

LUZ VERDE

MATERIAL DIGITAL COMPLEMENTARIO

MIRADAS Y ENFOQUES SOBRE LA LUZ

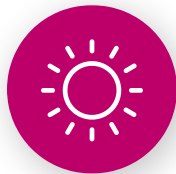
EMPEZAR >



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

ÍNDICE

MATERIAL DIGITAL COMPLEMENTARIO



**CAPÍTULO 1:
¡QUÉ FENÓMENO, LA LUZ!**



**CAPÍTULO 3:
PERCEPCIÓN**



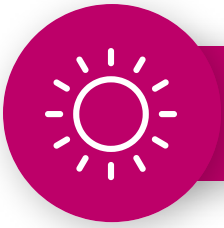
**CAPÍTULO 2:
DESFILE DE MODELOS: LA
MIRADA DE LA FÍSICA**



**CAPÍTULO 4:
HISTORIAS RECIENTES,
Y NO TANTO**



DESCARGÁ LUZ VERDE EN PDF

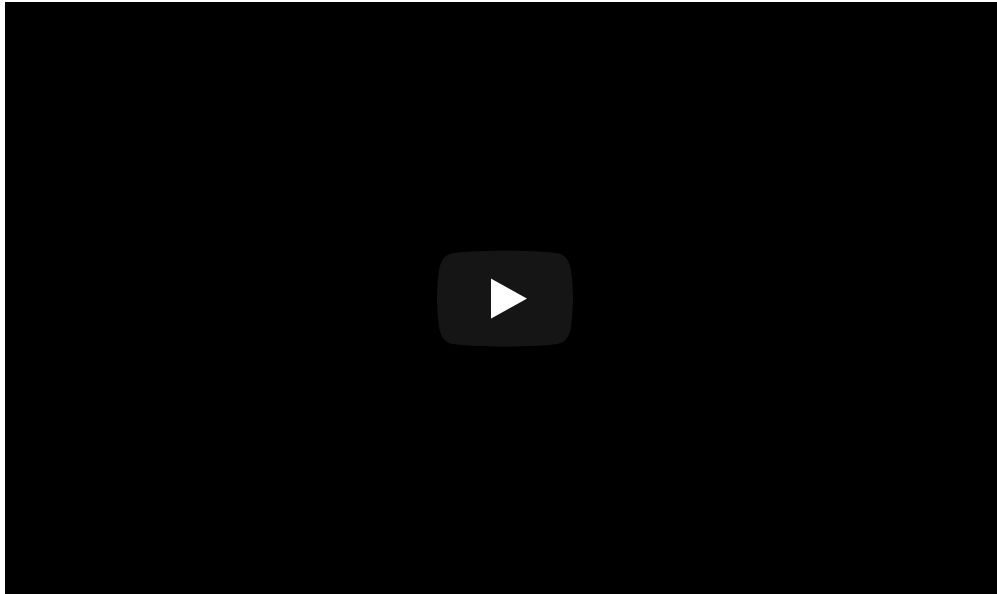


CAPÍTULO 1: ¡QUÉ FENÓMENO, LA LUZ!



PRIMEROS RESPLANDORES: LA LUZ EN LA ANTIGÜEDAD

La pregunta ¿qué es la luz? ha inquietado a la Humanidad desde que comenzó a reflexionar acerca del mundo que habita. En las más diversas culturas existen mitos y leyendas, que son un resabio dejado como sedimento de las antiguas formas de concebirla. Los primeros testimonios nos hablan de una asociación de la luz con la divinidad.





CAPÍTULO 1: ¡QUÉ FENÓMENO, LA LUZ!



PRIMEROS RESPLANDORES: LA LUZ EN LA ANTIGÜEDAD

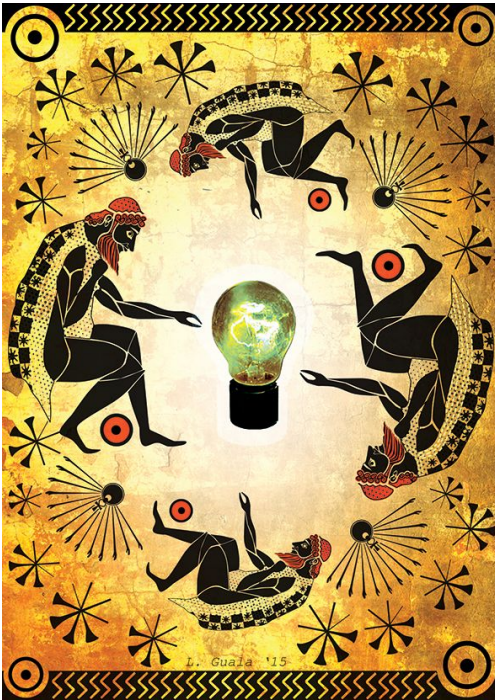


Ilustración Lucía Gala

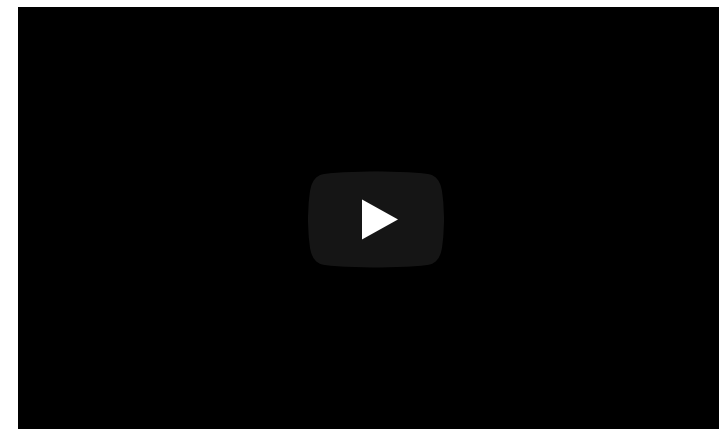
Egipcios, persas y pueblos nórdicos, judíos, cristianos, islamitas y otros grupos humanos, asociaron de una u otra forma a la luz con deidades y creaciones míticas, a las fuerzas de la naturaleza vinculadas con el bien, la verdad, la creación del universo y la comunicación entre el mundo celestial y el terrenal. Como en tantos otros casos, tenemos mucha información de la manera en que los griegos explicaban la luz.

Mientras que algunos pensadores, como Heráclito de Éfeso (544 – 484 a. C.), relacionaban el origen de la materia con el fuego, en la escuela pitagórica la forma, el orden, la luz y el reposo estaban asociados al bien, y contrariamente el desorden; en cambio, el movimiento y la oscuridad se relacionaban con la maldad. Quien tuvo mayor influencia fue Aristóteles (384 - 322 a. C.), cuyas ideas influyeron durante siglos a los pensadores, quienes sólo pudieron generar conocimientos nuevos una vez que se animaron a cuestionar sus teorías.



El quinto elemento

Entre las suposiciones de Aristóteles había una que presumía la existencia de un quinto elemento, el éter, que llenaba el espacio en el universo. Esta sustancia translúcida, brillante e indetectable pareció constituirse en el medio en el que viajaba la luz, hasta que recién en el siglo XX se descartó definitivamente su existencia. La óptica, una de las más antiguas ramas de la ciencia, estudia la luz y su propagación, así como la visión, el mecanismo que permite al cerebro interpretar la información que percibe por los ojos. Empédocles (495 - 490 a.C a 435 - 430 a.C) suponía que los ojos emiten emanaciones que, al entrar en contacto con los objetos, nos permiten conocer su forma. En esta teoría, denominada “extramisión”, la luz del Sol juega un papel secundario, pues la que posibilita la visión es la “luz emanada por los ojos”. También Platón (427 - 347 a. C.) se sumó a esta teoría suponiendo que ambas luces, la de los ojos y la exterior (proveniente del Sol, el fuego, etc.), se combinan relacionando los objetos del alma y del mundo, haciendo posible la visión. Si bien se trata de concepciones muy antiguas, a lo largo del tiempo han permanecido de alguna manera en las distintas culturas, tal como puede percibirse aun hoy en expresiones populares como “sus ojos echaban fuego”, “lo fulminó con la mirada” o “¡qué faroles!”, por ejemplo. En la actualidad, en las ideas previas de muchos niños subyacen estas concepciones.



“La historia de las miradas”, del Subcomandante Marcos, leída por Eduardo Galeano.

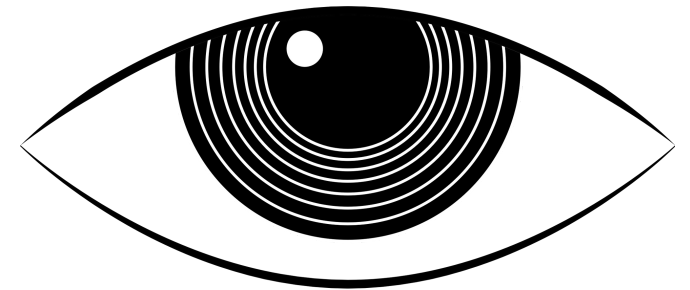


Realidad y leyenda del mal de ojo.

“El mal de ojo es un fenómeno cultural muy extendido que ha sido explicado básicamente en relación con la envidia. Según esta creencia, una persona con el mal de ojo puede causar mal a otras personas o cosas, y su influencia puede ser contrarrestada de distintas maneras.”

“Desde muy antiguo se han asociado algunas partes del cuerpo con poderes sobrenaturales, pero sin duda es la vista y el poder de los ojos lo que más ha atraído la imaginación humana y lo que ha dado origen a mayor número de supersticiones. Se dice que el ojo es el espejo del alma, y también la luz del cuerpo, de ahí que si el ojo es bueno, el resto del cuerpo está lleno de luz; pero cuando es malo, se queda en tinieblas.”

Susana Domínguez Pena: Profesora de Filología en la Universidad de Santiago de Compostela, Chile (2007).



*Link al texto completo de
"Realidad y leyenda del mal de ojo"*



CAPÍTULO 1: ¡QUÉ FENÓMENO, LA LUZ!



No todo es relativo

Einstein mostró que c es una velocidad muy particular, dado que es independiente de la forma en que haya sido generada la luz y del sistema de referencia desde donde se la observe: representa un límite máximo, absoluto. Eso quiere decir que nada puede moverse a mayor velocidad que c , lo que constituye por lo menos una hipótesis muy arrojada. Lo único que puede viajar a esa velocidad es la luz, y Einstein la consideró como formada por partículas portadoras de energía, llamadas fotones: ¡otra vez se vuelve al modelo corpuscular! Y es que hay algunos fenómenos, como el efecto fotoeléctrico (que describiremos más adelante), que sólo pueden ser explicados usando esa idea. Se trata de hechos en los que la interacción entre la materia y la luz debe ser considerada a nivel microscópico.

Sin embargo, la forma matemática de esta teoría acude a las ondas para describir la evolución de los fotones y su interacción con las partículas que componen la materia. De hecho, cuanto menor sea la escala a la que miramos la naturaleza, esta interpretación dual onda-partícula tienen consecuencias que -aunque contradicen nuestra intuición- coinciden con los resultados obtenidos experimentalmente. Así, según de qué fenómeno se trate, y a qué escala estemos observando, será más apropiado usar un modelo u otro. Corpúsculos, rayos, ondas, son elementos de los que nos valemos para seguir adelante en el desafío de entender el universo y sacar provecho de ese conocimiento. Sin embargo estamos muy lejos de entender qué es la luz.



El acomodador

Apenas había dejado la adolescencia me fui a vivir a una ciudad grande. Su centro - donde todo el mundo se movía apurado entre casas muy altas-...

[Link a el texto completo de “El acomodador”, cuento de Felisberto Hernández \(1947\)](#)



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



¡RAYOS!



Ilustración Florencia Della Védova

Una característica de la luz es que, en un gran abanico de circunstancias, cuando viaja lo hace siguiendo una trayectoria rectilínea. El concepto de rayo luminoso se fundamenta en la propagación en línea recta. Es una idea bastante intuitiva y aparece en el lenguaje cotidiano: hablamos por ejemplo de los rayos del sol o del láser. Cada rayo es entonces una representación de un haz de luz muy estrecho y se lo dibuja como una flecha, indicando el camino que sigue la luz.

Según este modelo, los objetos visibles emiten o reflejan rayos de luz en todas direcciones. Aquellos que inciden sobre nuestros ojos son los responsables de que los veamos. Este modelo resulta adecuado para la interpretación sencilla de aquellos fenómenos en los cuales la luz puede ser considerada como un conjunto de rayos que viaja por distintos medios, a distintas velocidades y que sufre cambios como reflexión, refracción, dispersión y atenuación. Este conjunto de efectos y fenómenos se agrupan bajo el nombre de óptica geométrica debido a que la geometría es la herramienta teórica que permite realizar la representación correspondiente.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Idas y vueltas de la luz: Reflexión

Podemos ver el destello de la luz del sol sobre la superficie de un charco de agua. Podemos ver las luces de los autos en el espejo retrovisor. Podemos ver nuestra propia imagen en el vidrio de los negocios, al mirar vidrieras. Todos estos son ejemplos de un fenómeno conocido como reflexión de la luz, que se produce siempre que la luz llega a una superficie que separa dos medios. Pero también podemos ver los objetos detrás de las vidrieras y el tapón de la bañera aún cuando está llena de agua. Cuando la luz llega al límite entre dos superficies, en principio ocurren dos cosas: una parte de la luz se refleja y otra parte se transmite. En esta Sección nos ocuparemos de la primera.

Al iluminar superficies bien pulidas, como los espejos, la mayor parte de la luz será reflejada en una sola dirección. Esta reflexión se llama especular o simplemente reflexión. En cambio, los objetos de superficie irregular -por ejemplo, una manzana reflejan la luz en todas las direcciones, y es por eso que los podemos ver desde distintos ángulos. Este fenómeno se llama reflexión difusa o difusión de la luz. Por eso mismo, seremos capaces de ver la trayectoria de la luz si en su recorrido existen partículas pequeñas que la difundan. Por ejemplo, no vemos a simple vista el haz proveniente de una linterna, pero si hay polvillo o tierra en suspensión, sí tendremos la oportunidad de apreciarlo.

