de agua
- Una medida de lavaplatos
- $\frac{1}{2}$ medida de nevazucar
- $\frac{1}{2}$ medida de glicerina



Fig. 05-1-8

Una “**medida**” puede ser una taza, o un vaso grande o pequeño, en resumen cualquier recipiente que sirva para medir las proporciones.



Fig. 05-1-9

Para generar las pompas, puedes soplar la mezcla con un pitillo, a través de un alambre debidamente doblado (Fig. 05-1-9), o por medio de una botella de plástico cortada convenientemente (Fig. 05-1-10).



Fig. 05-1-10

(A) Procedimiento:

2.- Sumerge una taza pequeña de café de color oscuro (los colores oscuros permiten ver mejor los colores de interferencia) en un detergente para lavar platos; sácala y sostenla acostada. Ve la luz reflejada de la película de jabón que cubre la boca (Fig.05-1-11). Aparecen colores en movimiento, cuando el jabón se escurre y forma una cuña que se hace más gruesa en la parte inferior. La parte superior se adelgaza, hasta el grado que aparece negra. Esto te dice que su espesor es tan delgado que la luz que se refleja en la superficie interna interfiere anulando la luz que se refleja en la superficie externa. Donde la película es más gruesa verás franjas de diferentes colores. Sin importar cual sea su color, la película se vuelve tan delgada que rápidamente se rompe.



Fig. 05-1-11

5-2.- El Color y Propagación

El Color

El color de las cosas fascina a todo ser humano, inspira a los artistas e intriga a los físicos. Para el físico y el fisiólogo el color no está en las cosas, está en el ojo y el cerebro del observador. Un clavel lo vemos rojo porque a nuestros ojos llega luz de frecuencias que estimulan la sensación de ese color. Otras frecuencias nos producen la sensación de otros colores. El que percibamos o no estas frecuencias como colores, depende del sistema visual del cerebro. Muchos organismos, incluyendo personas con defectos en la percepción del color (daltónicos), no ven algunos colores, como por ejemplo, el rojo. Nuestro sistema visual ha alcanzado un grado tan grande de especialización en la percepción del color, que puede discernir más de un millón de colores.

Ya vimos que el blanco no es un color, sino una mezcla de todos los colores. Mientras que el negro no es un color propiamente dicho; es la ausencia de luz. Un objeto se ve negro si absorbe todas las frecuencias de la luz visible, y no refleja ni emite luz de ninguna frecuencia. El terciopelo negro con acabado mate, absorbe muy bien toda la luz visible, igual que el carbón.

La mayoría de los objetos negros no absorben toda la luz incidente; siempre hay algo, aunque sea muy poco, de luz que reflejan.

Color por reflexión

El color de la mayoría de los objetos se debe al mecanismo por el cual reflejan la luz. Los átomos y moléculas de los materiales, tienen sus frecuencias naturales de oscilación, y varían de un material a otro. Las componentes de la luz de frecuencias iguales a las de los átomos o moléculas, son completamente absorbidas por el material. Pero, componentes de frecuencias

más altas o más bajas que las frecuencias coincidentes, son reflejadas.

La mayoría de los materiales absorben unas frecuencias y reflejan las demás. Por ejemplo, una cartulina roja refleja las frecuencias correspondientes, y muy cercanas al rojo, pero, absorbe todas las demás (Fig. 05-2-1). Por eso se ve roja.

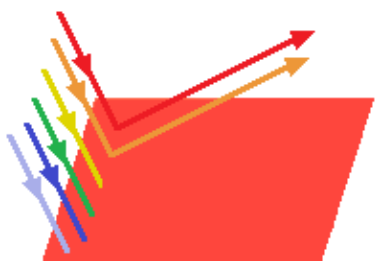


Fig. 05-2-1

Los colores, salvo pocas excepciones, no están compuestos por luz de un solo color, sino, por un *grupo de colores*. Este grupo puede ser más o menos pequeño de-

pendiendo de la pureza del color. Esta composición de colores produce los diversos matices y tonos. Solamente la luz de *láser* tiene una única frecuencia y por lo tanto un solo color. Se dice que es una luz auténticamente *monocromática*.

Los cuerpos negros, como dijimos antes, absorben la luz de todas las frecuencias dentro del rango visible, por esa razón absorben mayor energía de la luz, calentándose más que los cuerpos de colores claros.

Lógicamente, los objetos solo pueden reflejar frecuencias presentes en la luz que los ilumina. En consecuencia, el aspecto que presentan, también depende del tipo de luz empleado para verlos. Como la luz de las velas tiene

más amarillo que azul, bajo esta luz las cosas se ven amarillentas. Igual sucede bajo la luz de las lámparas incandescentes (bombillos) la cual es muy abundante en rojos y amarillos. Las lámparas fluorescentes (lámparas de neón), aunque acentúan ligeramente los azules, su luz es muy cercana a la luz blanca. Por ejemplo: el rojo de una tela que tenga solo un poco de este color, se acentuará bajo la luz de una lámpara incandescente, pero, pasará inadvertido bajo una lámpara fluorescente. A la luz del día, los colores son diferentes a cuando se los observa con luz artificial.

Color por transmisión

Un mecanismo análogo al que produce el color por reflexión hace que los objetos parcialmente transparentes, se vean de un determinado color. El vidrio rojo se ve rojo a la luz transmitida porque absorbe la luz de todas las frecuencias, excepto aquellas cuya mezcla producen su tono de rojo. Se puede decir que es opaco a la luz de todos los colores, menos a las que forman su color, para las cuales es transparente. Igualmente, un vidrio es azul porque transmite principalmente determinados tonos de azul y absorbe todos los otros colores que lo iluminan.



Vitrail de Fernand Léger (U.C.V.)

Fig. 05-2-2

Los vidrios de colores se usan en la fabricación de vitrales. Los vitrales son cuadros “pintados” ensamblando pequeños trozos de vidrio de diferentes colores, como se arma un rompecabezas, y cumplen una importante función, además de decorar las edificaciones permiten el paso de abundante luz a su interior. (Fig. 05-2-2).

El vidrio común de nuestras ventanas es incoloro debido a que transmite todas las frecuencias visibles en igual grado. Como no absorben ninguna frecuencia, es ¡invisible!. Esto impone la obligación de colocar bandas opacas en puertas y paredes de vidrio, a fin de evidenciar su presencia y evitar accidentes.

Luz solar

La luz del Sol es blanca por ser una combinación de todos los colores, pero, no todos los colores tienen el mismo grado de participación. Las frecuencias más bajas, correspondientes a la región del rojo, no son tan brillantes como las frecuencias medias, correspondientes a las bandas de los verdes y amarillos; colores estos que participan en mayor grado, con más brillo. La porción azul no es tan intensa y la violeta menos aún.

Puesto que la mayor intensidad o brillo de la luz solar se encuentra en la región del verdiamarillo, los seres humanos como producto de la adaptación al medio tenemos nuestra mayor sensibilidad visual en esta región. Por eso, es común el uso de tonos amarillos en los camiones de los bomberos y en las señalizaciones, especialmente en los aeropuertos donde la visibilidad es fundamental. Esto también explica el uso de botes salvavidas, flotadores e impermeables, verdiamarillos.

Mezcla de colores

Si se mezcla luz de todos los colores, se produce luz blanca. Pero, el color blanco también se puede producir combinando solo luz de tres colores: **rojo, verde y azul**. La figura 05-2-3, muestra que cuando proyectamos sobre una pantalla una mezcla de luz *roja*, *verde* y *azul* de la misma intensidad, la pantalla se ve *blanca*. Si solo proyectamos luz *roja* y luz *verde*, la pantalla se ve *amarilla*. La *roja* y la *azul* producen el rojo azulado conocido como *magenta*. La luz verde y la azul, producen el azul verdoso que llamamos *cian*.

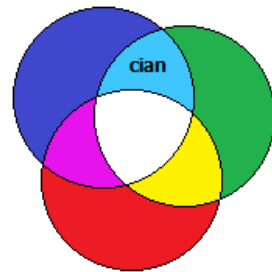


Fig. 05-2-3

De hecho, se puede reproducir casi cualquier color, superponiendo luz de tres colores distintos (no necesariamente, rojo, verde y azul), y ajustando adecuadamente sus intensidades. Pero, las mezclas de verde, rojo y azul

son preferidas por producir una variedad mayor de colores y tonos. Este sorprendente efecto se debe al funcionamiento del ojo humano y al mecanismo de la formación de imágenes en el cerebro.

La televisión a color se basa en este efecto. Si examinas con una lupa la pantalla de cualquier televisor a color, (si no te trae problemas, también puedes hacerlo colocando una gota de agua muy pequeña sobre la pantalla) verás que está formada por un conjunto de puntos diminutos, compuestos a su vez de tres celdas de colores; rojo, verde y azul. Las imágenes se forman modulando la intensidad de brillo de cada celda.

Mezclemos colores

(A) Procedimiento



Fig. 05-2-4

1.- Corta un disco de cartoncillo con algunos centímetros de diámetro. Divide el disco en tres segmentos iguales y pinta uno de verde, otro de azul, y el último de rojo. Haz dos orificios a un lado del centro, lo suficientemente grandes como para que pase por ellos un cordón, como se muestra en la figura 05-2-4. Gira el disco, para que la cuerda se enrolle como la banda de hule de un avión de juguete. Luego

gira el disco, para que la cuerda se enrolle como la banda de hule de un avión de juguete. Luego

estira el cordón, tirando de él en los extremos, y el disco girará (Fig. 05-2-5). Los colores se mezclarán y el disco se verá casi blanco (lo puro del blanco dependerá de los tonos de los colores que colocaste).



Fig. 05-2-5

(A) Procedimiento

2.- Si la mitad del disco es de color rojo y la otra mitad es verde, cuando gire, los colores se mezclarán y se verá amarillo. Haz la prueba con otros colores.

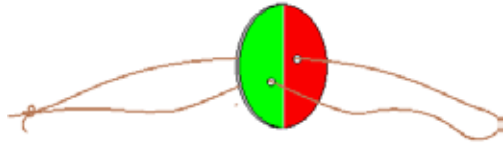


Fig. 05-2-6

Colores complementarios.

(A) Procedimiento

1.- Si observas con detenimiento un trozo de papel de color, durante más o menos 45 segundos. Y después miras una superficie blanca, verás una imagen persistente del color complementario al del papel. Eso se debe a que los receptores de la retina especializados en percibir el color del papel, se fatigan, y cuando miras la superficie blanca los receptores fatigados mandan una señal más débil al cerebro. La suma de todos los colores producen blanco, pero, todos los colores menos uno producen el color complementario



Fig. 05-2-7

del que falta. Prueba con el círculo rojo de la figura 05-2-7. Verás un tono de azul, complementario del tono rojo de la imagen.