1  EXPERIENCIA 01: Experiencia de reflexión con láser

Una característica de la luz es que en un gran abanico de circunstancias, cuando viaja lo hace siguiendo una trayectoria rectilínea y puede cambiar de medio, reflejarse, refractarse y absorberse. Para poner de manifiesto estos fenómenos sugerimos esta sencilla experiencia:

Se llena una pecera o recipiente transparente con agua y se ilumina con un puntero láser. ¿Puede verse la trayectoria? ¿Por qué?

Si ahora se disuelve una pizca de leche en polvo puede verse la trayectoria del láser en la solución ¿por qué? ¿qué camino sigue el haz de luz?

Introduciendo un espejo puede reflejarse la luz a distintos ángulos, los cuales pueden ser medidos con la fotocopia ampliada de un transportador.

También se pueden introducir en el agua otros materiales (acrílico, vidrio, lentes, madera...) y observar qué sucede con la luz ¿se refleja? ¿se absorbe? ¿se refracta?



Recomendaciones de seguridad
Actualmente un láser es muy accesible: los punteros que funcionan con diodos láser se consiguen a muy bajo precio. Ocaire que los láser empleados para fabricarlos son aquellos que resultan fuera de la norma de los controles de calidad de las fábricas, por tener potencias más bajas o más altas que las deseadas. Los fabricantes no informan sobre la potencia del láser de los punteros, pudiendo ser considerablemente altas, y por lo tanto puede resultar peligroso para el ojo. Bajo ninguna circunstancia hay que mirar directamente un haz láser, para los efectos recargados de la retina se vaporizan, y como se trata de ondas, no se regeneran y la visión de esa región de la retina queda "ciega".

 *Luz verde*. Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar: Experiencia de reflexión con láser



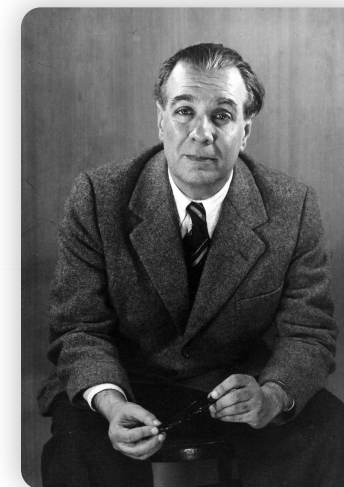
CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Espejito, espejito

¿Qué hay del otro lado del espejo? ¿Esa persona que me mira es igual a mí? ¿Dónde está? Como ya mencionamos, una superficie capaz de reflejar prácticamente toda la luz que llega funciona como lo que llamamos espejo. Los hay planos o curvos: esféricos, parabólicos, cilíndricos, entre otros. A su vez los curvos pueden ser cóncavos o convexos, según qué cara esté pulida.

Los espejos planos forman la imagen del otro lado, y por eso la llamamos virtual. Además, mantienen la simetría de aquello que reflejan, aunque lo invierten de derecha a izquierda. La imagen no aparece invertida, tiene las mismas dimensiones y forma que el objeto. Pero con los espejos curvos se pueden formar imágenes con características muy diferentes al objeto que se pone enfrente. Según la curvatura y la distancia a la que se encuentra, el espejo puede formar imágenes invertidas, de mayor o menor tamaño y hasta deformadas. Sólo basta mirarse en ambos lados y a diferentes distancias de una cuchara sopera para observar la diversidad. También, aunque es más difícil, con espejos curvos se pueden lograr imágenes reales, es decir, que están del mismo lado que aquello que se está reflejando.



**Jorge Luis Borges. Al
Espejo**

Una composición audiovisual para
disfrutar de poemas emblemáticos



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Espejito, espejito

2 EXPERIENCIA 02: **Experiencia periscopio**

Un periscopio es un dispositivo óptico que se basa en la reflexión de la luz, diseñado especialmente para realizar observaciones desde una posición oculta o dificultosa. Es un instrumento usado por los submarinos para observar la superficie del mar cuando se encuentran totalmente sumergidos. Puede emplearse también para ver desde de una obstrucción por encima de una barrera. Por ejemplo, fueron usados por los soldados durante la Primera Guerra Mundial para hacer observaciones desde las trincheras. La configuración más simple consiste en un tubo con espejos planos en los extremos, ubicados paralelos y en un ángulo de 45° respecto a la línea que los une. También pueden incorporarse lentes.

Una versión interesante es la denominada panoramiscopio, que permitió la observación de 360° simultáneamente, sin girar el instrumento. Fue diseñado por el ingeniero, científico e inventor uruguayo Toboías Riccardoni, primer director del Instituto de Física de la Universidad Nacional de La Plata, en 1905. Este invento estaría relacionado con su diseño de un submarino y sería por este invento que la Academia de Ciencias de París le dio una mención honorífica (La Nación 1923).

Periscopio migrado en la obra de Riccardoni, construido por Andrea Roldán, Leandro Rich y Gustavo Duró, alumnos del Colegio Nacional de La Plata, en el año 2002. Fotografía de Diana Gilio.

Construcción de un periscopio

Te proponemos construir un periscopio utilizando dos espejos que reflejan la imagen entre sí. La luz procedente de los objetos que se observan llega al espejo superior y es reflejada con un ángulo tal que va en la dirección del espejo inferior. La luz reflejada ahora sale del tubo del periscopio, permitiéndonos observar la imagen que se encuentra, por ejemplo, doblando la esquina o por encima del observado.

Materiales

- Un cartón de 60x45 cm
- Dos espejos planos de 12x10 cm
- Tijera
- Lápiz
- Cinta adhesiva
- Un transportador

Armado

1. Poner el cartón sobre la mesa y doblarlo a lo largo cada 10 cm, para poder formar una caja alzada. Señalar una pestaña de 5 cm que se utilizará para cerrar el tubo.
2. Hacer dos ranuras inclinadas en dos lados opuestos del tubo, ambas con inclinación de 45°.
3. Recortar una ventana a la altura de las ranuras.
4. Colocar pegamento a lo largo de la pestaña de 5 cm y presionar fuertemente para que quede bien pegada.
5. Insertar los espejos en las ranuras caladas, colocándolos uno con la parte brillante mirando hacia arriba y el otro hacia abajo. Sujetar fuertemente con cinta adhesiva los espejos a los costados del tubo.

Luz verde, Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia:
Periscopio

3 EXPERIENCIA 03: **Construcción de un caleidoscopio**

El caleidoscopio es un instrumento "para observar formas bellas" según el significado de las palabras griegas que conforman el término (kalós: bello, éidos: imagen y scopéo: observar).

Materiales

- 3 espejos de 29 cm de largo x 6,5 de ancho.
- Cartón de las mismas dimensiones de los espejos y además un triángulo de 7x7cm.
- Pegamento para vidrio.
- Cinta de papel gruesa.
- Acetato transparente (o algún papel transparente tipo celofán de 7cm x 7cm).
- Objetos pequeños y coloridos como mostacillas, lentejuelas, botones, etc.
- Un lápiz y unos pedacitos de cartón.
- Papel decorado para forrarlo.

Armado

1. Con los 3 espejos formar un prisma, uniéndolos con algún pegamento para vidrio. Los espejos deben mirarse entre sí.
2. Para reforzar mejor este objeto recurrimos a la cinta de papel gruesa, envolviendo varias veces de ser necesario. Cubrir también las puntas filosas de los espejos con la misma cinta.
3. Cortar un cartón grueso del mismo ancho y largo de cada espejo y pegarlo con cinta para que el prisma resulte más rígido.
4. Ubicar una base el prisma triangular sobre un acetato transparente y con un lápiz dibujar el contorno. Pegar el acetato con pegamento y cortar las puntas sobrantes de modo de generar una tapita.
5. Sobre esta tapita pegar pedacitos de cartón, creando divisiones.
6. Colocar las mostacillas y otros objetos en las divisiones.
7. Cortar otro triángulo de acetato y pegar encima formando un sobre, de modo que las mostacillas queden en las divisiones y no se caigan.
8. Tapar la base restante con cartón, practicando un orificio por donde se observará.
9. Forrarlo con papel decorativo (o pintarlo).
10. Usar la base perforada del caleidoscopio cerca de un ojo y girarlo para construir imágenes.

Luz verde, Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia:
Construcción de un
caleidoscopio

¿Por qué persistes,
incesante espejo?
¿Por qué duplicas,
misterioso hermano,
el menor movimiento de
mi mano?

Al espejo. Fragmento del poema
de Jorge Luis Borges (1974)



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Luz que se transmite: Refracción

Algunas culturas, como por ejemplo los onas y tehuelches del sur de Argentina, tenían a la pesca con lanza como uno de sus medios de vida. La pesca con lanza se realiza en aguas cristalinas: el pescador con los pies sumergidos en el agua espera hasta identificar a su presa, y luego arroja la lanza traspasando al pez. Este sencillo procedimiento tiene una dificultad especial relacionada con la luz: el lugar donde vemos el pez no es en realidad el lugar donde está.

¿Qué ocurre? La luz que refleja el pez viaja por el agua y al llegar a la superficie pasa al aire, por donde viaja hasta llegar a nuestros ojos. Pero en el pasaje de un medio al otro, la luz cambia de dirección y por eso la percibimos como proveniente de otro lugar: para nuestro cerebro el pez está un poco más lejos del sitio que ocupa en realidad.

Don Pedro ha quedado atónito también. Le parece que esa visión es trampa de la temperatura y de la sed que le quema la garganta. ¿No será un espejismo como los que acosan a las caravanas en los arenales? Jamás ha visto mujer tan bella.”

El lobizón. Fragmento de un cuento de Manuel Mujica Láinez (1976).



Luz que se transmite: Refracción

Es el mismo fenómeno que hace que un lápiz “se quiebre” cuando lo sumergimos en un vaso con agua. Cuando la luz se transmite a través de la superficie de separación de dos medios materiales transparentes se lo denomina refracción. Cuando esto sucede, el rayo refractado tiene una dirección diferente al rayo incidente debido a que la luz tiene velocidades diferentes según los medios materiales que atraviesa. Con medio material nos referimos a aire, gases, tierra, metales, madera, agua y otros líquidos... y todo aquello que esté formado por átomos y moléculas. La velocidad con que la luz viaja en el vacío es $c = 299.792.458$ metros/segundo, pero en cualquier otro medio es menor.

Cada material puede ser caracterizado por lo que llamamos índice de refracción, que se define como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la que tiene en el material: $n = c/v$. Como ya mencionamos, la reflexión y la refracción son fenómenos que en general encontramos juntos, porque la luz al llegar a una superficie que separa dos materiales se refleja y se refracta. Pero en algunas condiciones, los medios transparentes reflejan totalmente la luz como si fueran espejos, sin que ocurra también la refracción. Si tomamos un vaso translúcido con agua y lo observamos desde abajo y en cierto ángulo, es posible notar que la superficie interior de agua refleja especularmente las imágenes. Este fenómeno se llama reflexión interna total y se puede dar cuando la luz se encuentra con una superficie de otro material de índice de refracción mayor, por ejemplo, desde el agua del vaso al aire. Es lo que ocurre dentro de las fibras ópticas, que transmiten información mediante la propagación de luz con una mínima pérdida de energía.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



EL LOBISÓN

Manuel Mújica Lainez

1633

Por el camino de la costa, viene la cabalgata. Pica sol. Pican también los terciopelos fatigados. La polvareda hace toser a los viajeros. El calor cruel del mediodía los tábanos voraces, la reverberación de la planicie, vegetación calcinada, prolongan la tortura. No ha llovido en dos meses. A la izquierda, el río del cual le separa la altura de la barranca, parece de estaño. Se dije que vibra, con sorda crepitación de lava. Los caballeros han encontrado pobre socorro en su líquido fangoso, tibo, impuro. Callan todos. Don Pedro Esteban Dávila gobernador del Río de la Plata, se desabrocha el jubón en el que la cruz de la orden de Santiago añade su llama roja a la hoguera del estío.

Todavía faltan cinco leguas, cinco mortales leguas, para alcanzar el alivio de tapias y aleros en la ciudad. Ha andado desde la madrugada por el lado del río de Luján, donde cuentan que hay cuaterros. En Buenos Aires se susurra que el viaje obedeció, en verdad, a contrabando del propio gobernador, avarado mercader. ¡Tantas cosas se dicen de Don Pedro, que si las consignáramos tendríamos para rellenar varios memoriales! Que si tiene cinco mujeres, que si introduce esclavos sin permiso, que si las matemáticas de su administración han revolucionado las cuatro operaciones... A Don Pedro no le hacen mella los escándalos. ¿Acaso no es hermano del Marqués de las Navas y pariente de los Alba de la casa duca? ¿Acaso no ha luchado treinta años por el Rey, en Italia, en Flandes?

Ahora, mientras el sudor le empapa el cuello rígido, sus pensamientos vuelan hacia esas comarcas de frescura. Negros cipreses, fontanas con estatuas mitológicas, se levantan en la carretera, en vez de los espinillos inflamados. ¡Y aquellos mesones, en los caminos de Holanda, aquellos jarros de cerveza helada que se bebían de un golpe! ¡Y las hembras, las mozas de Nápoles, de Sicilia, de Amberes! Sobre todo las italianas... Le enloquece la tez levantina, dorada por el Mediterráneo. Se pasa la lengua por los labios secos. Prefiere no pensar en su hermano, el Marqués, porque entonces solo se le antoja más negro y más rojo. Estará muy repantiguado, con sus pantuflos, en el palacio de Castilla. Le traerán el vino en cristales de Venecia. De nuevo la lengua moja los labios partidos. ¡Mala suerte, la de los segundones! Para eso dio treinta años de su vida a un soberano indiferente... Pero no... Esta vez se terminarán las penurias. Regresará de Buenos Aires con las arcas henchidas y ya verán quién es Don Pedro Esteban Dávila, el indiano.

En el séquito de tormentos toca el turno a los mosquitos. Una nube persigue a la tropa abrasada. Los soldados se dan palmadas feroces. El sol... el sol... Cruje el verano.

Ya van entrando en la zona de los Montes Grandes. A la vera del camino, avistase una choza de barro y paja. Más allá, los talas grises, así neblinosos, antecorran la línea fluvial con su ramaje de espumas. Durazneros, algunos sauces, cuecen en la barranca. Hay una pequeña huerta junto a la habitación.

Page

1

9



"El lobizón", cuento de Manuel Mújica Láinez (1976)

5 EXPERIENCIA 05:



Experiencias de refracción

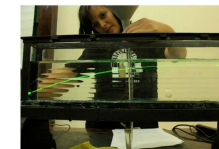
Cuando sumergimos un lápiz en un vaso con agua, si lo miramos desde arriba parece que estuviera quebrado. Este efecto en su imagen se produce por el cambio de dirección de la luz que se refracta al pasar del agua al aire. Es decir, el cambio de un medio -agua- al otro -aire- puede hacer que la luz se desvíe. Para comprenderlo, te proponemos la siguiente experiencia con agua y glicerina.

Refracción con agua y glicerina

Mediante esta experiencia se puede observar cómo se curva la luz al cambiar de medio. En un recipiente colocaremos 10 capas de soluciones de agua y glicerina con distintas densidades. Cuando lo iluminemos con un láser podremos observar cómo se desvía la luz en cada capa formando una curva.

Materiales

- 1 recipiente translúcido de vidrio o acrílico, tipo pecera, con no menos de 3 litros de capacidad.
- 1 litro de glicerina.
- 1 puntero láser.
- 1 litro de agua.
- 1 embudo y un jarrito medidor; trincheta.
- segmento de manguera o tubo flexible de 50 cm de largo aproximadamente y diámetro suficiente para poner el embudo.
- 10 recipientes para preparar las soluciones de glicerina y agua de capacidad de 250 ml.



Luz verde Miradas y enfoques sobre la luz

© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar: Experiencias de refracción



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Lentes


Se llama así a todo medio transparente (por lo general, vidrio) limitado por dos caras, de las cuales al menos una es curva. Su forma puede recordar una lenteja, y de esta similitud, precisamente, proviene su nombre, originariamente en latín.

6 EXPERIENCIA 06: **Construcción de una lupa de agua**

El agua nos puede servir para ver "con aumento". La manera más sencilla de comprobarlo es cubriendo una hoja de diario con un folio transparente de nylon y colocando algunas gotas de agua. Las gotas funcionan como lentes y las letras se ven "agrandadas". También puede usarse el agua para construir una lupa, simplemente llenando una botellita transparente con agua, tapándola bien y usándola en posición horizontal para ver a través de ella objetos pequeños. En esta experiencia proponemos un modelo simple de lupa, usando agua para fabricar una lente. Con ella pueden mirarse objetos pequeños, insectos, etc.

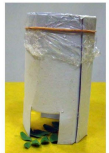
Materiales

- Un tubo de cartón de aprox. 11 cm de diámetro.
- Trincheta.
- Nylon transparente.
- Dos banditas elásticas.



Armado

1. Recortar tres ventanas en el tubo.
2. Colocar el nylon en la parte superior del tubo, sujetándolo con las banditas de goma, cuidando que no quede completamente tenso.
3. Verter agua sobre el nylon. Se formará así una lente.
4. Ubicar algún objeto a observar en la base del tubo.
• iluminar desde arriba el agua con una luz



Luz verde Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar experiencia:
Construcción de un lupa
de agua

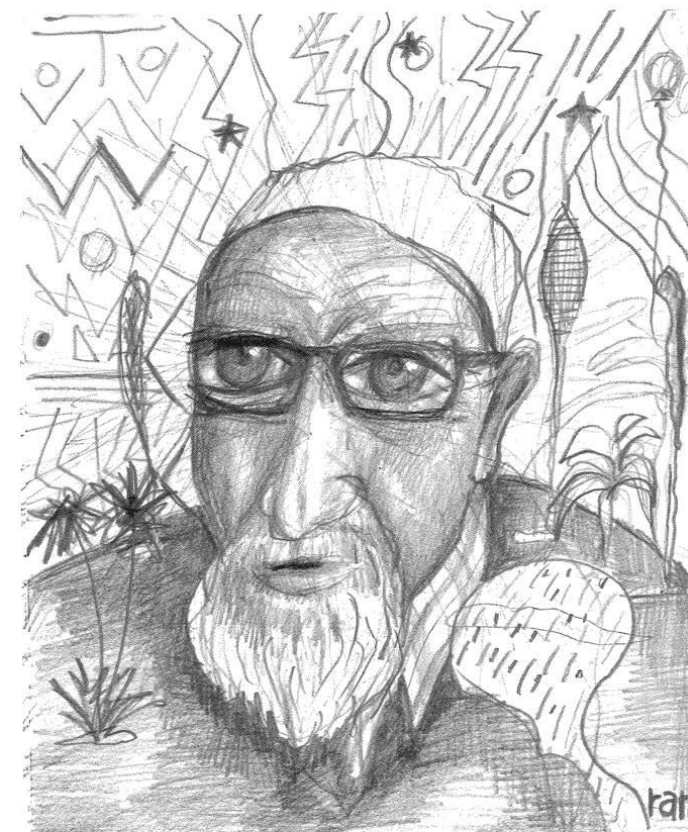


Ilustración Ramiro Rangil



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA

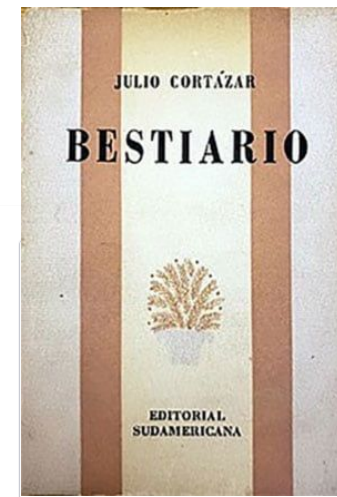


Positivas y negativas

Para la óptica, las lentes se clasifican en convergentes y divergentes según la forma de su curvatura. Cuando más curvas sean sus caras, mayor será la deformación de las imágenes que generan de los objetos que miremos a través de ellas. Una lente es convergente si en el centro es más gruesa que en los bordes, y su efecto es aumentar el tamaño de la imagen. Las lentes convergentes se usan por ejemplo en lupas, microscopios, anteojos para hipermetropes, etc. Se las llama también positivas, y se clasifican según su distancia focal, es decir, la distancia desde el centro de la lente al punto a donde convergen los rayos que llegan desde muy lejos. En algunos casos, invierten la imagen (la ponen “patas arriba”).

Una lupa es una lente convergente que genera una imagen aumentada de los objetos cuando se los mira a través. En el imaginario popular, son los elementos característicos de detectives y biólogos.

La lente divergente en cambio es más gruesa en los bordes que en el centro, y tiende a disminuir el tamaño de la imagen. Se las llama lentes negativas, y también se clasifican según su distancia focal. En este caso también la distancia al foco depende de la calidad del vidrio y de la curvatura de la lente. Se usan entre otras cosas para corregir la miopía.



Bestiario, Julio Cortázar (1914-1984)

Entre la última cucharada de arroz con leche -poca canela, una lástima- y los besos antes de subir a acostarse, llamó la campanilla en la pieza del...



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Defectos refractivos en Argentina

Según estimaciones del año 2009 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 314 millones de personas presentan discapacidad visual en el mundo, debido a enfermedades oculares o a errores de refracción no corregidos. En América Latina y el Caribe, alrededor de dos tercios de la discapacidad visual tiene su origen en afecciones tratables, de los cuales los defectos de refracción representan una parte importante.

La OMS y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) estiman que en latinoamérica el 13% de la población en edad escolar tiene errores refractivos, que cuando no son corregidos pueden causar disminución de la agudeza visual, y constituyen la causa más común de deficiencias visuales. En el Informe de Salud Visual y Ocular elaborado por la Red Epidemiológica Iberoamericana para la Salud Visual y Ocular (REISVO) (Bruit, 2015) entre 2009 y 2010, podemos encontrar información de Argentina, obtenida de ciudadanos atendidos por el Programa de extensión “Salud Visual para Todos”, en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP).



Ilustración Mariela Theiller



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Defectos refractivos en Argentina

Así, respecto de la presencia de defectos refractivos, encontramos que el más frecuente es el astigmatismo (alrededor del 60%), luego la hipermetropía (alrededor del 18%) y en último lugar la miopía (entre el 2 y 3 %). La presbicia, que es un defecto relacionado con la pérdida de

flexibilidad del cristalino debida a la edad y que dificulta la visión nítida de objetos cercanos, se presentó en el 40% de los atendidos.

Aunque la salud visual es un tema presente en la agenda sanitaria en algunos países, actualmente no se cuenta con un sistema de información que permita identificar la situación en Iberoamérica para poder planificar los servicios de atención en optometría y oftalmología. Curiosamente, la distribución de los defectos refractivos en el mundo presenta diferencias. Por ejemplo, en China la miopía nuclea el 20% de los defectos refractivos. Diversos estudios mostraron que las características étnicas tienen mucha influencia en el tipo de error refractivo que padece la población. Por lo tanto, es necesario realizar estudios epidemiológicos a nivel local para poder diseñar adecuadamente las políticas en salud visual.

En nuestro país, en 2006 se implementó un Plan Nacional de Salud Ocular y Prevención de la Ceguera, orientado a la prevención de problemas oculares y a garantizar un mejor acceso de los argentinos a la atención oftalmológica.



Cielo de claraboyas

La reja del ascensor tenía flores con cáliz dorado y follajes rizados de fierro negro, donde se enganchan los ojos cuando uno está triste viendo...

Ciudadseva

Silvina Ocampo (2006)





CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Positivas y negativas

Por 1660, Isaac Newton, conocido sobre todo por su trabajo sobre la atracción gravitatoria, concebía la Tierra como una suma de partículas diminutas. Esta idea no era nueva sino que se debía a los filósofos griegos Demócrito y Platón, quienes proponían una descripción del universo formada a partir de distintas partículas materiales, pequeñas e indivisibles, llamadas átomos. En el caso de la luz, Platón imaginaba que las partículas al viajar a diferentes velocidades formaban los colores. Como la representación de una Tierra conformada por un conglomerado de partículas funcionaba bien para describir la gravedad, Newton retomó la suposición sobre la luz imaginando que estaba también formada por pequeños corpúsculos que eran proyectados a altísimas velocidades por los objetos luminosos, y que el ojo percibía cuando impactaban sobre él. Más aún, atribuía la percepción de los distintos colores como el impacto de partículas con diferentes tamaños. Con estas suposiciones podía explicar fenómenos como la reflexión y la refracción. Si bien el modelo corpuscular se abandonó posteriormente (aunque se enseñó óptica con este modelo en Cambridge hasta 1845), a comienzos del siglo XX se volvió a recurrir a él -considerando ahora partículas llamadas fotones- para explicar el efecto fotoeléctrico, entre otros fenómenos. Actualmente, se acepta que la luz tiene una naturaleza dual: a veces se describe mejor pensándola como si estuviera formada por partículas y otras, como si fuera una onda.



Ilustración de Agustín Grenno



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



El merengue del fotón

Contribución de Damián Gulich

Como hemos visto más arriba, la historia del estudio de la luz tiene muchas idas y vueltas hasta llegar a la visión moderna: de las partículas materiales clásicas de Newton a las ondas de Young y Maxwell y de vuelta a “partículas” (pero ahora en el sentido cuántico) con Planck, Compton y Einstein.

La cuantificación de la radiación electromagnética viene de un artículo de Einstein de 1905. Allí se aprovecha la idea de cuantificar la luz y aún se discute sobre el tema. Cada especialización en ciencias entiende algo distinto por el mismo nombre: fotón. Sin embargo, Einstein no se refirió a ello con ese nombre, sino como cuanto de luz (Lichtquant, en alemán).

El término fotón fue introducido en 1926 en una carta a la revista inglesa Nature por Gilbert N. Lewis, teniendo en mente el proceso de interacción de la radiación con la materia. Aquí el contexto es químico, y se lo entiende como energía que está en un átomo y que después sólo existe por un corto tiempo. El trabajo de Lewis “La conservación de los fotones” hacía hincapié en aspectos que ciertamente no eran los cumplidos por los cuantos de luz de Einstein. Sin embargo, y para el descontento de Lewis, el nombre prendió indiscriminadamente para todo lo que implique luz.

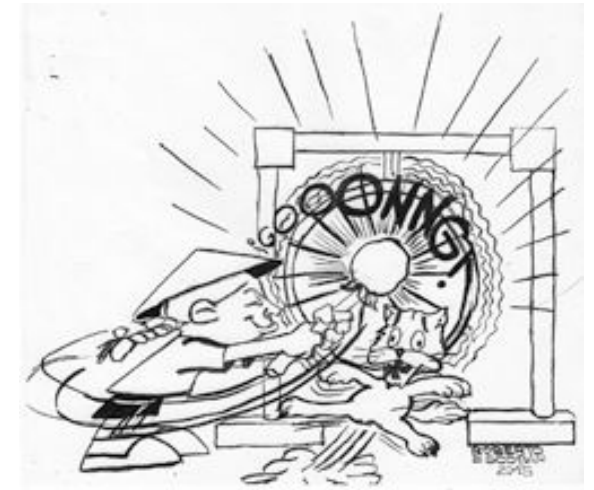
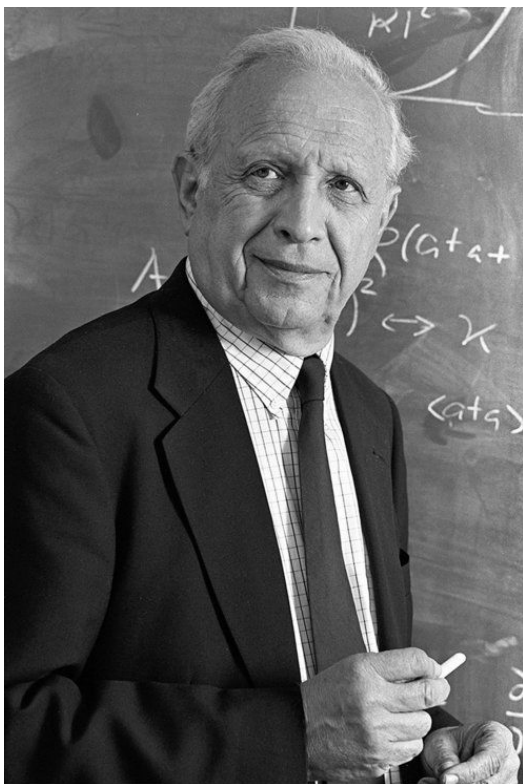


Ilustración Roberto Escobar



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA

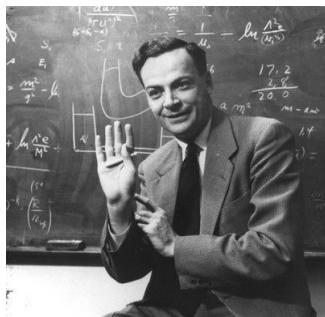


Roy J. Glauber fue Premio Nobel de 2005 “por su contribución a la teoría cuántica de la coherencia óptica”, trabajo que publicó en 1963 y en el que integró la óptica a la teoría cuántica.