(A) 2.- Repite la experiencia anterior fijando la vista en los tres puntos de colores de la imagen de la muchacha en la figura 05-2-8. ¡Hazlo y te sorprenderás!



Fig. 05-2-8

¿Por qué hoy en día, los carros de bomberos se pintan de amarillo y no de rojo como se hacía antes? (5-1)

Moja la pantalla del televisor o del monitor de tu computadora con algunas gotitas de agua. Observa la imagen ampliada de las celdas diminutas que forman las imágenes. ¿De qué colores son?

¿Por qué las gotas de agua producen una imagen ampliada? (5-2)

Observa fijamente por unos 30 segundos algo de color azul, y luego, fija la vista en una superficie blanca. ¿De qué color es la imagen que ves y, cuál es la razón de eso? (5-3)

Propagación de la luz

Seguramente ya sabes que la luz se propaga en línea recta. Al ir de un lugar a otro la luz sigue la trayectoria más corta y viaja en línea recta. Esto es cierto si nada obstaculiza la propagación entre los puntos de emisión y recepción que se estén considerando.

La propagación rectilínea de la luz se evidencia con la formación de imágenes invertidas cuando atraviesa orificios pequeños

(A) 1.- La cámara oscura

Procedimiento

Una cámara oscura sencilla puede construirse con una caja de cartón alargada, mejor, forrada o pintada interiormente de color negro, en cuyo interior se dispone un trozo de plástico translúcido (del que están hechas algunas bolsas plásticas) o de seda, para que haga de pantalla sobre la que se proyecte la luz que penetre en la caja por un pequeño orificio realizado con un clavo o aguja (Fig. 05-2-9). En el lado opuesto de la caja se hace un orificio del tamaño adecuado para permitir observar la pantalla con un ojo.



Fig. 05-2-9

Dirigiendo la cámara a un objeto bien iluminado se verá su imagen invertida sobre la pantalla. Las características

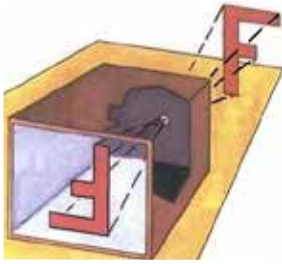


Fig. 05-2-10

de la imagen corroboran la propagación de la luz en línea recta. La formación de la imagen por los rayos de luz se esquematiza en la figura 05-2-10.

(A) 2.- Agujeros de aumento

Hay dos formas de aumentar la imagen de un objeto cercano: usar una lupa o, acercarnos lo más posible al objeto, pero, esta segunda posibilidad está limitada, porque a partir de cierta distancia ya no somos capaces de enfocar la imagen.

Veamos otra manera.

Procedimiento

Haz un agujero con una chincheta en una tarjeta de cartulina negra, o, mejor, en una hoja de papel de aluminio, y mira a través de él un objeto brillante (letras o iconos en un monitor de computadora, las imágenes en un televisor, etc.) desde una distancia tan corta que ya no seas capaz de enfocarlo ¿Te sorprende el aumento de la imagen?

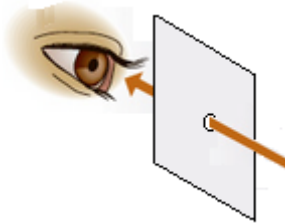


Fig. 05-2-11

La trayectoria de los rayos de luz es igual a la de la cámara oscura ¿Por qué la imagen no se ve invertida? (5-4)

¿Te has fijado en lo que hacen algunas personas para ver mejor de lejos o para corregir temporalmente su mala vista? (5-5)

Refracción de la luz

(A) Sumerge parcialmente en un vaso con agua un lápiz (u otro objeto recto) y mira en la dirección del mismo: si está vertical, lo verás recto ¿Y si está inclinado? Te parecerá que está doblado o roto (Fig. 05-2-12)



Fig. 05-2-12

¿A qué se debe esto?

Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro sufre una desviación debida a un cambio en su velocidad de propagación. La velocidad de la luz es máxima en el vacío, y tiene un valor similar en el aire, pero, menor en el agua u otros medios transparentes. Si un rayo de luz pasa del agua (donde tiene menor velocidad) al aire (donde su velocidad es mayor) el rayo se desvía alejándose de la línea perpendicular a la superficie de separación de los dos medios. A esta línea imaginaria se la denomina "*normal*". El fenómeno se ilustra en la figura 05-2-13.

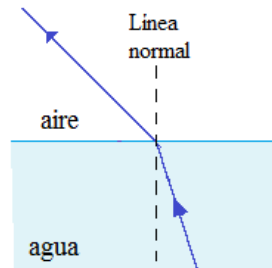


Fig. 05-2-13

Si la luz pasa del aire al agua sigue la misma trayectoria pero, en sentido inverso, esto es; al pasar al segundo medio, se desvía acercándose a la normal.

Al cambio de dirección de la luz al pasar de un medio transparente a otro, se lo llama **refracción**. Y se dice que la luz se ha **refractado**.

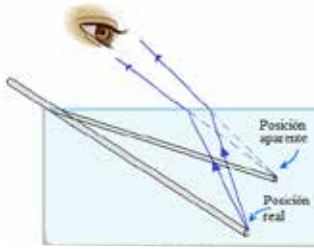


Fig. 05-2-14

En el experimento anterior el lápiz parece que se dobla en la superficie del agua. Los rayos luminosos provenientes de cualquier parte del objeto sumergido se doblan apartándose de la normal cuando emergen al aire. En el esquema ilustrativo de la figura 05-2-14, se muestra el recorrido de los rayos provenientes del extremo inferior del objeto. Visto por un observador por encima del agua, el objeto parece estar mucho más cerca de la superficie de lo que realmente está. Si se mira lateralmente, ¿parece que está roto?

La moneda que aparece

(A) 1.- Coloca una moneda en el fondo de un vaso vacío, y observa la moneda desde la posición mostrada en la figura 05-2-15 (a). Vez la moneda porque la luz se propaga en línea recta desde la moneda a tu ojo.

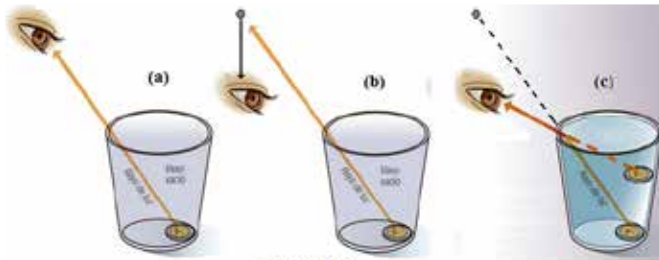


Fig. 05-2-15

2.- Baja un poco el ojo hasta la posición en que justo, dejes de ver la moneda (Fig. 05-2-15 (b)).

3.- Sin cambiar la posición del ojo, llena el vaso con agua. La moneda aparecerá nuevamente. ¿Por qué ocurre esto?

Los rayos provenientes de la moneda sufren la refracción del rayo mostrado en la figura, esto permite que vuelvan a incidir en tu ojo y veas la moneda en una posición aparente, más elevada.

¿Los objetos sumergidos en el agua se ven más profundos de lo que realmente están o, menos profundos? (5-6)

¿Por qué la refracción de la luz puede implicar un peligro para los niños, y para algunos adultos de baja estatura, que se van a meter a una piscina? (5-7)

Reflexión total interna

La figura 05-2-16 muestra una fotografía de varios rayos de luz emitidos por un foco dentro del agua. Como puedes observar, aunque la mayoría de los rayos se refractan pasando al aire, otros no logran hacerlo, se reflejan completamente en la frontera de los dos medios regresando al agua. Estos rayos que son completamente devueltos al medio de incidencia (en este caso, el agua), se dice que experimentan **reflexión total interna**. Esta reflexión es **interna**, porque el rayo regresa al medio de incidencia y es **total** porque éste rayo reflejado contiene toda la energía del rayo incidente.

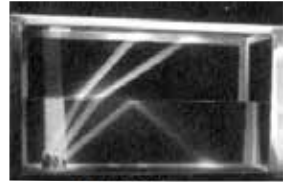


Fig. 05-2-16

La reflexión total interna ocurre **únicamente cuando la luz viaja desde un medio en el cual tiene una menor velocidad de propagación, a otro en el cual su velocidad es mayor.**

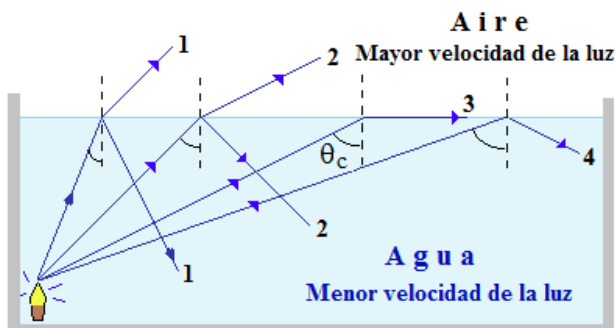


Fig. 05-2-17

La figura 05-2-17 muestra la trayectoria de algunos rayos al pasar del agua al aire. Al llegar un rayo a la interface agua-aire, es parcialmente *reflejado* (una parte regresa al agua) y parcialmente *refractado* (otra parte pasa al aire). En estas condiciones, el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia y el rayo que se refracta lo hace alejándose de la normal (rayo 1). Lo mismo ocurre con el rayo 2, pero, como su ángulo de incidencia es mayor que el del rayo 1, el rayo refractado se aparta aún más de la normal, acercándose a la superficie del agua. El rayo 3, incide con un ángulo tal que el rayo refractado sale prácticamente rozando la superficie del agua. Este ángulo de incidencia recibe el nombre de **ángulo crítico** " θ_c ". Para ángulos de incidencia mayores que el **ángulo crítico**, no se puede producir el rayo refractado, esto es; la luz no puede pasar al aire y toda la energía del rayo incidente se refleja internamente volviendo al agua (rayo 4).

(A) 1.- Comprueba la reflexión total interna

Clava un alfiler o un clavo pequeño en una rodaja de corcho de unos 6 centímetros, o algo más, de diámetro, de manera que sobre salga unos 2.5 cm del alfiler (Fig. 05-2-18 (a)). Pon el corcho a flotar en agua con el alfiler hacia abajo, como se muestra en la figura 05-2-18 (b). Aunque la rodaja de corcho sea delgada, por mucho que inclines la cabeza no lograrás ver el alfiler. ¿Por qué ocurre esto?