Él explicó así las diferencias fundamentales entre fuentes de luz térmicas (bombillas incandescentes, por ejemplo) y las coherentes (láser). El precio que hay que pagar es que la solución de cada problema es totalmente diferente y, en general, es bastante compleja hasta para un caso de luz que se refleja y refracta en una superficie. Aún más: el tratamiento debe tener muy en cuenta qué tanto del universo se considera en el problema; cuál es el tratamiento formal más adecuado; cómo se modelan las fuentes de luz y cómo ellas manejan el sistema; y cómo los detectores de luz se acoplan al mismo. El tema de los detectores no es para nada trivial, pues el cuanto de luz es medido en el cambio de comportamiento del sistema detector, es decir, al interactuar con la materia.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Richard Feynman (1918-1988) fue un reconocido físico estadounidense. Ganó el Premio Nobel de Física en 1965 por su trabajo sobre electrodinámica cuántica. En su juventud trabajó en el proyecto Manhattan sobre la bomba atómica. Cuenta una anécdota relevante respecto de la existencia misma del fotón. Su padre era vendedor de uniformes militares y se las arreglaba para estar informado sobre ciencias.

“Una vez, cuando volví del MIT (había estado allí algunos años) [mi padre] me dijo: “estás bastante educado en estos asuntos; tengo una pregunta que siempre tuve y que nunca entendí muy bien, y que me gustaría hacerte ahora que has estudiado estas cosas”. Le pregunté de qué se trataba y me dijo que entendía que cuando un átomo hace una transición de un estado a otro [más bajo] emite una partícula de luz llamada fotón. “Eso es correcto” le dije. Luego él dijo “bueno, ¿el fotón está en el átomo antes del momento de salir? ¿o no hay ningún fotón para empezar?”. Mi respuesta fue que no hay ningún fotón al empezar la transición. [Él preguntó] “¿y de dónde viene? ¿cómo sale?”. Y le dije (¡por supuesto que no podía contestarle!) que la interpretación es que el número de los fotones no se conservaba y que se creaban por el movimiento de los electrones. No podía tratar de explicárselo; el sonido que estoy haciendo en este momento no estaba en mí, como cuando mi hijo era chico y estaba hablando; de repente dijo, ya no podía decir cierta palabra (la palabra era “gato”) porque su bolsa de las palabras ya no tenía más de la palabra “gato” adentro. No hay bolsa de palabras que uno tenga adentro y que uno vaya gastando a medida que las va sacando; uno las va haciendo mientras las usa. En el mismo sentido, no había una “bolsa de fotones” en el átomo, y cuando los fotones salían no lo hacían de algún lado; pero no lo podía explicar mejor que eso. Él [mi padre] no estuvo satisfecho conmigo en ese tema, y nunca pude explicarle muchas de las cosas que él no entendía [risas]. ¡Sin éxito él me había enviado a todas estas universidades para poder averiguar todas estas cosas que nunca pudo averiguar!” Horizon – BBC (1981).



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



¿QUÉ ONDA?

Muchos de los fenómenos relacionados con la luz pueden entenderse si se la considera una onda. La luz cumple con algunas de las características más simples del movimiento ondulatorio: se propaga a una velocidad particular (distinta en el espacio vacío que en un vidrio), se refleja al encontrar obstáculos (por ejemplo, los espejos), y su intensidad se puede sumar (prendiendo dos lámparas). Hay otras propiedades que no son tan evidentes: ¿puede la luz rodear objetos como las olas en una laguna pueden rodear un poste? ¿puede la luz sumarse para dar oscuridad? ¿cómo explicamos los distintos colores?

Con el modelo ondulatorio podemos construir una explicación apropiada para el caso del fenómeno de interferencia, en que se superponen las ondas originadas por dos fuentes emisoras iguales. En el caso de la luz, las ondas provenientes de dos fuentes pueden dar como resultado una sucesión de imágenes de luz y sombra alternadas. El otro fenómeno que necesita de las ondas para ser entendido es la difracción: puede verse en el caso de la luz como una sombra difusa que se produce en el borde de una ranura iluminada.

Un tercer fenómeno es la polarización, que ocurre sólo en ondas transversales, y que tiene manifestaciones tanto en la naturaleza como en la tecnología.

Para describir la luz y su comportamiento con el modelo ondulatorio es necesario explicitar con cierto detalle qué entendemos por onda. Vamos a llamar onda a una perturbación que se propaga por sí misma en el espacio a medida que transcurre el tiempo, alejándose de la fuente que la emitió con una cierta velocidad, y transportando energía pero no materia.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



¿QUÉ ONDA?

Muchos de los fenómenos relacionados con la luz pueden entenderse si se la considera una onda. La luz cumple con algunas de las características más simples del movimiento ondulatorio: se propaga a una velocidad particular (distinta en el espacio vacío que en un vidrio), se refleja al encontrar obstáculos (por ejemplo, los espejos), y su intensidad se puede sumar (prendiendo dos lámparas). Hay otras propiedades que no son tan evidentes: ¿puede la luz rodear objetos como las olas en una laguna pueden rodear un poste? ¿puede la luz sumarse para dar oscuridad? ¿cómo explicamos los distintos colores?

Con el modelo ondulatorio podemos construir una explicación apropiada para el caso del fenómeno de interferencia, en que se superponen las ondas originadas por dos fuentes emisoras iguales. En el caso de la luz, las ondas provenientes de dos fuentes pueden dar como resultado una sucesión de imágenes de luz y sombra alternadas. El otro fenómeno que necesita de las ondas para ser entendido es la difracción: puede verse en el caso de la luz como una sombra difusa que se produce en el borde de una ranura iluminada.

Un tercer fenómeno es la polarización, que ocurre sólo en ondas transversales, y que tiene manifestaciones tanto en la naturaleza como en la tecnología.

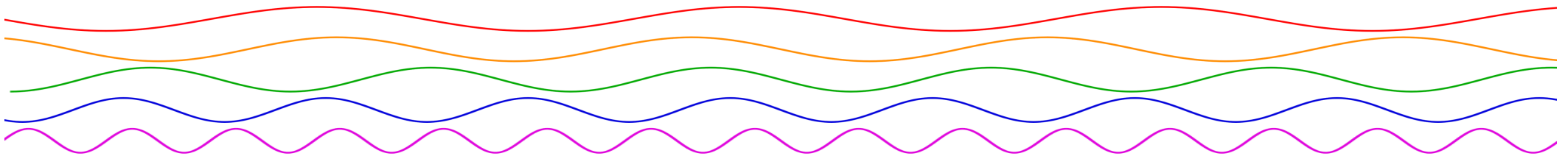
Para describir la luz y su comportamiento con el modelo ondulatorio es necesario explicitar con cierto detalle qué entendemos por onda. Vamos a llamar onda a una perturbación que se propaga por sí misma en el espacio a medida que transcurre el tiempo, alejándose de la fuente que la emitió con una cierta velocidad, y transportando energía pero no materia.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Para que sea posible la existencia de ondas, en general, es necesario que ocurra una perturbación que la genere: una chispa, un golpe en una campana, un terremoto. En muchos casos -aunque no siempre, como veremos- es preciso también un medio que propague la perturbación: el agua, un resorte, el parche de un tambor, una cuerda. Pero volviendo al ejemplo del agua: las olas que se forman en un charco, cuando movemos rítmicamente un pie, no son todas iguales. Podemos hacer que las olas se sucedan unas a otras rápidamente. O podemos dejar pasar más tiempo entre una y la siguiente. Y, si hacemos olas tirando una piedra, dependiendo de la piedra que tiremos, algunas olas serán más bajitas que las otras. Para hablar con precisión y poder distinguir unas olas de otras, necesitamos especificar dos magnitudes. Una de ellas, se refiere a la distancia entre la parte más alta de una ola y la siguiente, y se la llama “longitud de la onda”, que además está relacionada con la “frecuencia”, que es la cantidad de olas que pasan por segundo por un determinado lugar. La longitud de onda -y su asociada frecuencia- son propias de cada onda. Otra magnitud que necesitamos para caracterizar las ondas es la “altura de la ola”, que llamamos amplitud o intensidad. Así, la amplitud de la onda acompañada por la longitud de la onda (o la frecuencia) son dos propiedades que todas las ondas tienen y que nos dan toda la información que necesitamos para poder distinguirlas y representarlas, por ejemplo, con un dibujo.



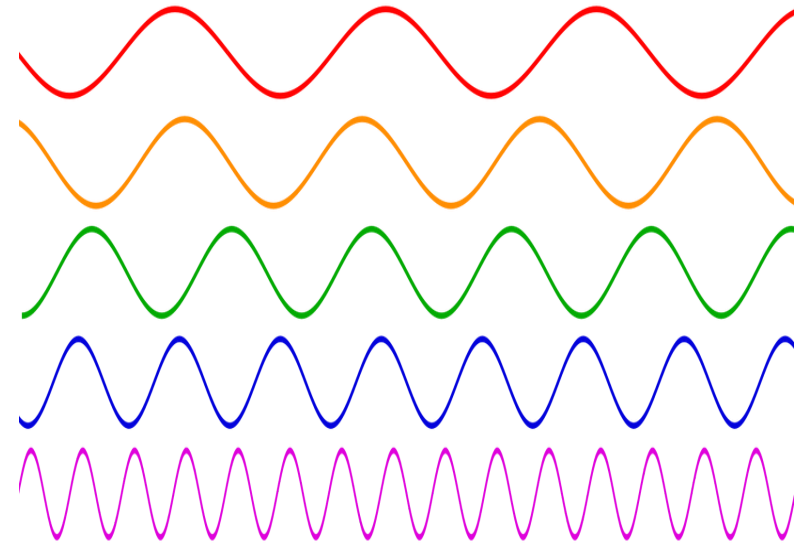


CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Existen muchos ejemplos de ondas: de sonido, en un resorte, de radio, microondas, etc. Una manera de clasificarlas se basa en las condiciones en que se propagan: si necesitan la presencia de un medio material para generarse y propagarse se las llama ondas mecánicas, mientras que si esto no es necesario, se las llama ondas electromagnéticas.

Las ondas de sonido, las sísmicas, y las olas en el agua, son algunos ejemplos de ondas mecánicas. Las ondas electromagnéticas, como la luz, las ondas de radio, la radiación ultravioleta, X y gamma, pueden propagarse por algunos medios materiales (por ejemplo la luz viajando por el vidrio o el agua) pero pueden hacerlo también en el espacio vacío: por ejemplo la luz de las estrellas llega hasta nosotros a través del espacio interestelar -vacío- y luego viaja por la atmósfera terrestre hasta la superficie de nuestro planeta.



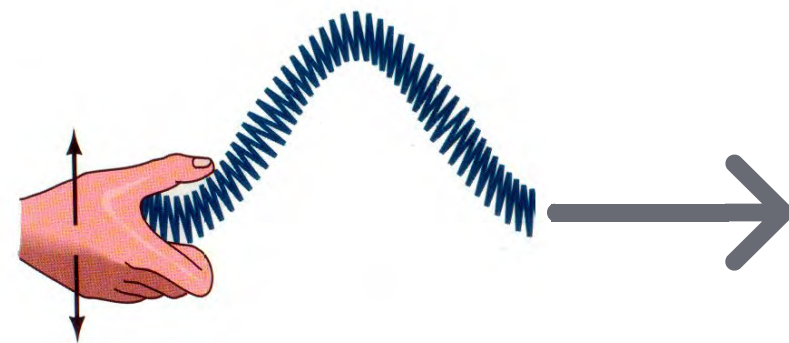


CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Ondas en un resorte

Para presentar algunas de las propiedades más importantes de las ondas podemos pensar concretamente en una onda que se forma al perturbar un resorte largo. Así, con el resorte estirado sobre una superficie (mesa, piso), podemos tomar un extremo y moverlo una vez hacia la derecha e izquierda rápidamente para generar un pulso y observar su propagación. Si las dimensiones del resorte lo permiten, es posible estimar la magnitud de la velocidad media a la que viaja el pulso (como la distancia entre los puntos de sujeción del resorte dividido el tiempo que tarda el pulso en llegar de uno al otro), notando que es finita. La dirección de la propagación será la que marca el resorte estirado. Si cambiamos la tensión, estirando o aflojando más el resorte, percibiremos un cambio en la magnitud de la velocidad. Si el resorte es suficientemente largo podremos también observar la atenuación en la amplitud de la onda -o pulso- a medida que se propaga. Para visualizar el concepto de amplitud de la onda, podemos generar ondas y estimar la distancia entre un valle y un pico (o cresta).





CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



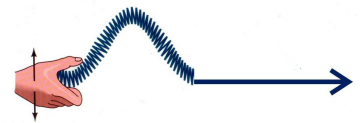
Si repetimos la observación pero con una perturbación mayor, por ejemplo, moviéndolo el doble de distancia hacia la derecha e izquierda, veremos que la amplitud cambia.

Es decir, la diferencia entre los picos y los valles está entonces relacionada a la intensidad de la perturbación. Si el resorte es suficientemente largo veremos la atenuación en la amplitud de la onda a medida que se propaga. Al igual que antes, con el resorte tensado sobre una superficie (mesa, piso), si aumentamos el ritmo de la perturbación veremos que cambia la distancia entre pico y pico en el resorte, es decir, la frecuencia de la onda (o su longitud de onda). Algunas otras sugerencias para ensayar con resortes pueden encontrarse en el material digital.

7 EXPERIENCIA 07: Experiencias de ondas con resorte

Utilizando un resorte para anillados podemos generar pulsos y ondas para comprender las principales propiedades del movimiento ondulatorio.


Primero apoyamos el resorte sobre una mesa o sobre el suelo y lo estiramos, lo sostenemos de los dos extremos y movemos uno de ellos rápidamente de un lado al otro. Generamos así un pulso de onda que viaja hacia el otro extremo y vuelve.



Podemos preguntarnos ¿qué viaja? ¿hay un trozo de resorte que va de un extremo a otro? Concentramos nuestra mirada en una de la vueltas o espiras del resorte (podemos ayudarnos colocando un clip en ella) y la observamos mientras generamos el pulso. La espira se mueve de izquierda a derecha mientras que la onda viaja de un extremo a otro. A este tipo de ondas se las conoce como ondas transversales.

En el siguiente video se muestran ondas transversales con un instrumento del Museo de Física: <https://youtu.be/8FAMqBKKOPQ>

Aprovechando esta experiencia podemos señalar una de las propiedades fundamentales de las ondas: en ellas no hay transporte de materia. Sólo la energía viaja por las ondas: la información de cada espira que se mueve y hace que se mueva la siguiente. Lo mismo pasa cuando en un estadio los espectadores hacen una "ola" para alentar a su equipo.

Luz verde, Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar: *Experiencia de ondas con resorte.*



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Ondas electromagnéticas

En el caso de la luz, para su descripción no usamos las ondas mecánicas, como las olas o el sonido, aunque como vimos comparte con ellas algunas propiedades. Se usa, en cambio, otro tipo de ondas que tiene un origen muy diferente: ondas electromagnéticas. Para entender el porqué, debemos recurrir a la historia. Después de estudiar la electricidad y el magnetismo, los físicos de mediados de 1800 descubrieron que ambos temas estaban muy relacionados. Es más, mostraron que podían considerarse como dos aspectos del mismo fenómeno, y llamaron “electromagnetismo” a la teoría que lo describe. El que hizo un aporte notable fue el inglés James Clark Maxwell, quien resumió en ecuaciones matemáticas lo aprendido hasta el momento. A partir de ellas, conjeturó que los fenómenos electromagnéticos generaban ondas que se movían con la misma velocidad que la luz. Y varios años más tarde verificaron experimentalmente que, en efecto, la luz era producida por cargas eléctricas aceleradas y que, por lo tanto, podía representarse (es decir, modelizarse) como una onda electromagnética que viaja por el espacio.

1 MATERIAL COMPLEMENTARIO

Ondas electromagnéticas

Imágenes de infrarrojo

Las ondas infrarrojas lejanas producen una sensación de calor, por ejemplo el calor que sentimos provenir del sol, de un fuego o de un radiador. Las ondas del infrarrojo cercano no producen calor perceptible, son las que utilizan los controles remotos de TV. La longitud de estas ondas es típicamente de 10-5 metros. En la siguiente imagen, tomada con una cámara infrarroja, aparece representadas las diferentes temperaturas de un ser vivo.



La temperatura está representada en una escala de colores. Está expresado en grados Fahrenheit. Para convertir grados Fahrenheit a grados centígrados hay que restar 32 y luego multiplicar el resultado por 5/9.

Imágenes de infrarrojo

La siguiente imagen es un esquema del espectro electromagnético, es decir, de todas las radiaciones electromagnéticas conocidas. Se encuentran en orden creciente de energía o frecuencia y en orden decreciente de longitud de onda. También se muestran objetos que nos dan una idea del orden de magnitud que la longitud de onda de cada radiación tendría en el vacío.

¿Para qué sirve la radiación?



Tipo de radiación	Longitud de onda (m)	Escala aproximada de la longitud de onda
Radio	10^3	Edificios
Microwaves	10^2	Humanos
Infrarrojo	10^1	Mariposas, Punta de nariz
Visible	10^0	Proteínas
Ultravioleta	10^{-1}	Moléculas
Rayos X	10^{-2}	Átomos
Rayos gamma	10^{-3}	Núcleo atómico

¡Primero la lectura de las páginas 38-41 "una familia con buena onda" del libro "Cero absoluto".
*https://cds.cern.ch/record/1399152/files/Documenta_completo.pdf?sequence=1

Luz verde. Miradas y enfoques sobre la luz

© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar material complementario
Ondas electromagnéticas

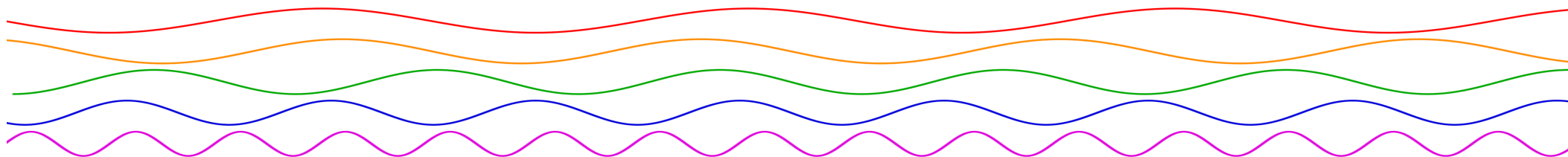


CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Ondas electromagnéticas

Cuando acercamos un imán a un trozo de hierro vemos que lo atrae sin necesidad de contacto entre ellos. Como si el espacio que rodea al imán tuviera cualidades especiales, que describimos proponiendo la idea de campo magnético. De la misma manera, cuando frotamos un objeto de plástico para atraer papelitos podemos asociar al espacio que rodea al plástico una magnitud que describe esa fuerza eléctrica actuando a distancia, y que llamamos campo eléctrico. Imaginemos que en una región del espacio existen dos campos, el eléctrico y el magnético, y que ambos oscilan. Es decir, que no mantienen un valor constante, sino que su intensidad (que asociamos a fuerzas eléctrica y magnética) cambia a medida que pasa el tiempo. Imaginemos también que en la dirección de cada campo hay una flecha que señala la dirección de la fuerza (eléctrica o magnética), y que la flecha es más larga cuando el campo es más intenso. Si representamos con una soga la posición de la punta de las flechas, a lo largo del tiempo éstas describirán una forma de senoide como en la última imagen.

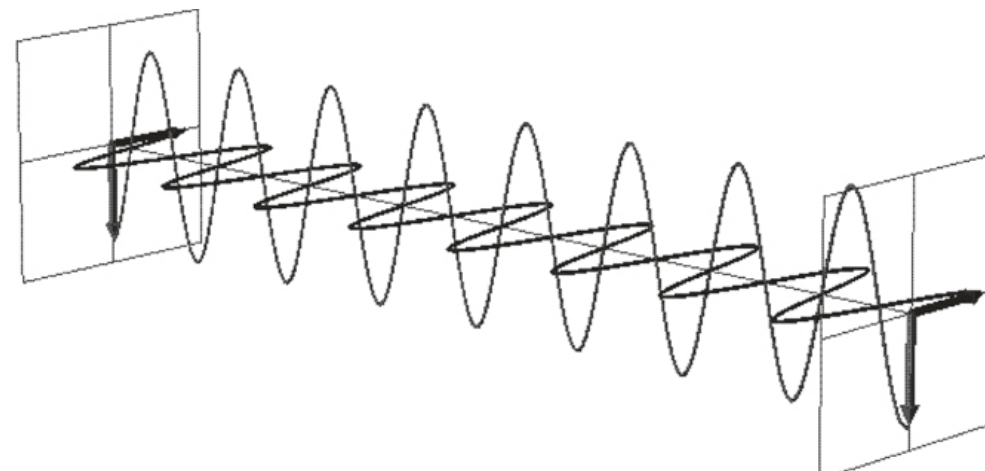




CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Se ha detectado experimentalmente que el campo eléctrico oscila de tal manera que las flechas que lo representan forman siempre 90° con las que representan al campo magnético. Es decir, las ondas electromagnéticas son transversales. Si graficamos la evolución de estas ondas, se dispondrían en dos planos perpendiculares. Supongamos ahora que estos campos oscilantes viajan a través del espacio. Lo harán siempre en la dirección de la línea que forman los planos perpendiculares cuando se cortan entre sí. Es decir, las ondas electromagnéticas se moverán como ondas transversales.



Esquema de una onda electromagnética

Es todo un ejercicio de imaginación, porque no podemos verlos, como no podemos ver los campos cerca del imán y del plástico. Pero estos modelos nos ayudan a pensar en el fenómeno.

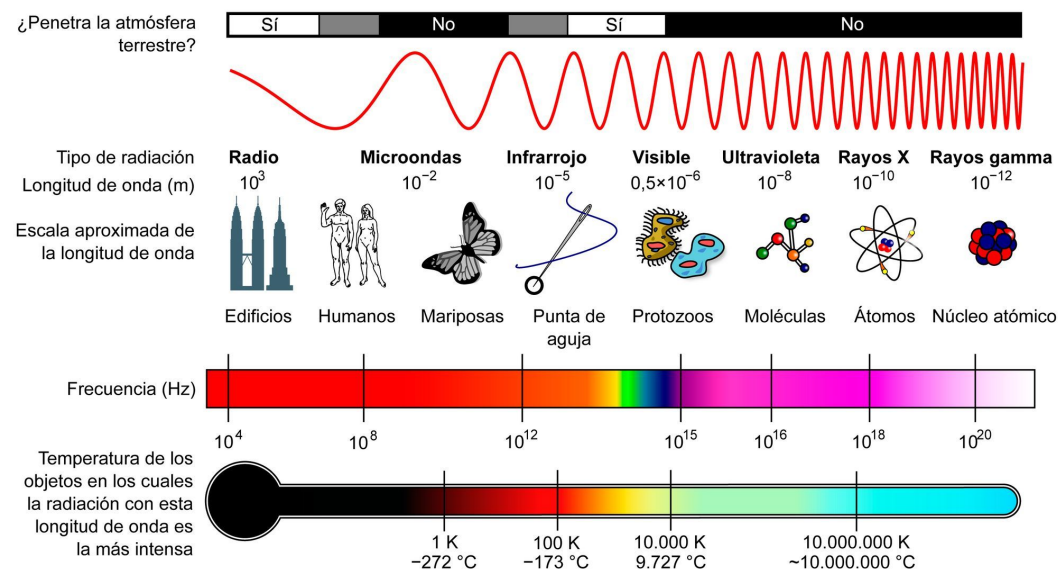
La generación de estas ondas proviene siempre de cargas eléctricas aceleradas: electrones vibrando. Esto ocurre con los electrones en una antena emisora, en la llama de una vela, en una estrella. Entonces, esos campos eléctricos y magnéticos oscilantes que viajan por el espacio (el aire, el vacío o un medio como el agua), constituyen una onda electromagnética.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



La frecuencia con que los campos oscilen le va a dar características muy distintas a la onda. Llamamos espectro electromagnético al conjunto de todas las frecuencias posibles (todos los miembros de esta familia), y veremos que incluye muchas de las ondas conocidas. Los sentidos de los seres vivos no detectan todas y cada una de las radiaciones. Las personas solo vemos una parte del espectro: la luz visible. Hay animales que ven otras radiaciones: las abejas detectan el ultravioleta, y las gallinas el infrarrojo. Ordenadas de mayor a menor longitud de onda, el espectro de radiación electromagnética se agrupa en:





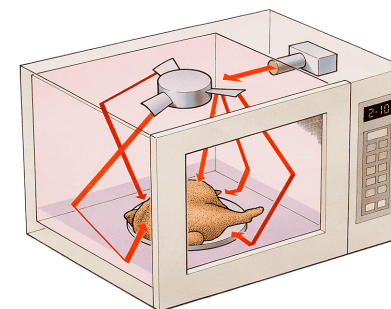
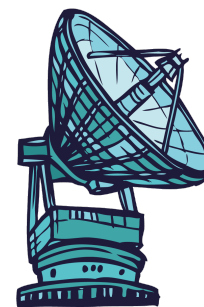
CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



- **Ondas de radio:** son las de menor frecuencia y mayor longitud de onda: En las emisoras radiales se generan ondas que se detectan con un aparato de radio. Las ondas de radio y de televisión llevan información de los distintos programas de modo codificado, en un proceso llamado modulación. Para ello, se superpone la información propia del mensaje que se emite con una onda procedente de la antena emisora. El resultado es una onda en amplitud o frecuencia modulada. Cuando la señal emitida encuentra una antena receptora adecuada, se produce una corriente eléctrica y la señal se decodifica para pasar a un parlante o un aparato de televisión. La longitud de estas ondas ronda la decena de metros.



- **Microondas:** penetran con facilidad en la atmósfera y se las utiliza en comunicaciones por satélites. El horno microondas se basa en que las moléculas de agua contenidas en los alimentos vibran con gran energía cuando inciden microondas sobre ellas. La fricción que se genera entre las moléculas produce la energía que aumenta la temperatura de los alimentos. Los radares también emiten ondas electromagnéticas del orden de las microondas. La longitud de estas ondas tiene un promedio de 10-2 de metros.





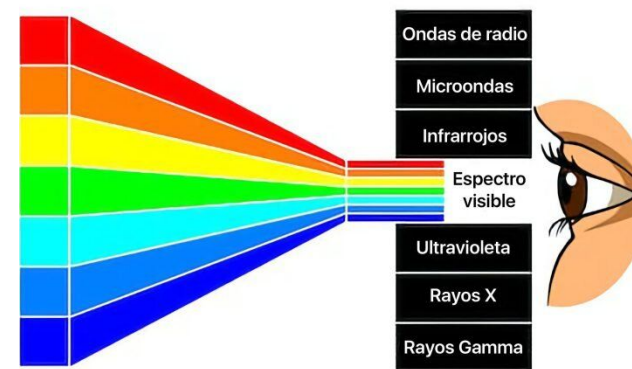
CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



- **Radiación infrarroja:** las ondas infrarrojas lejanas (próximas en frecuencia a las microondas) producen una sensación de calor, por ejemplo, el que sentimos provenir del sol, un fuego, o un radiador. Las ondas del infrarrojo cercano (próximas en frecuencia a la luz visible) no producen calor perceptible. Son las que utilizan los controles remotos de TV. La longitud de estas ondas tiene un promedio de 10^{-5} de metros.