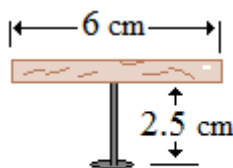


Fig. 05-2-18 (a)

La respuesta está en la reflexión total interna. La longitud del alfiler y el diámetro del corcho, hacen que los rayos que provienen del extremo del alfiler, lleguen a la interface entre el agua y el aire con un ángulo de incidencia mayor que el ángulo crítico, y por lo tanto, se reflejan volviendo al agua sin producir rayos que pasen al aire y te permitan ver el alfiler.

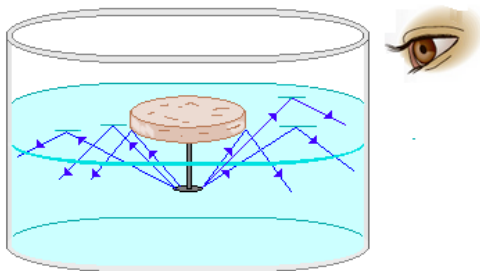


Fig. 05-2-18 (b)

Aplicaciones de la reflexión total interna

Fibra Óptica

Las **fibras ópticas** se fundamentan en la reflexión total interna. En la actualidad se pueden fabricar *fibras ópticas*

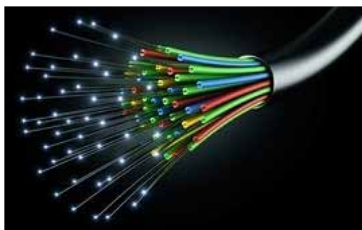


Fig. 05-2-19 (a)

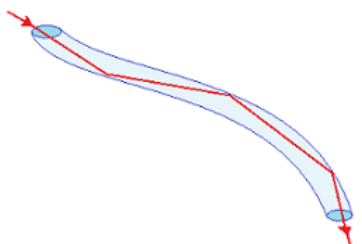


Fig. 05-2-19 (b)



Fig. 05-2-19 (c)

cas de un diámetro de solo unos cuantos micrones (unas milésimas de milímetro). Un racimo de estas fibras se conoce como tubo de luz (Fig. 05-2-19 (a)), y se usan para transmitir luz sin pérdida de energía. La figura 05-2-19(b), muestra cómo por medio de la reflexión total interna se transmite la luz dentro de una fibra óptica. Ni cuando el tubo de luz se dobla en forma complicada la luz escapa por las paredes del mismo. Se transmite siempre sin pérdidas, de extremo a extremo.

Entre las muchas aplicaciones que tienen estos dispositivos podemos citar: las lámparas decorativas, los instrumentos para iluminar y observar el interior del cuerpo humano, como en las endoscopias. En telecomunicaciones: la transmisión de televisión por cable. En telefonía, donde ya remplazan a los cables de cobre pesados y costosos, con la ventaja adicional de permitir la transmisión de miles de conversaciones simultáneas sin pérdida de fidelidad. Etc.

La naturaleza también hace uso de las fibras ópticas. Los pelos del oso polar son en realidad **fibras ópticas** transparentes que conducen la luz hasta la **piel negra del oso**, la cual absorbe muy eficazmente toda la energía solar que recibe. El pelaje del oso se ve blanco por-

que los pelos transparentes y huecos, en conjunto reflejan toda la luz visible que reciben, salvo la que canaliza a lo largo de cada pelo: *la fibra óptica* (Fig. 05-2-19(c)).

Otras aplicaciones.

En las fuentes luminosas, se iluminan los chorros de agua por medio de lámparas colocadas en la base de cada chorro. La luz se propaga siguiendo la trayectoria del agua, por medio de reflexiones internas. Como no todos los rayos se reflejan internamente, parte de la luz escapa permitiéndonos ver el agua iluminada. La figura 05-2-19(d) que muestra una fuente luminosa en Guayaquil.



Fig. 05-2-19 (d)

El ángulo crítico del diamante es de 24.6 grados, es el menor de todas las sustancias transparentes conocidas. Esto significa que la luz que desde el interior de un diamante facetado (un brillante), incida en alguna de sus caras, muy probablemente lo haga con un ángulo superior al crítico, y quede atrapada dentro de él, reflejándose internamente varias veces antes de salir, descompuesta en colores, por alguna de las facetas. Esta es la causa de sus destellos en una amplia gama de "arco iris" (Fig. 05-2-19(e)). El brillo de los diamantes y su capacidad de descomponer la luz en varios colores, depende del número de facetas y el ángulo de

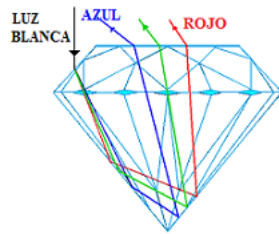


Fig. 05-2-19 (e)



Fig. 05-2-19 (f)



Fig. 05-2-19 (g)

las mismas. No todos los diamantes permiten cualquier tipo de tallado, ni tienen la misma pureza o, impurezas. En la mayoría de los casos las impurezas le restan valor, pero hay algunas que le dan cierta coloración que los hace sumamente costosos, como los muy escasos naranja (Fig. 05-2-19(f)) los amarillos, los rosados y, los azules como el diamante Hope (Fig. 05-2-19(g)) Su color es debido a la presencia de trazas de átomos de boro en su composición. Este diamante sirvió de inspiración para la película El Titanic. Con el paso del tiempo, se ha vuelto legendario por la supuesta maldición que alcanzó a sus respectivos poseedores.

Espejos y lentes

Reflexión

La luz al incidir sobre la superficie de algún material, es total o parcialmente absorbida. Si la absorción es parcial, parte de ella es **reflejada** al medio del cual proviene.

Al ir de un lugar a otro la luz sigue la trayectoria más corta y viaja en línea recta. Esto es cierto si nada obstaculiza la propagación entre los puntos de emisión y recepción que se estén considerando. Si la luz es reflejada, el cambio en su dirección, y en consecuencia la trayectoria que sigue, también es la

más corta entre todas las que podría seguir para ir desde el punto de emisión al de recepción. Lo mismo sucede en el caso de la refracción, cuando en su recorrido tiene que pasar de un medio transparente a otro medio transparente. Esta idea fue enunciada por el científico francés Pierre Fermat en 1650, y se conoce como el **principio del tiempo mínimo o principio de Fermat**

La condición que determina la trayectoria que sigue la luz cuando se refleja, conocida como **Ley de la Reflexión**, se puede deducir de este principio. Consideremos la situación planteada en la figura 05-2-20 (a), en ella se muestran dos puntos "A" y "B", y debajo de ellos un espejo plano. ¿Cuál es la manera de ir de "A" a "B" en el tiempo más corto? La respuesta es obvia: moverse en línea recta de "A" a "B". Pero si agregamos la condición de que la luz debe rebotar en el espejo antes de llegar a "B", la respuesta no es tan fácil. Una respuesta sería, la de ir lo más rápido posible hasta el espejo y luego, ir hasta "B", como se muestra en la trayectoria (1) (color verde). Esto da una trayectoria corta hasta

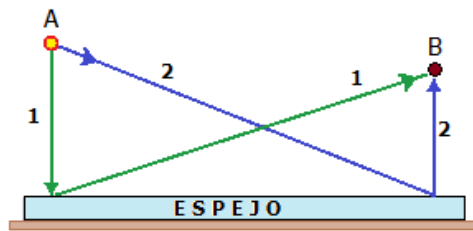


Fig. 05-2-20

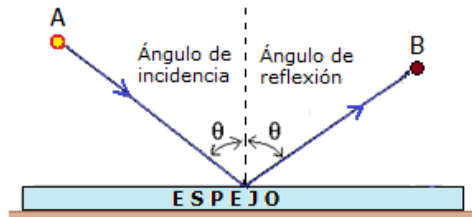


Fig. 05-2-21

el espejo, pero una muy larga del espejo a "B". Si, por el contrario, consideramos la trayectoria (2) (azul), que minimiza el tiempo de viaje desde el espejo hasta "B", notamos que por esta trayectoria se hace máximo el tiempo desde "A" hasta el espejo.

Es más sencillo describir las posibles trayectorias en función de los rayos, y, de los ángulos que hacen estos rayos con la normal a la superficie.

Se demuestra que la luz emplea el menor tiempo en viajar de "A" a "B", si sigue la trayectoria en la cual: el ángulo que hace el rayo incidente con la normal (ángulo de incidencia), es igual al que hace el rayo reflejado (ángulo de reflexión) (Fig. 05-2-21)

Espejos Planos

Considera que colocas una vela frente a un espejo plano. La vela envía un número infinito de rayos de luz, provenientes de diversos puntos de la misma. De estos rayos que se propagan en todas direcciones, escogeremos solo cuatro de ellos: dos que se originan en la punta de la llama y, dos en la base de la vela, y seguiremos su reflexión en el espejo. La figura

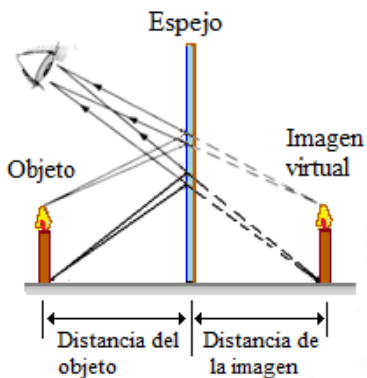


Fig. 05-2-23

05-2-23, muestra los rayos trazados según la ley de la reflexión. Estos rayos, una vez reflejados, siguen un camino divergente que los aparta unos de otros. Pero, si prolongamos los rayos reflejados, se puede ver que para un observador colocado frente al espejo, parecen provenir de puntos situados detrás del espejo. El observador ve una imagen

virtual de la vela. Decimos que esta imagen es **virtual** porque la energía luminosa, realmente no pasa por el lugar de donde parece provenir, pero se comporta *virtualmente* como si lo hiciese.

La imagen es del mismo tamaño que el objeto y se encuentra detrás del espejo, a igual distancia detrás del espejo a la que está el objeto del espejo.

Ni el ojo, ni los instrumentos ópticos usados para captar imágenes (cámaras fotográficas, celulares, etc.) pueden distinguir entre un objeto y su imagen virtual. Para los efectos de la formación y captación de la imagen, son indistinguibles unos de otros. La única forma de diferenciarlos es probando cuál de ellos realmente emite energía. En el caso de la vela, habría que poner el dedo en cada una de las llamas y ver cuál es la que quema.

(A) 1.- Tu imagen en un espejo plano.

Párate frente a un espejo; comprueba que el tamaño de tu imagen es igual al tamaño que tendría tu gemelo si estuviera detrás del espejo, y, a la misma distancia detrás del espejo, a la que estás tú frente al espejo. Comprueba esto alejándote y acercándote al espejo.