- **Radiación visible:** lo que llamamos luz es, en realidad, una pequeña porción del espectro electromagnético. Cada frecuencia de la radiación visible corresponde a un color diferente: la de mayor frecuencia y menor longitud de onda es la violeta y la de menor frecuencia y mayor longitud de onda es la roja. La longitud de onda del visible está entre 10^{-6} y 10^{-7} de metros.





CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



- **Radiación ultravioleta:** El Sol y las estrellas emiten radiación ultravioleta, y la atmósfera de la Tierra filtra una buena parte de la más energética. La longitud de estas ondas tiene un promedio de 10^{-8} de metros. La radiación infrarroja y la ultravioleta se encuentran, respectivamente, en los extremos del rango de las ondas electromagnéticas que podemos percibir con el sentido de la visión. Aunque de alguna manera nuestro cuerpo las detecta: mediante la sensación de calor o con el cambio en el color de la piel al exponernos al sol. En 1800, el astrónomo alemán Friedrich Herschel registró con un termómetro especialmente sensible el aumento de temperatura que se produce al iluminar un objeto con radiación del rango visible, y encontró que más allá del rojo, existía una radiación que no podía ver pero su termómetro detectaba: la radiación infrarroja. En el material digital se puede ver una imagen que representa las diferentes temperaturas de un ser vivo. En el caso de la radiación ultravioleta, fue detectada en 1801 por el físico alemán Johan Ritter al encontrar que las ondas “más allá del violeta” podían oscurecer un papel impregnado en sales de plata (como el utilizado en fotografía en blanco y negro), al igual que lo hace la luz visible, e incluso más intensamente.



Friedrich Herschel



Johan Ritter



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



- **Rayos X:** en forma natural son emitidos por las estrellas, pero no atraviesan la atmósfera. Es por ello que los estudios de estas radiaciones naturales deben hacerse desde el exterior del planeta. En la Tierra se producen por medio de generadores de alta tensión (por ejemplo, acelerando electrones en tubos a baja presión y luego haciéndolos frenar). Se usan para obtener imágenes de la estructura interna de la materia sin destruirla. En medicina se utilizan para observar huesos y órganos del interior del cuerpo, en lo que conocemos como radiografías y tomografías. Sin embargo, los RX, al igual que los Gamma, que veremos a continuación, tienen efectos indeseados sobre los tejidos vivos. En la industria se usan para detectar fisuras y defectos en soldaduras y fundiciones. La longitud de onda de los RX tiene un promedio de 10^{-10} de metros.



- **Rayos Gamma:** son muy penetrantes, y atraviesan la materia con gran facilidad. Solo pueden detenerse con blindajes de varios centímetros de plomo o varios metros de hormigón. Se emiten en reacciones nucleares como las producidas en materiales radioactivos, bombas nucleares y estrellas. Se utilizan en medicina para destruir células cancerosas. La longitud de la radiación gamma tiene un promedio de 10^{-12} de metros.





CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



El mundo

Relato de Eduardo Galeano (1993a)

Un hombre del pueblo de Neguá, en la costa de Colombia, pudo subir al alto cielo.

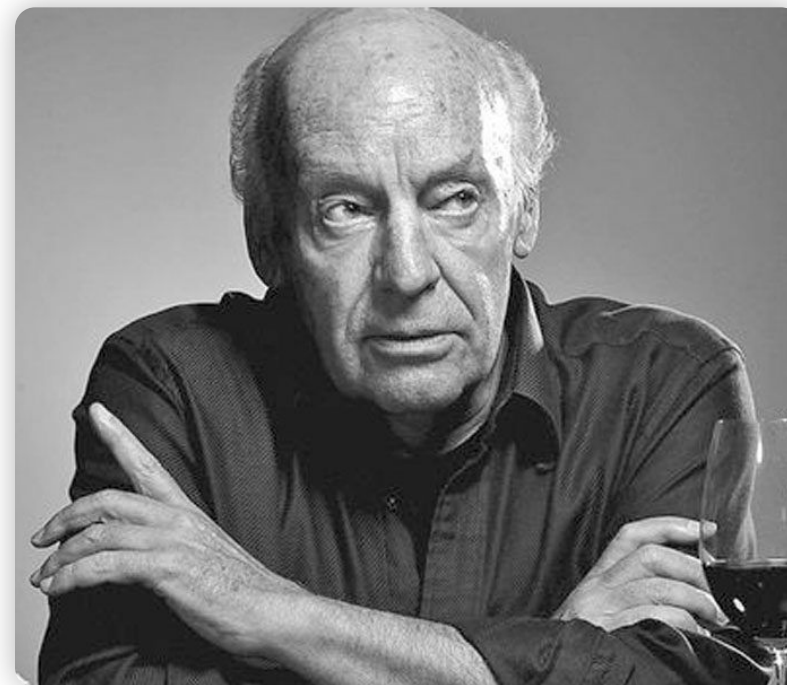
A la vuelta, contó. Dijo que había contemplado, desde allá arriba, la vida humana.

Y dijo que somos un mar de fueguitos.

-El mundo es eso - reveló - Un montón de gente, un mar de fueguitos.

Cada persona brilla con luz propia entre todas las demás.

No hay dos fuegos iguales. Hay fuegos grandes y fuegos chicos y fuegos de todos los colores. Hay gente de fuego sereno, que ni se entera del viento, y gente de fuego loco que llena el aire de chispas. Algunos fuegos, fuegos bobos, no alumbran ni queman; pero otros arden la vida con tantas ganas que no se puede mirarlos sin parpadear, y quien se acerca, se enciende.



Eduardo Germán María Hughes Galeano:
escritor y periodista uruguayo
(1940-2015).



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Transparencias

Así como el agua y el acrílico dejan pasar la luz en línea recta, hay otros materiales que no pueden ser atravesados por ella. Los llamamos transparentes y opacos, respectivamente. El modelo de ondas, y lo que vimos sobre la interacción de la luz con la materia (el apartado sobre efecto fotoeléctrico, por ejemplo) puede ayudarnos a imaginar los mecanismos responsables de estas diferencias. Este concepto de transparencia, que tenemos más intuitivamente para la luz, se extiende a las otras ondas electromagnéticas: distintos materiales resultan opacos o transparentes dependiendo de la longitud de la onda que incide sobre ellos. Por ejemplo, la piel y los músculos no son transparentes si hacemos incidir sobre ellos ondas electromagnéticas en el rango de la luz visible, pero sí lo son respecto de ondas electromagnéticas del tipo RX y gamma. La atmósfera terrestre es transparente a la luz y a una parte del infrarrojo, pero resulta opaca a casi todo el intervalo del ultravioleta. La pequeña parte de esta radiación UV para la cual resulta transparente es la responsable de las quemaduras de sol. Los vidrios, en cambio, son opacos a toda la radiación UV, por lo cual no es posible broncearse detrás de ellos.

Las horas se suceden una tras otra, y yo aquí, detrás del vidrio camino y me doy vueltas, me río y creo ser feliz.

...

Dos inviernos más ya han pasado y el vidrio aún está empañado. Quiero ver qué hay detrás, es preciso intentar, y entrar, y penetrar en la realidad, estar en el umbral no es estar en vida, no, no.

Detrás del vidrio.

Fragmento de canción de Vox Dei (1972)

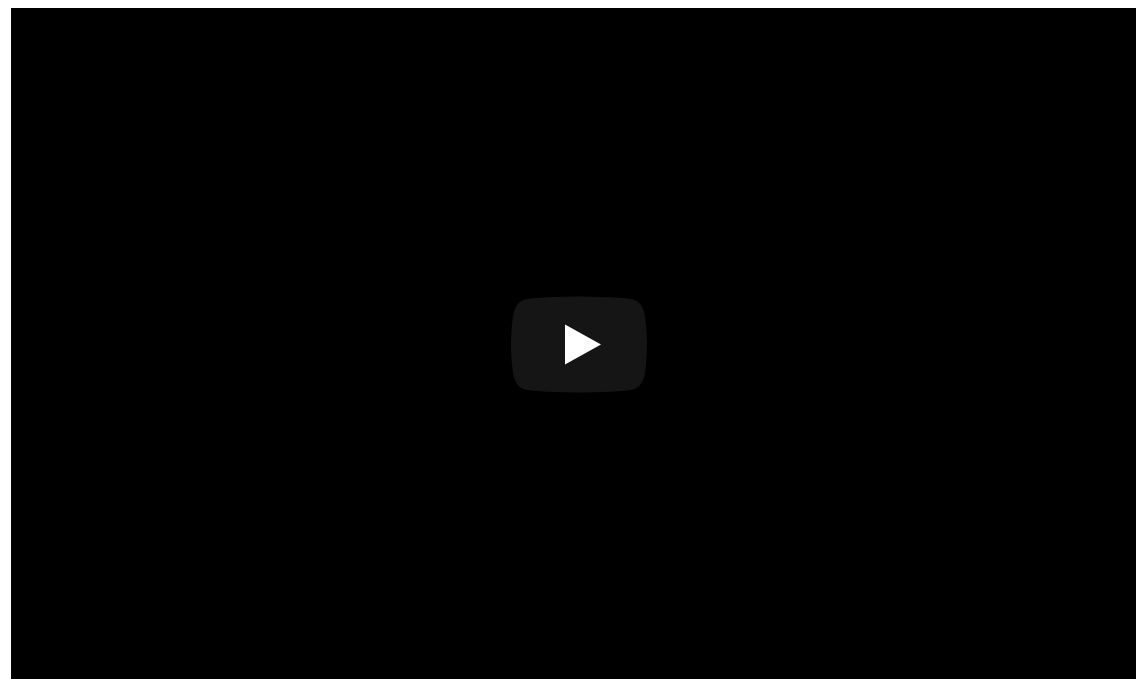


CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Vox Dei: Banda argentina de rock formada en 1976, pionera en cantar en castellano. Realizaron un álbum conceptual sobre la Biblia, que generó polémica y hoy se considera una obra de arte muy respetada.

En la canción, el vidrio podría simbolizar la incapacidad que tiene el “yo lírico” (la voz del poeta) de sentir plenamente la vida por causa de algún suceso innominado que sucedió hace dos años (“dos inviernos”). El vidrio aún está empañado y el poeta no puede ver plenamente, es decir, lo que sintió todavía está presente. Dejar de estar detrás del vidrio representa “entrar y penetrar la realidad”.

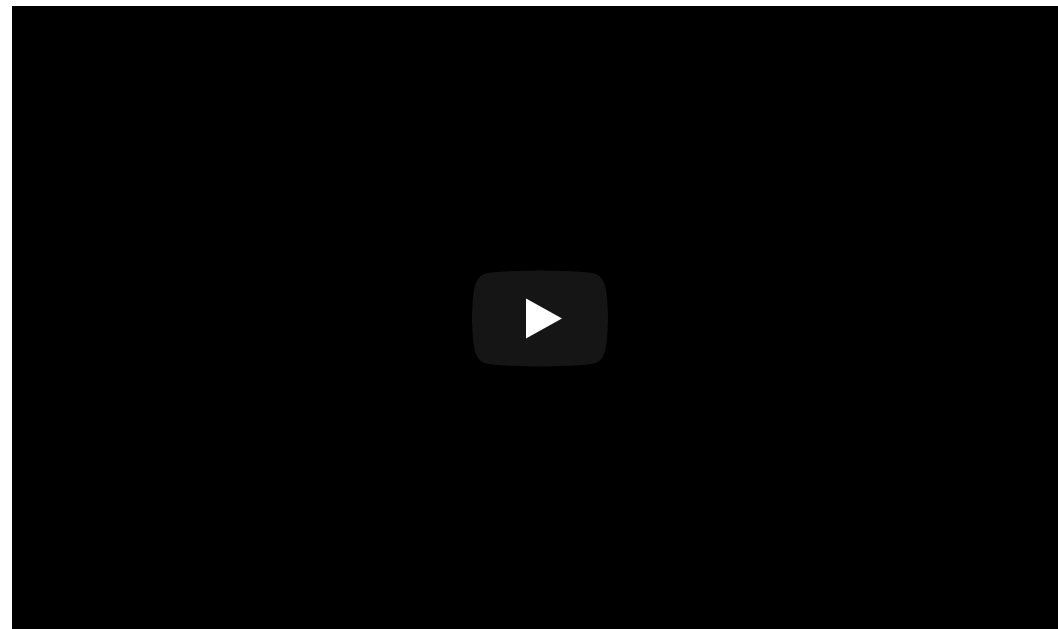




CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Para hacernos una representación de lo que está ocurriendo entre la onda electromagnética y el material sobre el que incide, resulta útil imaginar la materia como formada por partículas que pueden vibrar en cierto rango de frecuencias. Este rango, a su vez, depende de los elementos químicos particulares que forman la sustancia que estamos considerando (metal, madera, diamante, etc.) y depende también de la manera en que se encuentran ligado entre sí los átomos y moléculas. Así, cada material tiene sus frecuencias “naturales”. Por ejemplo, el grafito y el diamante están compuestos por el mismo elemento químico: el carbono. Sin embargo, la forma en que los átomos de carbono se ligan unos a otros es distinta en cada caso y, por ende, también resulta diferente la transparencia que presentan ante la luz visible.





CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Como ya mencionamos, las ondas electromagnéticas son generadas por electrones vibrando. Estas ondas transportan energía, que puede interactuar nuevamente con los electrones de la materia sobre la que incide. Cuando la luz tiene una frecuencia que está comprendida en el rango de frecuencias naturales del material, entonces los electrones (y los átomos de los cuales forman parte) empiezan a vibrar muy intensamente, pues se produce el fenómeno conocido como resonancia. Los átomos quedan resonando durante un tiempo considerable, durante el cual van cediendo la energía a otros átomos con los que van interactuando hasta que la energía se dispersa uniformemente por el material (que se calienta en este proceso). En este caso, el material es opaco a la luz. En cambio, si la frecuencia de la luz incidente no está comprendida en el rango de las naturales del material, sino que es algo menor o mayor (como ya mencionamos el vidrio resulta transparente a todas las longitudes del visible, pero no al ultravioleta ni al infrarrojo), las vibraciones de los átomos son menos intensas y duran poco tiempo: el átomo vuelve a emitir un tiempo más tarde la energía que recibió en forma de luz idéntica a la incidente. La luz vuelve a emerger del material, y decimos que es transparente a la luz. A raíz de este proceso de absorción y emisión, la velocidad de la luz en un medio transparente es menor que en el vacío (en el vidrio es alrededor del 70% y en el diamante, aproximadamente 40% de c).

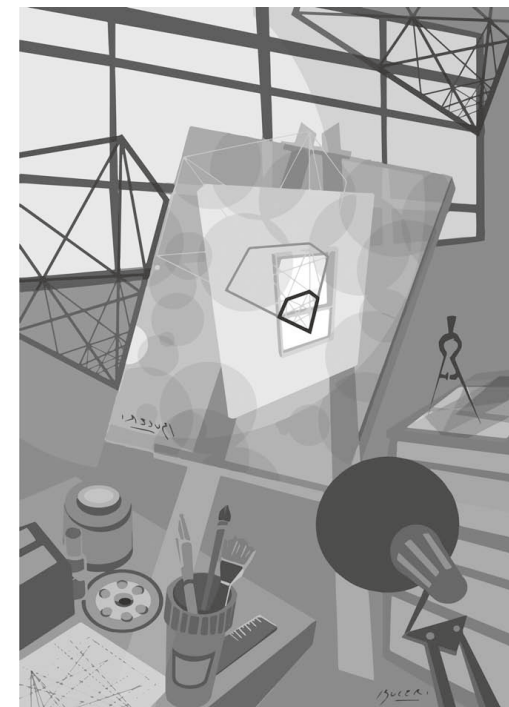


Ilustración de Agustín Bucari



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



En esta poesía, la autora propone la idea de que las palabras habladas rompen el encanto de la comunicación que se entabla entre dos enamorados. Las pupilas son comparadas con diamantes: a través de los ojos es posible ver el sentir del otro, ellos reflejan el amor mejor que las palabras. Así, las palabras son lenguas de ceniza mientras que las miradas son lenguas de diamantes.

Yo no quiero que hable. Yo no quiero que hable.
Sobre el silencio éste, ¡qué ofensa la palabra!
¡Oh lengua de ceniza! Oh ¡lengua miserable.
No intentes que ahora el sello de mis labios te abra!
Bajo la luna-cobre, taciturnos amantes,
con los ojos gimamos, con los ojos hablemos.
Serán nuestras pupilas dos lenguas de diamantes
Movidas por la magia de diálogos supremos.

“Las lenguas de diamante”
poema de Juana de Ibarbourou (1918).



Las lenguas de diamante





CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Sumas y restas: Luz que interfiere

Como comentamos brevemente en el capítulo 1, a principios de 1800 la teoría ondulatoria estaba en pleno auge de la mano de Thomas Young, un médico británico quien se abocó al estudio de la luz motivado por entender el funcionamiento del ojo humano. Young, quien fue luego profesor de física, formuló el principio de interferencia y diseñó uno de los más famosos experimentos para verificar sus conclusiones sobre este principio: el experimento de la doble rendija. Según este principio, cuando dos ondas de la misma frecuencia coinciden perfectamente (o casi), el resultado es una superposición de ambas: si coinciden pico con pico y valle con valle, el resultado es una perturbación más intensa y la interferencia es constructiva. Si por el contrario el pico de una no coincide con el valle de la otra, el resultado es la anulación: la interferencia es destructiva.

8 EXPERIENCIA 08: Experiencia de difracción e interferencia

Estos fenómenos son propios de las ondas. La difracción puede ocurrir cuando la onda atraviesa un orificio o rendija de tamaño similar a su longitud de onda; mientras que la interferencia, ocurre cuando una onda atraviesa dos o más rendijas. Cuando estos fenómenos suceden con la luz, se puede observar en una pantalla patrones de luz y sombra como se muestra en las imágenes.

Patrón de difracción Patrón de interferencia

Experiencia de interferencia

Materiales:

- láser
- un pelo
- pantalla (sujeta y blanca (una hoja, por ejemplo))

Funcionamiento

Antes de comenzar la experiencia se debe oscurecer el ambiente. Acercando el cabello al láser, hasta que esté casi en contacto, y apuntando la luz hacia la pantalla, se puede ver el patrón de interferencia que ocurre por la suma de las ondas que se dividen al atravesar el pelo.

Posibles fallas

Si no se observa el patrón, se deben probar diferentes distancias entre el pelo y el láser y entre ellos y la pantalla.

[Luz verde](#) Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia:
*Difracción e
interferencia.*



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



La interferencia se produce entonces cuando se superponen las ondas provenientes de dos fuentes luminosas y como resultado se perciben imágenes de luz y sombra alternadas (según cómo sea el desfase o corrimiento entre los campos electromagnéticos provenientes de cada fuente, como enuncia el Principio de Interferencia). La rápida variación de la emisión de luz hace que este fenómeno no pueda ser observado en luces comunes y corrientes, salvo en el caso en que ambas luces sean coherentes, es decir, que el desfase (corrimiento) entre los campos de ambas se mantenga constante. De otro modo, su cambio es tan rápido que no es posible observarlo.

En experimentos de interferencias conviene usar luz de láser, que es emitida en forma coherente y su haz no se dispersa como en otras fuentes de luz. Si a la luz láser se la hace incidir sobre una pantalla opaca en la que se practicaron dos agujeros pequeños, de un tamaño levemente mayor que el haz de luz, entonces tendremos dos fuentes de luz coherente. La imagen de estos orificios puede verse del otro lado, como se indica en las experiencias sugeridas en el material digital, con otra pantalla. Y la imagen que se observa como resultado no es una iluminación continua sino una sucesión de luces y sombras, conocido como “patrón de interferencia”





CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Los sectores iluminados se deberán a un máximo de intensidad del campo eléctrico, mientras que en las regiones en sombra el campo eléctrico será cero. ¿Cómo explicar este fenómeno? Para hacerlo debemos imaginar la luz que sale de cada agujero iluminado como una sucesión de ondas electromagnéticas, con máximos y mínimos de campo eléctrico y magnético que se van propagando en el espacio. Como dijimos, la mayor intensidad de la luz está relacionada con los máximos del campo eléctrico (interferencia constructiva), y la oscuridad con los mínimos (interferencia destructiva). Como varían tan rápidamente (en el caso del láser, unas 3 billones de veces por segundo), nuestro cerebro lo percibe como una iluminación continua. Sin embargo, habrá lugares de la pantalla a los que las ondas provenientes de ambos agujeros “emisores” lleguen con un desfase tal que la onda compuesta por ambas contribuciones tenga siempre un máximo (o siempre un mínimo) de intensidad. Así, en cada lugar de la pantalla habrá un campo eléctrico oscilante, suma de dos campos, pero de tal manera que en algunos casos esta adición producirá luz y, en otros, oscuridad. Este efecto depende de la frecuencia de la luz, así como del tamaño de las rendijas por las que pasa y de la separación entre las mismas. Por eso mismo, es interesante realizar experiencias que permitan variar esos valores.



Ejemplo de un patrón de interferencia.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Luz que se orienta: Polarización

Como vimos, la luz es una onda transversal. Es decir, el campo eléctrico y el magnético, que oscilan en planos perpendiculares entre sí, se propagan a su vez en un plano perpendicular a la dirección en la que viaja la onda.

Mencionamos también que estas ondas son generadas por cargas eléctricas aceleradas. Cuando estas aceleraciones ocurren siempre en una misma dirección -supongamos que sea una aceleración vertical-, la onda electromagnética resultante estará polarizada: vibrará en esa misma dirección - en este caso, un plano vertical-. Si las aceleraciones de las cargas eléctricas no tienen una dirección preferencial, tendremos ondas polarizadas en todas las direcciones posibles o, lo que es lo mismo, sin polarizar. Además, independientemente de las fuentes que la generaron, es posible obtener luz polarizada a partir de luz que no lo esté. Si logramos construir un dispositivo que deje pasar solo la componente que vibre en una dirección determinada (por ejemplo horizontal) obtendríamos luz polarizada. A estos dispositivos se los llama “polarizadores”.

9 EXPERIENCIA 09: Experiencias de polarización de luz visible

Polarizar y analizar

Puede conseguirse un polarizador desarmando la pantalla de una calculadora o teléfono viejo. O bien, se puede usar el cristal de anteojos polarizados (no todos los anteojos de sol son polarizados; usualmente lo son los especiales para la nieve).

Para polarizar la luz basta con hacerla atravesar un polarizador. Pero no podremos distinguirla si no la analizamos con un segundo polarizador (que suele llamarse analizador): girando uno respecto del otro veremos cambios en la intensidad de la luz que los atraviesa.



Polarización por reflexión

La luz puede polarizarse por reflexión, como ocurre cuando se refleja la luz solar en una superficie clara. Podemos hacer la prueba analizando con un polarizador la luz reflejada en un plano blanco: para determinados ángulos del plano respecto de la luz incidente veremos distintas intensidades según la orientación del polarizador. Esto ocurre porque la luz reflejada está polarizada en el plano paralelo al plano blanco. Este mismo fenómeno se puede observar en la superficie del agua de un lago, o en la nieve, y por eso los anteojos polarizados que se usan navegación y montañismo tienen el eje de polarización vertical, consiguiendo la máxima atenuación de los reflejos.



Luz vende. Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia:
Experiencia de polarización



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



En el caso de la luz, nuestros ojos no pueden percibir ninguna diferencia entre distintas polarizaciones. Sin embargo, podemos comprender mejor este fenómeno con una cuerda o resorte y un marco angosto de madera (de ancho comparable al espesor de la cuerda). Si generamos una onda circular en la cuerda, es decir, que vibre en el plano vertical y horizontal, y la hacemos atravesar el marco, veremos que del otro lado la cuerda sólo vibra en uno de los dos planos, horizontal o vertical, según la manera en que coloquemos el marco que funciona como un polarizador. Continuando con la analogía de la cuerda y el marco de madera, en el caso de las ondas electromagnéticas existen también polarizadores que, cuando los interponemos, sólo dejan pasar luz en una determinada dirección.

Los polarizadores tienen un eje de polarización definido, de modo que si interponemos en el camino de la luz dos de ellos con ejes cruzados (por ejemplo, uno vertical y otro horizontal), bloquearemos por completo la propagación.





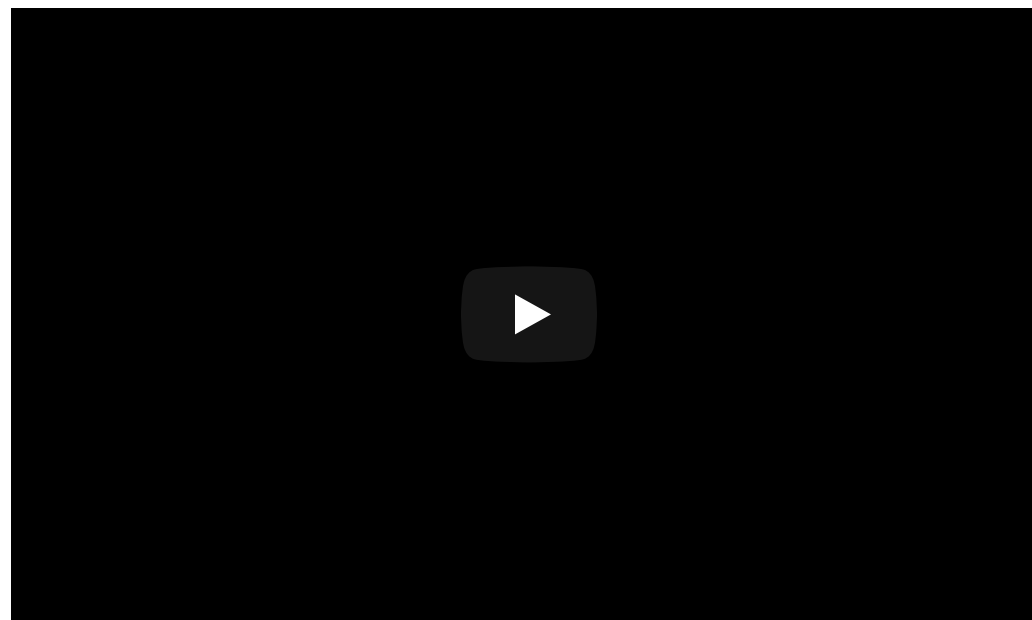
CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Bajó por el callejón
en donde estaba él
después vomitó ese ron
manchando la pared
El sol le caía bien
entrando en la avenida.
Su vida no era más su vida
pero eso estaba okey.

“Polaroid de locura ordinaria”

Fito Páez (1988).



El título de la canción hace referencia a la marca Polaroid, fundada en 1935 por el científico estadounidense Edwin Lang, a partir de su laboratorio de óptica. Lang fue el creador del primer polarizador sintético, de la teoría Retinex sobre el color, que comentaremos posteriormente, y también, en 1947, de la cámara fotográfica instantánea, que ofrecía en papel una imagen fotográfica ya revelada en 60 segundos. Polaroid es usado aquí como sinónimo de fotografía instantánea, y la temática del poema está relacionada con el cuento de Charles Bukowski titulado “La chica más guapa de la ciudad”.



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



¿En qué quedamos: onda o partícula?

Hemos visto hasta aquí que el desafío de describir la luz a través de algún modelo apropiado no fue -no es- tarea sencilla, por la naturaleza tan especial de la luz. Hasta ahora existen dos modelos, y se recurre a uno u otro según las características de aquello que se pretende estudiar. Vimos que el modelo de ondas es necesario para explicar fenómenos como difracción, interferencia y polarización. Pero a la hora de entender la interacción de la luz con la materia el modelo de partículas es el más apropiado. Esta coexistencia de dos modelos complementarios -que fue causa de largas discusiones entre los físicos- es llamada dualidad onda-partícula.