Fig. 05-2-24



Fig. 05-2-25



Fig. 05-2-26



Fig. 05-2-27

Ahora, saluda a tu gemelo levantando tu brazo derecho (Fig. 05-2-24). ¡Viste; tu gemelo levanta su brazo izquierdo!, y se peina al lado contrario al que tú te peinas (suponiendo que te peines). Esta inversión, es un efecto de la reflexión en los espejos planos, debido a que el es-

pejo invierte las direcciones "*hacia el frente*" y "*hacia atrás*". En otras palabras: si te acercas al espejo caminando hacia el **Norte**, tu imagen se acerca al espejo caminando hacia el **Sur**.

Inversión de la imagen en un espejo plano.

(A) 2.- Sobre un espejo, coloca tu mano derecha en la posición que muestra la figura 05-2-25. La imagen que muestra el espejo es la de tu mano izquierda.

(A) 3.- Y, si colocas frente al espejo un papel con alguna palabra escrita, seguramente te costará leer la palabra reflejada (Fig. 05-2-26), porque la verás escrita de derecha a izquierda.

¿Puedes explicar por qué las ambulancias en su parte delantera llevan escrito su nombre al revés, o sea; de derecha a izquierda? (Fig. 05-2-27) (5-8)

(A) 4.- Coloca dos espejos pequeños formando un ángulo recto y coloca un objeto pequeño entre ellos (Fig. 05-2-28). Verás el objeto más tres imágenes, o sea; cuatro objetos. Este efecto se explica gráficamente en el esquema de rayos de la figura 05-2-29.

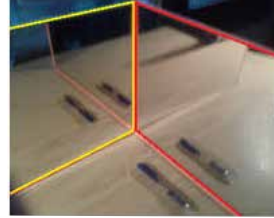


Fig. 05-2-28

Ahora, cambia el ángulo entre los espejos, y observa cómo varía el número de imágenes.

(A) 5.- Otra vez, pon los espejos formando un ángulo recto, y coloca entre ellos dos monedas (u otros dos objetos pequeños), una al lado del la otra (Fig. 05-2-30). Observa la imagen situada detrás de la unión de los espejos (la que está frente a las monedas), y mueve ligeramente una de las monedas ¿cuál de las monedas de la imagen se mueve? Repite el experimento colocando dos dedos de tu mano delante del espejo, y mueve uno de ellos, digamos; el de la izquierda. ¿Qué lugar ocupa en la imagen, el dedo que se mueve?

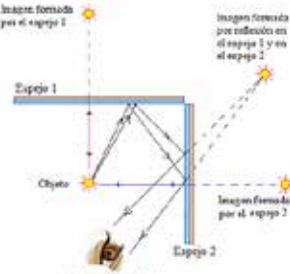


Fig. 05-2-29

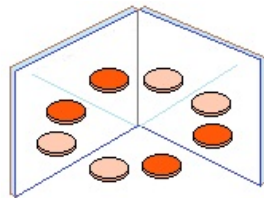


Fig. 05-2-30

Esta inversión se debe a que los rayos que salen del objeto, se reflejan primero en un espejo y luego en el otro. El camino de los rayos se muestran la figura 05-2-31.

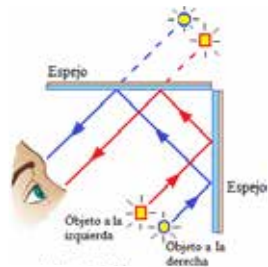


Fig. 05-2-31

El espejo retrovisor de los autos

Los espejos *retrovisores* en los autos tienen un ajuste para el día y otro para la noche. El ajuste nocturno disminuye en gran medida la intensidad de la luz reflejada, evitando que las luces de los vehículos traseros encandilen al conductor.

Como muestra la figura 05-2-32, el espejo está formado por una cuña de vidrio que tiene adosado en su cara posterior un espejo. Según se oriente el retrovisor, puede llegar a los ojos del conductor; la luz brillante (alta intensidad) reflejada en el espejo, o la luz de poco brillo (baja intensidad) reflejada en la superficie de vidrio.

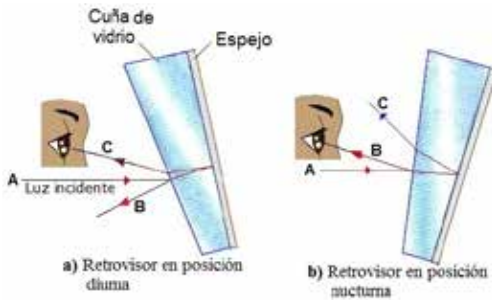


Fig. 05-2-32

Cuando el retrovisor está en la posición del ajuste de día (Fig. 05-02-32 **a**)) la luz proveniente de un objeto detrás del auto (rayo **A**), incide en el retrovisor de manera que la mayor parte de ella se refracta. Entra a la cuña de vidrio, y se refleja en el espejo posterior para regresar a la superficie frontal, donde se vuelve a refractar entrando otra vez al aire en forma del rayo **C** (luz brillante). Este rayo **C**, es el que llega durante el día a los ojos del conductor. Además, de la

luz que entra a la cuña, una pequeña porción de la luz incidente se refleja en la superficie frontal del vidrio (Rayo **B**) esta luz es de baja intensidad.

La luz reflejada atenuada (Rayo **B**) es la que produce la imagen que se observa cuando el espejo está en el ajuste nocturno (Fig. 05-02-32 **b**)). Para lograr esto, la cuña se gira de modo que la trayectoria seguida por la luz brillante (rayo **C**) no llegue al ojo. En vez de eso, la luz débil que se refleja en la superficie frontal de la cuña (Rayo **B**) llega al ojo, y la brillantez de los faros de atrás no se vuelve un peligro.

Reflexión difusa

La reflexión de la luz sobre una superficie áspera se conoce como **reflexión difusa**, en este caso la luz se refleja en muchas direcciones. Aunque cada rayo se rige por la ley de la reflexión, se producen, debido a las imperfecciones de la superficie, una gran variedad de ángulos para los rayos reflejados (Fig. 05-2-33).

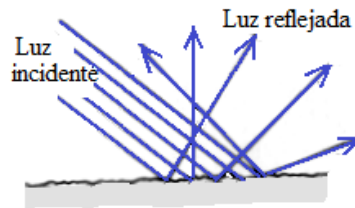


Fig. 05-2-33

Una superficie que es áspera para algunas ondas, puede ser especular para otras, o sea; comportarse como un espejo. Por ejemplo; la superficie metálica de la antena parabólica de un receptor de televisión satelital es completamente áspera para la luz, la cual



Fig. 05-2-34



Fig. 05-2-35

ni remotamente se refleja en ella en forma especular, pero, para ondas de frecuencias muy pequeñas, como las de televisión comporta como un excelente espejo (Fig. 05-2-34). El que una superficie se comporte como un espejo, depende del tamaño de la frecuencia de las ondas que refleja. Una hoja de papel, como esta página que estás leyendo, es como un espejo para una onda de radio, pero para la luz que tiene frecuencias muy altas, es sumamente áspera. La luz que incide sobre esta página puede detectar millones de minúsculas superficies planas orientadas en todas direcciones, como se puede ver en la imagen muy aumentada de la superficie de una hoja de papel (Fig. 05-2-35) lo que origina que se refleje igualmente, en todas direcciones. Esta reflexión **difusa** nos favorece al permitirnos leer la página desde cualquier dirección. La mayoría de los objetos los vemos por reflexión **difusa**. La reflexión especular es incómoda para distinguir los objetos; de hecho, la superficie de los buenos espejos es invisible. ¿Por qué? Explícalo. (5-9)

Espejos esféricos

Vimos que los espejos planos forman imágenes del mismo tamaño que el objeto, pero, en muchas aplicaciones se requiere que la imagen y el objeto sean de diferente tamaño. Por ejemplo; para

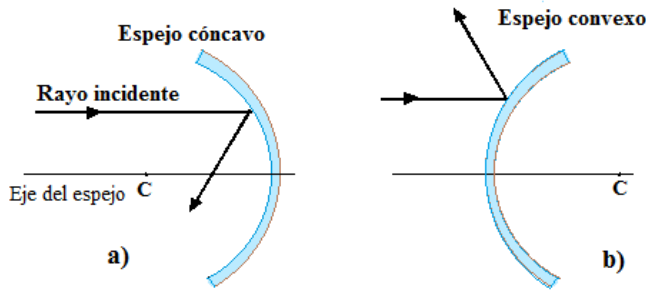


Fig. 05-2-36

maquillarse se requiere que la imagen sea más grande que el objeto, por eso se usa un espejo de aumento, y para vigilancia, como en los supermercados, se usan espejos que forman una imagen más pequeña que el objeto, afín de vigilar un espacio mayor. Como un espejo plano no puede hacer esto, en su lugar se usan espejos curvos.

El tipo más común de espejo curvo es el espejo esférico, por su versatilidad y facilidad para construirlo. Un espejo esférico tiene la forma de una sección superficial de una esfera.

Si es la superficie interior o cóncava la que está pulida, el espejo es un **espejo cóncavo** (Fig. 05-2-36 (a)). Si la superficie exterior o convexa es la pulida, se tiene un **espejo convexo** (Fig. 05-2-36 (b)). Cada tipo tiene un *centro de curvatura* "C". Es el punto donde tendrías que fijar el compás, si fueras a trazar su superficie. Y, un *eje principal*, que es la recta que pasa por "C" y el punto me-

dio del espejo. Para cada tipo de espejo se muestra la reflexión de un rayo que incide paralelamente al eje principal.

En el espejo cóncavo, el rayo se refleja cortando el eje del espejo, y en el espejo convexo, se aleja del eje.

Imágenes en espejos esféricos

Espejos cóncavos

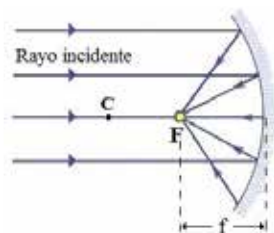


Fig. 05-2-37

Los **espejos cóncavos** pueden producir imágenes reales o virtuales. Describiremos solo algunos casos delineados con pocos rayos principales, ya que no se pretende estudiar en detalle el trazado de rayos para composición de imágenes.

Si el objeto se encuentra muy lejos del espejo, entonces, los rayos incidentes son paralelos entre sí, y al eje principal, estos rayos paralelos forman imagen en un punto (Fig. 05-2-37) denominado foco "**F**". La distancia de este punto al centro del espejo es la distancia focal "**f**" del espejo.

(A) 7.- Si tienes en tu casa un espejo de los usados para maquillaje, puedes proyectar en el foco del espejo la imagen del Sol, que es un objeto muy lejano (Fig. 05-2-38). Usa la cara cóncava del espejo. Estos espejos suelen tener dos caras, y ser cóncavos (convergen-

tes) en una cara, y convexos (divergentes) en la otra cara.

No proyectes la imagen en tu mano, ni en ninguna otra parte de tu cuerpo. Al ser la imagen real, la energía de la luz realmente es emitida por la imagen, es decir: se concentra en el lugar donde se encuentra la imagen. **¡Te puedes quemar!**



Fig. 05-2-38



Fig. 05-2-39

8.- También puedes hacerlo usando una cuchara pulimentada, o sea; limpia y brillante en su cara cóncava (Fig. 05-2-39). Es este caso la imagen estará distorsionada, porque las cucharas, salvo en algunos pocos casos, tienen forma de segmentos de esfera. Esta imagen aunque es real, tiene muy poca energía, debido a que la superficie no es tan pulida como un espejo, y refleja poca energía luminosa, y, también, porque la imagen cubre un área grande.

Puedes recoger la imagen en la mano y, a lo mejor, sientes un poco de calor por la energía concentrada en ella.

9.- Los espejos cóncavos pueden producir imágenes reales o virtuales.

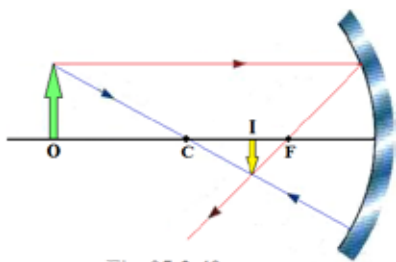


Fig. 05-2-40

Si el objeto se encuentra a una distancia mayor que el radio de curvatura, esto es: más allá del centro de curvatura. La imagen es real, invertida y menor que el objeto, como se muestra en el diagrama de rayos de la figura 05-2-40. Donde se ha usado dos rayos principales

que salen de la punta de la flecha: uno paralelo al eje del espejo, que al reflejarse pasa por el *foco* (F). Y otro, que pasa por el centro de curvatura (C) y se refleja siguiendo el mismo camino en sentido inverso. La imagen de la punta de la flecha se forma en el punto donde convergen estos dos rayos. El resto de la imagen se puede encontrar de igual manera; proyectando desde cualquier punto del objeto, dos rayos de trayectorias similares a los usados para encontrar la punta de la flecha.



Fig. 05-2-41

Con el espejo para maquillaje, forma esta imagen real. Busca la imagen de algún objeto colocado no muy lejos del espejo. Debes mover el espejo, o el objeto, hasta hallar la imagen. Observa que es invertida, menor que el objeto, y se forma **delante del espejo** (Fig. 05-2-41).

10.- También, puedes usar la parte cóncava de la cuchara pulimentada

y observar la imagen de algún objeto. Comprueba que la imagen está invertida, y se forma delante del espejo (Fig. 05-2-42).

Ahora, coloca la cuchara debajo de una lámpara del techo. Busca la imagen de la lámpara, debe formarse en el espacio, sobre la cuchara (Fig. 05-2-43).

11.- Cuando se quiere lograr una imagen derecha y amplificada, el objeto se debe colocar entre el foco y el espejo. En la figura 05-2-44, la imagen de la punta de la flecha se forma en el punto donde convergen las prolongaciones de dos rayos: uno cuya dirección es como si saliera del centro de curvatura (C) este rayo se refleja sobre sí mismo. Y el otro, que tiene la dirección como si saliera del foco, se refleja paralelo al eje del espejo. En este caso la imagen es virtual. Los espejos usados para maquillaje, son espejos cóncavos que se usan colocando el rostro dentro de la distancia focal.

Con el espejo cóncavo busca la imagen de tu rostro, o de cualquier otro objeto (Fig. 05-2-45). También, a modo de ilustración colocamos una imagen producida por el espejo del telescopio orbital Hubble. Como puedes ver, es un espejo muy grande (Fig. 05-2-46)



Fig. 05-2-42



Fig. 05-2-43

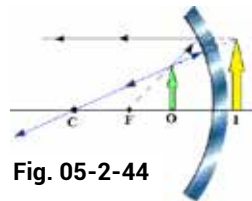


Fig. 05-2-44



Fig. 05-2-45



Fig. 05-2-46

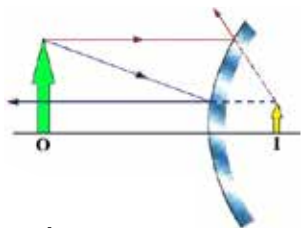


Fig. 05-2-47

Espejos convexos

Los espejos convexos únicamente producen imágenes virtuales, derechas y más pequeñas que el objeto. En la figura 05-2-47, el rayo paralelo (rojo) se refleja de manera que su prolongación pasa por el foco virtual (detrás del espejo) y el rayo que se dirige al foco virtual (azul) se refleja paralelo. Estos rayos y todos los demás, se reflejan alejándose unos de otros, y al no haber ningún punto de concentración o convergencia, no se forma una imagen real. La imagen es virtual, y se forma donde se cortan las prolongaciones de los rayos reflejados. Esta propiedad los hace muy útiles para efectos de seguridad; como las imágenes que forman son menores que el objeto, reproducen un gran campo visual en un área pequeña (se puede decir que son espejos gran angulares), por lo cual se los usa como espejos retrovisores laterales en los vehículos, espejos panorámicos en tiendas y supermercados, en las salidas de los garajes, etc. (Fig. 05-2-48) La limitación que presentan es la distorsión de la profundidad. Una persona que no esté acostumbrada a usarlos, puede equivocarse al estimar la distancia entre los objetos.



Fig. 05-2-48



Fig. 05-2-49

(A) 11.- Usa el espejo para maquillaje o la cuchara pulimentada, ambos por su parte convexa (curva hacia fuera) y busca la imagen virtual del recinto

donde te encuentras (Figs. 05-2-49 y 05-2-50). ¿Cómo estimas el tamaño del espacio reflejado por un espejo plano, en comparación con uno convexo? ¿Cuál abarca mayor espacio del recinto y cuál el menor? (5-10)



Fig. 05-2-50

Hornos solares

Cuando se requieren espejos de gran tamaño para recoger la energía de la luz solar y concentrarla en el foco, se prefieren espejos de forma parabólica en vez de esféricos, debido a que los espejos parabólicos de gran tamaño son más eficientes para concentrar la energía proveniente de fuentes lejanas que los esféricos. Ésta es la base del funcionamiento de los *hornos solares*.

En los hornos solares la superficie del paraboloide está formada por láminas de espejos. El mayor horno solar se encuentra en los Pirineos franceses; consta de un paraboloide de 1900 m^2 de área formado con 9.600 espejos reflectores (Fig. 05-2-51). Con este horno de espejo se alcanzan temperaturas de 3500 grados centígrados. Su principal utilidad es en la investigación científica.



Fig. 05-2-51

En mucha menor escala, se fabrican hornos solares para uso doméstico,



Fig. 05-2-52

para cocinar alimentos. Estos hornos constan de superficies de curvatura esférica formada por láminas metálicas reflectoras, principalmente de aluminio. Uno de estos hornos es mostrado en la figura 05-2-52

¿Qué tipo de espejo, cóncavo o convexo, debe usarse para quemar un papel utilizando la luz del Sol? Explica (5-11).

Para mejor resultado, ¿a qué distancia respecto del espejo se debe colocar el papel? Explica (5-12).

Lentes Convergentes

Una de las aplicaciones más útiles de la refracción se encuentra en las lentes empleadas en los instrumentos ópticos. Una lente es una pieza de material transparente que tiene la propiedad de refractar la luz, de modo que se forma una imagen de la fuente luminosa. La mayoría de las lentes se construyen

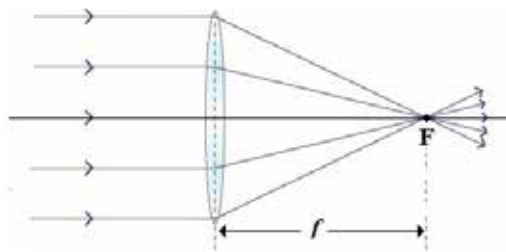


Fig. 05-2-53

usando una sola pieza de material transparente con superficies apropiadamente curvas, a menudo esféricas, el esquema de una de estas lentes se muestra en la figura 05-2-53. En este tipo de lente los

rayos paralelos provenientes de un objeto muy alejado, convergen en un solo punto luego de refractarse y atravesar la lente. Este punto se denomina foco F de la lente. Así, un objeto situado muy lejos de la lente sobre el eje principal, produce una imagen real en el foco de la lente. La distancia entre el foco y la lente es la distancia focal f . Este tipo de lente se denomina lente convergente porque hace converger en el foco los rayos incidentes provenientes de un objeto lejano. Hay otras clases de lentes, que producen otros efectos, pero, nos limitaremos a experimentar solamente con este tipo de lentes.

(A) 12.- Con una linterna y un vaso de vidrio transparente, casi lleno de agua puedes estudiar el comportamiento de los rayos de luz al pasar por esa lente (Fig. 05-2-54). Esta lente, formada con agua, cilíndrica y gruesa (por la forma del vaso) ¿Es convergente o divergente? Explica (5-13)



Fig. 05-2-54

13.- Llena con agua un frasco grande que puedas tapar. Úsalo como lente convergente, y concentra la luz solar sobre tu mano (Fig. 05-2-55). ¿El calor que sientes es suficiente para quemar la madera o el papel?



Fig. 05-2-55

(Este experimento no lo intentes con una lupa verdadera puede ser peligroso)



Fig. 05-2-56

Ahora; ¿crees que la mayoría de incendios forestales, que en temporadas de sequía devastan nuestro país, se produzca espontáneamente? (5-14)

14.- Si tienes una "lupa", puedes proyectar la imagen de una lámpara del cielo raso. Usa como pantalla una hoja de papel blanco, y colócala justo debajo de la lámpara, en el piso o sobre una silla. Mueve la lente acercándola o alejándola de la hoja hasta lograr una imagen nítida (Fig. 05-2-56). La imagen se formará muy cerca del foco de la lente.

La Lupa

El uso más común de una lente convergente es como una lupa. Para entender su funcionamiento, consideremos cómo observamos los objetos cercanos y lejanos. A simple

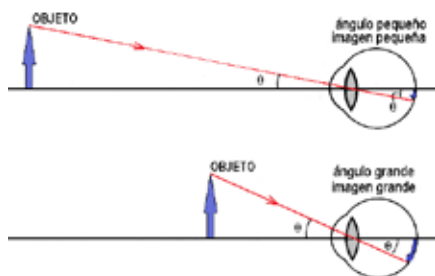


Fig. 05-2-57

vista los objetos se observan dentro de un ángulo pequeño cuando están alejados, y dentro de ángulos más grandes cuando se encuentran cerca. Al aumentar el ángulo de observación la imagen dentro del ojo es más grande y podemos percibir más detalles (Fig. 05-2-57), por eso; cuando queremos ver en detalle un objeto pequeño, debemos acercarnos todo lo posible, para que el ángulo de visión sea el máximo.

Pero el ojo no puede enfocar estando muy cerca (para un ojo sano el promedio es de 25 cm). Entonces se necesita una *lupa* para observar una imagen con un ángulo mayor que el que subtende a simple vista. Una lupa no es más que una lente convergente usada para formar una imagen aumentada del objeto a la distancia mínima de enfoque, de modo que podamos observarlo con un ángulo mayor (Fig. 05-2-58).

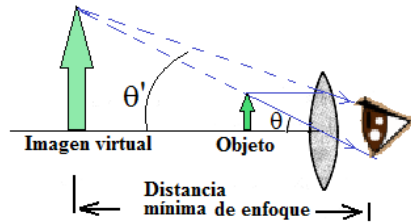


Fig. 05-2-58

Cuando usas una lupa la colocas cerca del objeto que deseas ver, de manera que el objeto quede dentro de su distancia focal y muy cerca del foco; de esta manera la imagen es virtual, derecha y aumentada. El enfoque se obtiene cuando la imagen se forma a tu distancia mínima de enfoque.

(A) 15.- En un ejercicio anterior usaste gotas de agua para poder ver las pequeñas celdas de color en la pantalla del televisor (si deseas repite el experimento). Ahora puedes explicar: ¿por qué las gotas producen una imagen aumentada? (5-15)

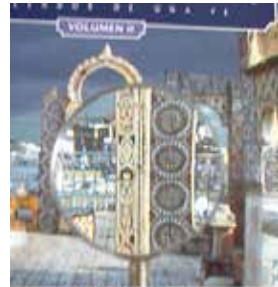


Fig. 05.2.59

Fig. 05-2-59

16.- Si dispones de una lupa, enfoca algún objeto y busca la mayor imagen que puedes ver con nitidez (Fig. 05-2-59). Esa imagen se encuentra a la mínima distancia que tu ojo puede enfocar.



Fig. 05-2-60

¿Por qué la imagen es virtual? Explica (5-16)

17.- También, puedes fabricar una lupa (aceptablemente buena) con el vaso con agua. La imagen que produce es bastante buena, a pesar de ser una lupa improvisada (Fig. 05-2-60).

EL OJO Y LA VISIÓN

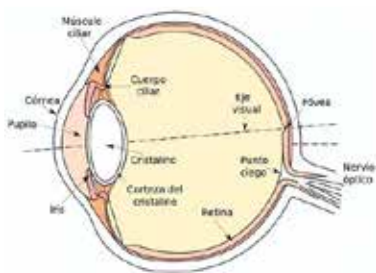


Fig. 05-2-61

El ojo humano en su estructura básica (Fig.05.2-61) consiste en un espacio cerrado en el cual entra la luz a través de una cubierta transparente: la **cornea** que produce el 70% de la desviación necesaria de la luz. Un diafragma conocido como **iris** (la pare coloreada del ojo), se ajusta automáticamente para controlar la cantidad de luz que entra. La abertura del iris por la cual pasa la luz (la **pupila**),

se ve negra debido a que no refleja la luz, muy poca luz se refleja de adentro hacia fuera desde el interior del ojo. El **iris** puede expandir o contraer la **pupila** desde unos 2 mm en luz brillante hasta unos 8 mm en la oscuridad. Luego, la luz pasa por una lente llamada **crystalino**. El **crystalino** se encarga del ajuste fino, para enfocar a diferentes distancias. Esto es realizado por los músculos **ciliares** que cambian la curvatura de la lente. Para enfocar un objeto dis-

tante los músculos se relajan y la lente se adelgaza. Mientras que para enfocar un objeto cercano, los músculos se contraen, y el centro de la lente se hace más grueso.

La retina, en el fondo del ojo, juega el papel de receptor como los sensores en las cámaras digitales, se encuentra en la superficie curva posterior. Consiste en un arreglo complejo de nervios y receptores conocidos como **bastones** y **conos**, que cambian la energía luminosa en señales eléctricas que viajan a través de los nervios.

Las células fotorreceptoras **conos** y **bastones** en unos 125 millones, están entremezcladas de manera no uniforme sobre la retina (Fig. 05-2-62). El conjunto de los **bastones** es extremadamente sensible, reacciona en condiciones de baja luminosidad donde no reaccionan los **conos**, pero, es incapaz de distinguir el color, y las señales que transmite no producen imágenes bien definidas. En condiciones de poca luz, vemos en blanco y negro, principalmente por medio de los **bastones**. La visión adaptada a la oscuridad se debe principalmente a los **bastones**, mientras que la visión con buena iluminación se debe a los **conos**. Por ejemplo;

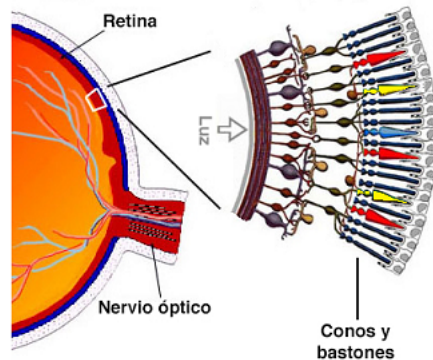


Fig. 05-2-62

vemos las estrellas blancas. Aunque, la mayoría de ellas tienen color (rojas, naranjas, azules, azul-violeta, etc.) según su temperatura, esto lo muestran las fotos de estrellas tomadas con larga exposición. Sucede que la luz estelar es muy débil para activar los conos, que son los receptores del color. Entonces las vemos con los bastones, cuyas señales producen imágenes en blanco y negro, si acaso, solo algún color muy débil.

Por el contrario, el conjunto de 6 a 7 millones de **conos**, funciona con luz brillante produciendo imágenes en color, y muy detalladas, siendo, sin embargo, muy poco sensibles en bajos niveles de iluminación. En condiciones normales de iluminación, vemos por medio de los **conos**.

Hay tres clases de conos, una clase; especializada en captar gradaciones del **rojo**, otra sensible a los tonos de **verde y amarillo**, y la tercera, receptora de gradaciones de **azul y violeta**. El cerebro a su vez, combina estas variaciones permitiéndonos captar y diferenciar los colores y sus graduaciones, en el orden de **un millón** de tonalidades.

La zona de salida del nervio óptico no tiene receptores, siendo insensible a la luz; por esta razón, se denomina **punto ciego**.

(A) Experimenta con el punto ciego. Coloca la figura 05-2-63 a la distancia de tus brazos extendidos, cierra el ojo izquierdo, y sólo con el ojo derecho observa el punto negro. Puedes ver el punto y la X. Ahora, acerca con lentitud la imagen a los ojos manteniendo la visión del ojo derecho fija en el punto, encontrarás una distancia para la cual desaparece la X. Repite lo anterior con el ojo izquierdo abierto y fijo en la X, ahora, desaparecerá el punto, pero, además, el cerebro ¡completa las líneas cruzadas donde veías el punto!.

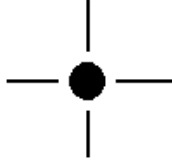


Fig. 05-2-63

Cerca del centro de la retina existe una pequeña depresión de 2.5 a 3 mm de diámetro conocida como la **mancha amarilla** o **mácula**, cuyo número de conos es más del doble que el de bastones y en su centro hay una región de unos 0.25 mm de diámetro, completamente libre de bastones, llamada **fovea**. En la **fovea** los conos son más delgados, y están más densamente empaquetados que en ningún otro lugar de la retina. Esta zona proporciona la información más clara y detallada, y el globo ocular se mueve continuamente de tal forma que la luz que llega del objeto de interés primordial, caiga en esta zona. También, la luz se desplaza constantemente a través de las diferentes células receptoras. Sin estos movimientos,

la imagen se mantendría estacionaria en un mismo grupo de fotorreceptores y tendería a desvanecerse por fatiga de los receptores.

En el ojo humano, la cantidad de conos disminuye al alejarse de la *fóvea*. El color de un objeto desaparece si se percibe con visión periférica, sin embargo, la periferia de la retina es muy sensible al movimiento. Aunque nuestra visión es deficiente si vemos en el "rabillo" del ojo, la percepción del movimiento es muy grande. La evolución nos ha dotado para percibir hasta el más leve movimiento en la frontera de nuestro campo visual.

(A) Pide a un amigo que agite un objeto de color brillante en la periferia de tu campo visual. Esto es; que lo mueva frente a una de tus orejas, mientras fijas la mirada en algún punto en frente de tus ojos. Podrás ver la presencia del objeto cuando lo mueva, pero no, cuando lo mantenga inmóvil. En ningún caso podrás discernir de qué color es.

La proporción entre la luz más brillante que puede percibir el ojo humano, sin sufrir daño, y el brillo mínimo perceptible, puede ser de un millón a uno. Pero, no percibimos esta diferencia real, porque cuando una célula receptora manda una fuerte señal de brillo, también indica a los receptores vecinos que atenúen su señal. De este modo se modula las diferencias de intensidad

del campo visual, lo que permite ver detalles de zonas, tanto brillantes, como oscuras. La construcción de la imagen a partir de la información suministrada por todos estos millones de receptores, se realiza principalmente en el cerebro, aunque hay muchos receptores que están interconectados, y procesan previamente la señal luminosa antes de mandarla al cerebro. Algo del funcionamiento cerebral se realiza en la retina.

A continuación mostramos unas figuras que evidencian el ensamblaje de la imagen a nivel cerebral. No solo; **NO veras lo que realmente hay, ¡sino, también, verás lo que NO hay!**

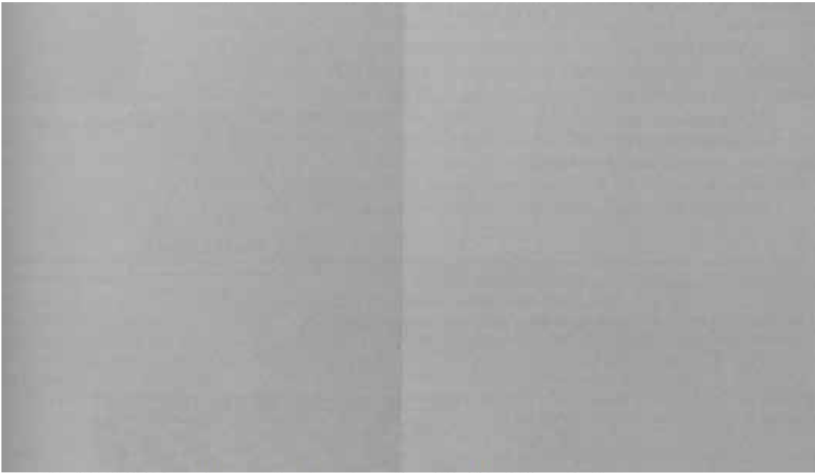


Fig. 05-2-64

Los dos rectángulos tienen igual brillo.
Cubre la frontera entre ellos con un lápiz y compruébalo.

La estimulación de un área de la retina puede afectar las sensaciones en un área adyacente, produciendo una ilusión. Por ejemplo: si observas el patrón de la figura 05-2-65, es probable que veas manchas grises donde las manchas blancas interceptan a los rombos negros.



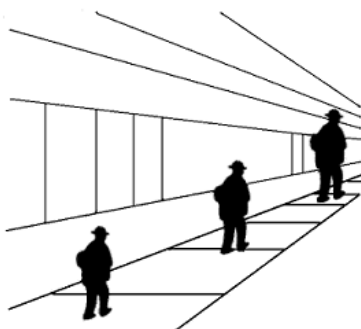
Fig. 05-2-65

Más ilusiones que muestran que el cerebro ensambla la imagen según lo que él "cree" que se está viendo.

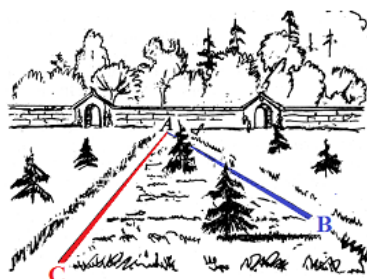


¿Son los seis segmentos iguales?

Fig. 05-2-66

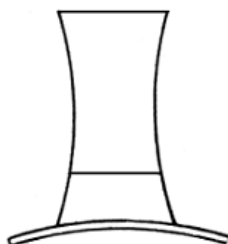


¿Qué hombre es más grande?

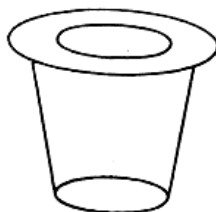


¿Cuál línea es más larga, AC o AB?

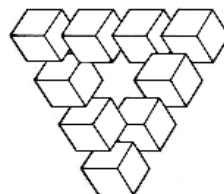
Fig. 05-2-67



¿El alto es mayor que el ancho del ala?

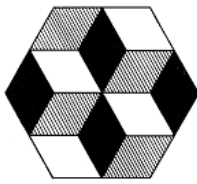


¿Cuál es mayor la elipse interior de arriba o la de abajo?

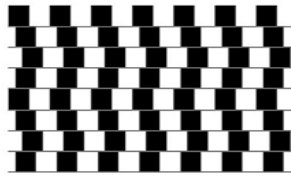


¿Cómo está orientada?

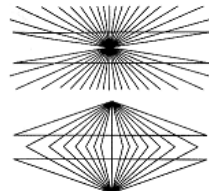
Fig. 05-2-68



¿Dónde hay dos cubos, arriba o abajo?



¿Las líneas horizontales son paralelas, y los cuadrados del mismo tamaño?



¿Las líneas horizontales son paralelas?

Fig. 05-2-69

Contornos subjetivos

Todos los fondos de las imágenes siguientes son uniformes
¿Qué figuras distingues en tonos más brillantes y contornos bien definidos?

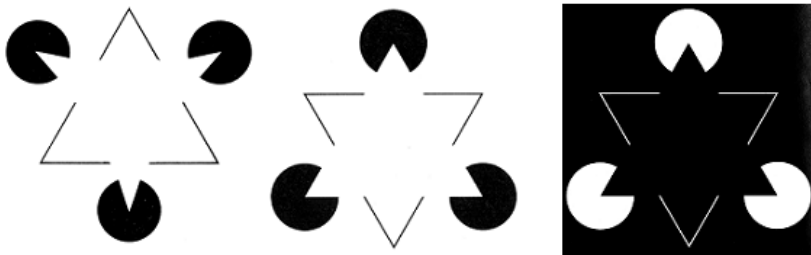


Fig. 05-2-70

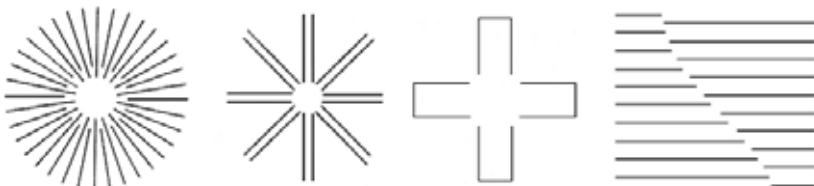


Fig. 05-2-71

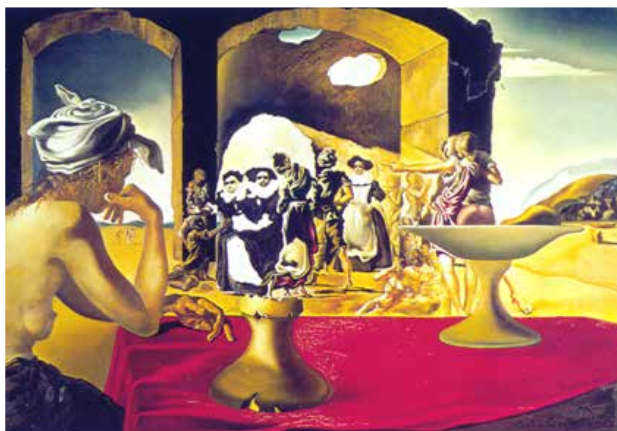
Imágenes ambiguas



Fig. 05-2-72



Fig. 05-2-73



Mercado de esclavos con la aparición del busto de Voltaire
Salvador Dalí (1940)

Fig. 05-2-74

Ilusión de movimiento

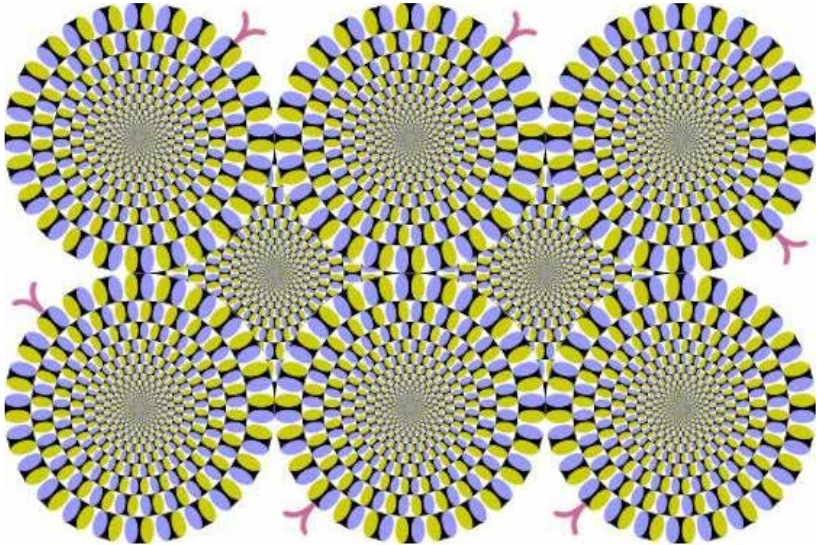


Fig. 05-2-75

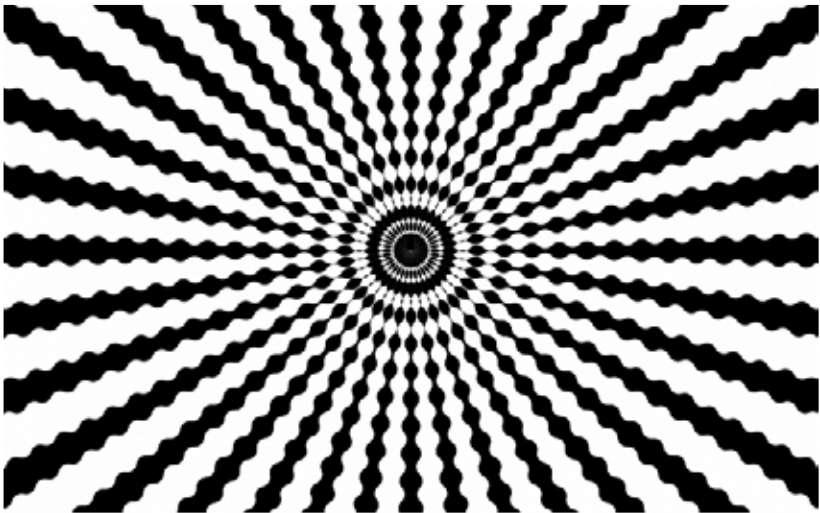


Fig. 05-2-76

ESTEREOGRAMA

Esto no es una ilusión, es una imagen tridimensional auténtica. Obsérvala enfocando los ojos como si vieras un objeto muy lejano.

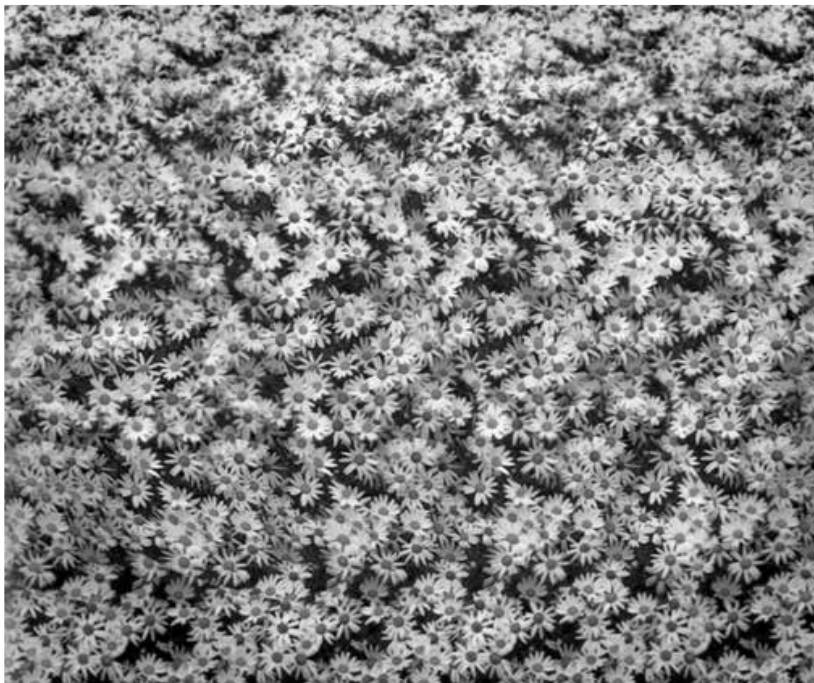


Fig. 05-2-77

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS

1.- Mecánica

- 1-1. Moviendo la hoja lentamente, la aceleración de la hoja es muy pequeña, y la fuerza de roce puede vencer la inercia, proporcionando a las masas esa aceleración que les permite moverse junto con la hoja. Si la hoja se mueve muy rápido su aceleración es muy grande, y la fuerza de roce no es lo suficientemente grande para imprimir esa aceleración a los objetos. No logra vencer la inercia.
- 1-2. Los pasajeros tienden a permanecer en reposo. Es el carro el que se mueve hacia delante.
- 1-3. Nadie ni nada ejerce fuerzas sobre los pasajeros. Su tendencia a permanecer en reposo se manifiesta como si los empujaran hacia atrás. Se dice que sienten una fuerza ficticia.
- 1-4. El agua tiende a moverse en línea recta y eso hace que tienda a escapar del recipiente que está girando y se pegue a las paredes más alejadas del eje de giro.
- 1-5. El globo al desinflarse aplica una fuerza que obliga a la masa de aire a salir, y, esta aplica sobre el globo, una fuerza de reacción de igual intensidad y de sentido opuesto.
- 1-6. La fuerza es ejercida por la masa de aire que es expulsada.

- 1-7. El par acción-reacción lo constituyen: la fuerza que aplica el globo sobre el aire que expulsa y la fuerza que aplica sobre el globo el aire a medida que es expulsado.
- 1-8. La pelota ejerce una fuerza sobre el suelo al golpearlo y éste reacciona aplicando sobre la pelota una fuerza igual y de sentido contrario.
- 1-9. El suelo ejerce la fuerza que detiene la pelota.
- 1-10. Si; es la misma
- 1-11. Respondida en la pregunta (1-8)
- 1-12. Debemos dejar la pelota desde mayor altura para que aplique al suelo una mayor fuerza y éste reaccione aplicando a la pelota una fuerza de igual intensidad y sentido opuesto.
- 1-13. El equilibrio es inestable cuando la vertical hacia abajo desde el centro de gravedad (indicada por la plomada) cae justo el borde de la base del cuerpo.
- 1-14. Debe tener el C.G. bajo, esto es: la silla debe ser baja. Y debe tener gran base de sustentación, o sea; que el área entre sus patas sea grande.
- 1-15. Tiene mayor estabilidad cuando está acostada, el C.G. se encuentra a menor altura y la base es mayor.
- 1-16. Tiene mayor estabilidad cuando está sentada.
- 1-17. La Torre Inclínada de Pisa no se ha caído, porque la vertical hacia abajo desde su centro de gravedad cae dentro del área de su base.
- 1-18. El móvil se equilibra porque su C.G. queda entre los mangos de los tenedores y debajo del punto de apoyo. Igual que en el móvil anterior, fundamentalmente es otro péndulo.
- 1-19. Respondida en (1-18)
- 1-20. La geometría, o forma de la hoja es la propiedad que más influye para que caiga con menor aceleración. El área que opone al movimiento del aire, es muy grande con relación a su peso y la fuerza de resistencia del aire la frena. Cosa que no ocurre con el libro, por ser mucho más pesado. Si no fuera por el aire, caerían juntos.

- 1-21. Porque el libro empuja a la hoja, y le imprime su misma aceleración, y como es poco afectado por el aire, es la aceleración de gravedad.
- 1-22. El libro, protege a la hoja del aire e impide que la frene.

Fluidos

- 2-1. El agua no entra porque se lo impide la presión del aire encerrado dentro del vaso.
- 2-2. La presión atmosférica compensa con creces el peso del agua dentro del vaso, por eso el agua no puede salir, hasta que penetre aire al vaso.
- 2-3. El aire al fluir velozmente entre las hojas, disminuye la presión entre ellas y la presión atmosférica en el lado de afuera de las hojas las junta.
- 2-4. Igual que en el caso anterior, la presión bajo la hoja disminuye, en lugar de aumentar.
- 2-5. El que se hunde es el más denso.
- 2-6. De los cuerpos que flotan el menos denso, es el que tiene menor proporción de su volumen sumergido.
- 2-7. Son cuerpos cuya densidad es mucho menor que la densidad del agua.
- 2-8. Nosotros cuando flotamos lo hacemos con gran parte de nuestro cuerpo sumergido, por lo tanto, somos mucho más densos que el corcho y muchísimo más que el anime.
- 2-9. Mete las dos latas en el recipiente con agua. Más denso es el refresco que no flote.
- 2-10. Para que un cuerpo flote en agua, su densidad debe ser menor que la del agua. El huevo se hunde porque su densidad es mayor que la del agua. Pero, al disolver sal en el agua, aumentamos la densidad del líquido, el agua con alta concentración de sal es más densa que el agua pura, y, el huevo pasa a ser menos denso que el agua salada y, por lo tanto, flota. ¡Es más fácil flotar en el mar que en una piscina!

Sonido

- 3-1. Se propaga mejor por la madera de la mesa, porque a través de ella escuchas el sonido con mayor volumen y más detalles.
- 3-2. El sonido se propaga mejor en un medio elástico. Un medio elástico es el que tiene capacidad de restablecer su forma inicial ante cualquier deformación no muy grande. La elasticidad la adquiere el cordel cuando lo tensamos.
- 3-3. Respondida en la (3-2)
- 3-4. Cuando la longitud es menor, la lámina vibra más rápidamente y estas oscilaciones se traducen en sonido al propagarse por el aire u otros medios.
- 3-5. Como debe ser, las cuerdas del arpa tienen igual comportamiento producen tonos más bajos mientras más largas son, y viceversa.
- 3-6. Respondida en la (3-4)
- 3-7. Al ser las copas iguales tienen las mismas frecuencias de resonancia. La segunda copa entra en resonancia con el sonido emitido por la primera copa, la vibración del vidrio pone a saltar a los palitos de fosforo.

Electricidad

- 4-1. Porque además de las fuerzas eléctricas que actúan en el núcleo, existe otra fuerza aun más intensa que no es de naturaleza eléctrica. Se trata de la fuerza nuclear fuerte, es una fuerza de atracción que actúa como amalgama, manteniendo unidos protones y neutrones.
- 4-2. Los pedacitos de papel saltan debido a que el dedo se carga con la misma carga del papel y las cargas iguales se repelen. Esto se debe a que el plástico, que tiene carga opuesta a la del papel atrae en el dedo cargas del mismo signo que las del papel.
- 4-3. El efecto es el mismo solo que, al acercar el globo a la lata, la carga positiva del globo atrae a los electrones de

la lata acercándolos al globo, de forma que en la parte de la lata cerca del globo habrá un exceso de cargas negativas. Como las cargas de signos contrarios se atraen, la lata será atraída hacia el globo

Optica

- 5-1.- Porque la retina humana es más sensible al color verdiamarillo, lo que permite distinguir los tonos amarillos con mayor facilidad entre los colores del entorno
- 5-2.- Porque las gotas de agua, adoptan la forma de una lente y el agua es tan transparente como el vidrio. Se forman lentes de aumento hechas con agua.
- 5-3.- La imagen es de color rojo por ser el complementario del azul. La explicación más detallada la encuentras en el experimento demostrativo
- 5-4.- En la cámara oscura, la imagen se proyecta en la pantalla, pero, en esta experiencia la imagen se proyecta en la retina, y el cerebro se encarga de invertirla y añadir otras correcciones.
- 5-5.- Inconscientemente disminuyen el área por la cual pasa la luz (este procedimiento se llama diafragmar), entrecerrando los ojos, para enfocar mejor. Tratan de hacer con los párpados como si miraran a través de un orificio pequeño. Realiza el experimento anterior a esta pregunta.
- 5-6.- Se ven menos profundos por lo que acabas de ver con la experiencia de "la moneda que aparece"
- 5-7.- Porque el fondo se ve menos profundo de lo que realmente es.
- 5-8.- Lo que se busca es que el vehículo que estén delante de una ambulancia en servicio, se aparten dándole paso, para esto el conductor tiene que leer la identificación viendo la imagen reflejada en el espejo retrovisor, el cual invierte el sentido de la escritura

- 5-9.- Porque el espejo refleja perfectamente la imagen del espacio que tiene enfrente, la cual se percibe como un espacio abierto. No forma imagen de su superficie.
- 5-10.- La imagen de los espejos convexos proyecta mayor espacio del recinto que refleja.
- 5-11.- Tiene que ser un espejo que concentre la energía al reflejarla, y eso lo hacen los espejos cóncavos.
- 5-12.- Se debe colocar a la distancia focal, en el foco del espejo.
- 5-13.- Se observa claramente que la luz se concentra en un área pequeña, aumentando su intensidad. Esto muestra que la lente es convergente.
- 5-14.- Difícilmente un pedazo de virio de botella puede tener la forma de una lente convergente, con el área necesaria para concentrar suficiente energía, y además, caer en posición tal que quede de frente al Sol y, un trozo de madera, u otro material combustible, se encuentre justamente en su foco. Es casi improbable que todas estas condiciones, por azar, se den juntas. La gran mayoría de incendios forestales, con toda seguridad, son intencionales, y muy pocos accidentales.
- 5-15.- Las gotas tienen superficie esférica y son transparentes como el vidrio, y como se encuentran muy cerca del objeto, esto es: dentro de su distancia focal, producen el efecto de una lupa.
- 5-16.- Porque donde se forma la imagen no hay concentración de energía. Si el objeto fuera una vela encendida, y colocaras el dedo en la imagen de la llama, no te quemarías.

EXPERIMENTOS EN FÍSICA CONCEPTUAL

es una guía es dar a conocer algunos principios de la Física dentro de un enfoque fenomenológico y cualitativo que permita aplicar el método científico en el análisis, por lo cual, está orientado para que la comprensión del fenómeno estudiado llegue por medio de la experimentación, la cual es guiada por una muy sucinta explicación teórica, y preguntas que destacan los principales aspectos y comportamiento del fenómeno físico en consideración.

Los tópicos escogidos obedecen únicamente a la facilidad y sencillez de reproducir los experimentos mostrados, y, no a algún orden de importancia o prioridad, ya que todos los fenómenos físicos son igualmente importantes y la mayoría están muy relacionados.

Aspiramos incluir en próximas ediciones disciplinas de la física que no se contemplan en ésta, así como, complementar el estudio de las leyes tratadas en este libro, con mas experimentos que sirvan para comprender otros fenómenos físicos relacionados con la ley estudiada.

Es nuestro deseo que este libro sea una ayuda en la comprensión de algunos fenómenos físicos y, en mayor, o menor grado, despierte el interés por el método científico como instrumento de análisis.



UNIVERSIDAD
METROPOLITANA