Una observación: al mirar el índice de este libro pareciera haber un tercer modelo, el de rayos, que describe la óptica geométrica y sirve para abordar la reflexión y la transmisión de luz. Sin embargo, podría pensarse a estos rayos como las trayectorias de partículas que se mueven en línea recta a la velocidad de la luz, o bien como líneas que apuntan en la dirección en que se mueven las ondas. De hecho, puede reescribirse la óptica geométrica en términos ondulatorios.

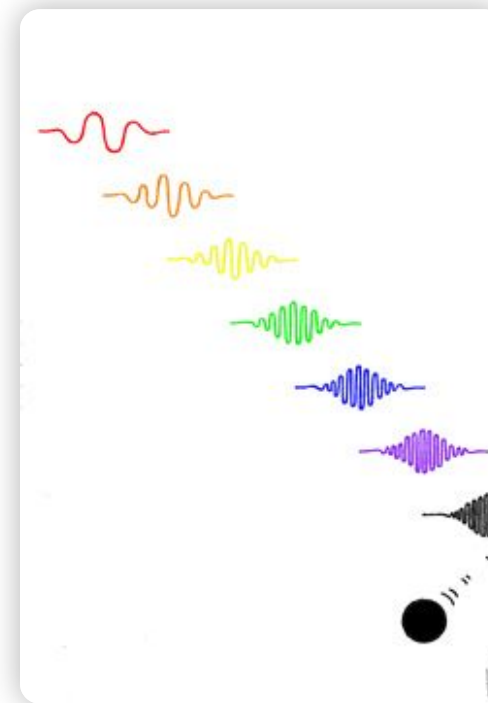


Ilustración Federica Rampf



CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Esta naturaleza dual de la luz inspiró una teoría puramente especulativa propuesta por un joven físico francés: Luis Víctor de Broglie (1892-1987). Él se preguntó si, así como la luz puede ser onda y partícula, las partículas “comunes y corrientes” como los electrones y protones podrían tener también un aspecto ondulatorio. Detrás de ese argumento está la noción de simetría, tan abundante en la naturaleza y tan valorada por los físicos.

La atrevida teoría elaborada por de Broglie pronto dio origen a diversas experiencias que intentaban probar si tenía algún fundamento. Se encararon experimentos similares a los que muestran el carácter ondulatorio de la luz: se interpone a la onda un objeto -o una ranura- para lograr difracción e interferencia. En este caso, fue necesario apelar a objetos y ranuras de tamaños mucho menores que los usados para la luz porque, según la nueva teoría, la longitud de onda que le corresponde a un electrón, por ejemplo, es del tamaño de un átomo.



Luis Víctor de Broglie (1892-1987)

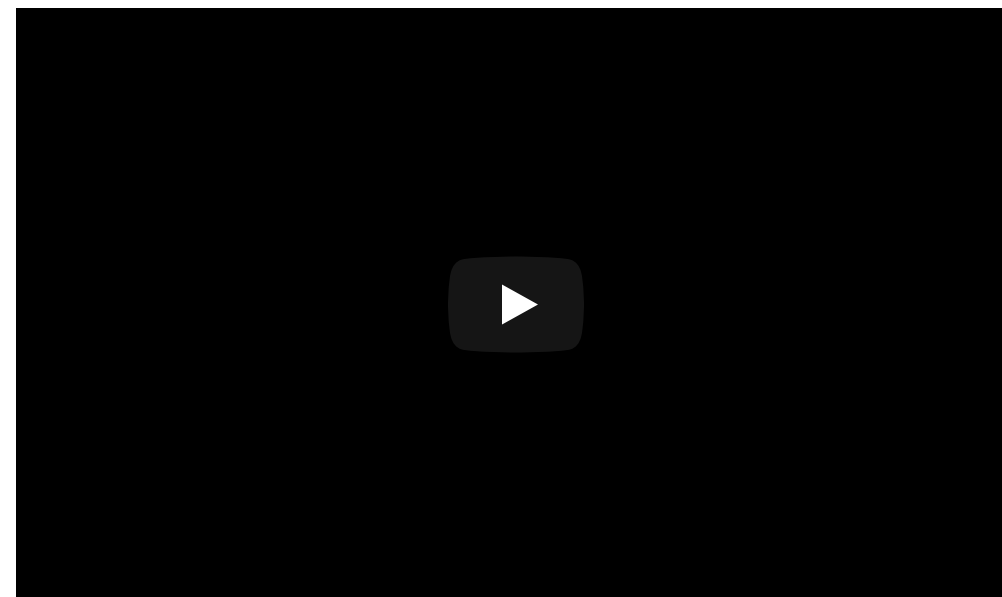




CAPÍTULO 2: DESFILE DE MODELOS: LA MIRADA DE LA FÍSICA



Ante la imposibilidad en aquellos tiempos de manipular la materia a nivel atómico (hoy posible) para construir una red o rendija de ese tamaño, se eligió usar como rejilla los átomos que forman un cristal -y otros dispositivos más sofisticados- como barreras para deformar la onda. Los resultados apoyaron la hipótesis de dualidad onda-partícula, y de allí a desarrollar aplicaciones tecnológicas pasaron pocos años. El microscopio electrónico y la nanotecnología son ejemplos contundentes de que las cosas funcionan como si la materia tuviera también una naturaleza dual. Por qué es así, no lo sabemos. Sólo podemos decir que la Mecánica Cuántica, que es la teoría que los describe, pese a ir contra el sentido común, es la más exitosa que jamás haya sido propuesta.





CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



LA VISIÓN

“Y fue tanta la inmensidad de la mar, y tanto su fulgor, que el niño quedó mudo de hermosura. Y cuando por fin consiguió hablar, temblando, tartamudeando, pidió a su padre: -Ayúdame a mirar-” (Galeano, 1993).

El ojo ha sido utilizado en la cultura como símbolo de una visión que trasciende a la función biológica: la visión divina, simbolizada con el ojo de Dios, o la visión mística, con el tercer ojo, son algunos ejemplos. Los ojos también parecen hablar en silencio de lo que somos y sentimos, y guardan celosamente nuestros secretos.



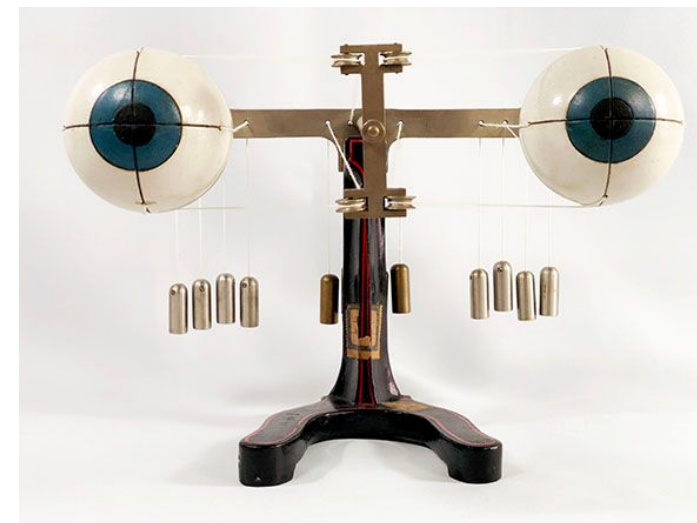
Ilustración de Rõ Barragán



CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



En física, el ojo humano puede ser descrito como un complejo instrumento óptico. En la parte anterior tiene una lente biológica biconvexa (o convergente) llamada cristalino, que hace foco en la pared posterior del ojo, la retina. Esta última es una estructura compleja que funciona como una pantalla receptora y está formada por distintos tipos de células nerviosas que son sensibles a la luz y a las que se denomina como fotorreceptoras. Hay dos tipos: los conos y los bastones, que son células especializadas en traducir las señales luminosas que llegan desde el exterior en corrientes eléctricas. Estas corrientes se envían a la corteza visual a través del nervio óptico y allí se interpretan como una imagen.



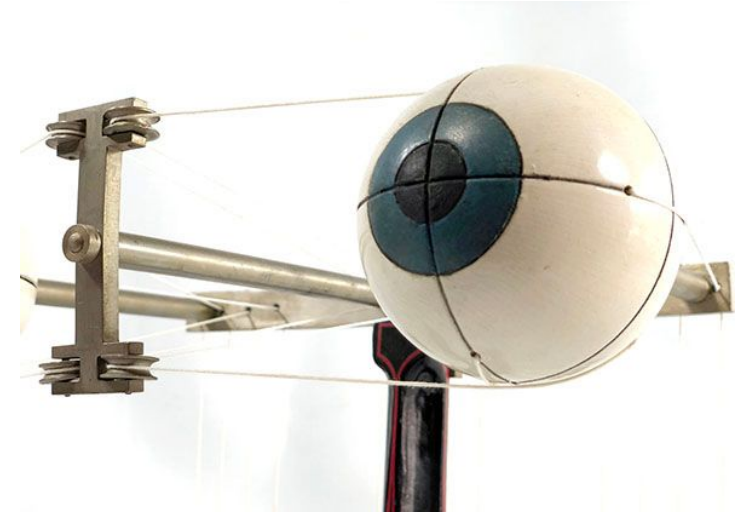
*Oftalmotropeo de Knapp
Colección Museo de Física*



CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



La distinción entre conos y bastones es funcional: mientras los bastones son sensibles a la intensidad de la luz y a los movimientos, los conos son quienes distinguen los distintos colores. A su vez, los conos pueden tener tres tipos de proteínas que los hacen más sensibles a un determinado rango de longitudes de onda: más del 60% son sensibles al rango de rojo-naranja; alrededor del 30% son sensibles al verde-amarillo; y el resto -aproximadamente el 5%- al rango violeta-azul. Probablemente por este motivo nos llame mucho más la atención el color rojo que los demás. De todos modos, la visión como sentido, tal como la experimentamos al mirar nuestro entorno, es un fenómeno que comienza por los ojos pero se completa en el cerebro, el cual compone e interpreta las imágenes.



*Detalle del Oftalmotropo de Knapp
Colección Museo de Física*



CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



LA VISIÓN

Material complementario

2 MATERIAL COMPLEMENTARIO

Óptica y Arte
Federica Rampf

1- Pintores Argentinos
Selección de obras de artistas argentinos y un comentario breve sobre el trato de la luz, el color y los fenómenos ópticos.

Benito Quinquela Martín
"Día de sol en La Boca"
La fuente de luz del frente (el sol en un día despejado) determina colores nítidos, sombras marcadas y reflejos especiales coloridos en el agua del río. Solo hay difusión atmosférica debido a la distancia (fabricas en tonos grises a lo lejos).

Benito Quinquela Martín
"Día de niebla"
La fuente de luz indirecta (luz del sol dispersa debido a la neblina) determina colores apagados y sombras difusas. Solo en la extrema orizonte hay una débil definición de los contornos. Los reflejos en el agua son opacos y casi perdidos.

Raul Said
"La pantalla"
El efecto de sobre-exposición, como si hubiera bajo un fuerte reflector determina una paleta reducida de colores, contornos indefinidos, con muy pocos detalles y sombras tenues en el rostro y vestido. Lo que da una sensación de realidad.

Antonio Berni
"Manifestación"
La fuente indirecta de luz casi sin efecto atmosférico determina colores nítidos y sombras oscuras, demasiado oscuras y marcadas. Único efecto de lejanía debido a la disminución de tamaño. Lo que refuerza la sensación de dramatismo.

Luz verde Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar material complementario
Óptica y Arte. Federica Rampf

3 MATERIAL COMPLEMENTARIO

El ojo, el arte, la luz.
La obra de Le Parc
Marcela Andruchow

Julio Le Parc (Mendoza, 1928- Actualmente vive y trabaja en París)

Julio Le Parc es un pintor y escultor argentino que experimentó y produjo obra en la tendencia del arte lumínico. Nació en Mendoza en 1928. En su adolescencia se trasladó junto a su familia a Buenos Aires, estudió en la Academia Nacional de Bellas Artes "Prilidiano Pueyrredón" y más adelante en la Escuela Superior de Bellas Artes "Ernesto de la Cárcova". En 1959 recibe una beca del gobierno francés y viaja a París. Allí funda con otros artistas el CRAV (Centre de Recherche d'Art Visuel), desde el que propone -en los sesenta- "una ruptura con la tradición artística, alejándose de la obra pictórica estática y acercándose a una concepción dinámica, y con ello, al movimiento constante, que impide la observación estática de la obra". Este entablaba una propuesta política que consistía en eliminar la dependencia, la pasividad del espectador frente a la obra. La pretensión de Le Parc era que el visitante altera de sus exposiciones con la sensación de haber sido parte de una experiencia diseñada por los componentes de sus obras: las luces, el movimiento, la participación, el juego, los requerimientos hacia el de una obra que provoca cambios. Eso implicó que se imponga al visitante una manera de ver las cosas y que las interpretaciones de cada uno puedan ser diferentes. Además, la subjetividad de la recepción que cada persona pone en juego en la observación provoca que vea "cosas que yo [Le Parc] nunca me imaginé que se podían ver en una obra, y me parece muy libre".

Las obras del artista, con sus juegos de luces, modifican, recrean y disuelven el espacio, incluyendo al observador en una obra total. La materialidad de sus máquinas lumínicas se transforma sustituyendo en inmaterial. Los efectos causales de los fenómenos lumínicos observados que genera sus obras son creados por el artista, a través de superposiciones y constelaciones específicas. La resultante aleatoriedad de estos fenómenos se resienta siempre a nuevas y sorprendentes situaciones que nunca son abarcables en su completitud. La experiencia que se transita de esos juegos lumínicos efímeros lleva a reflexionar sobre lo inconstante y fallido de la realidad, y sobre el fluir de la vida con sus múltiples refracciones y reflejos. Este trabajo artístico de Le Parc no surgió de una intencionalidad objetiva sino que el "movimiento era la solución ideal para ciertos problemas que yo me iba planteando y veía que la luz podía darme una solución y al mismo tiempo permitirme seguir en mi búsqueda".

Las inquietudes del artista y el CRAV siempre relacionadas con transformar la relación de la gente con el arte contemporáneo, estaban ligadas a la propia vida contemporánea pero ello no los condujo a usar nuevas tecnologías. Cuando aparecieron los nuevos medios como la luz láser o los grandes aparatos electrónicos, Le Parc nunca los utilizó.

El grupo consideró al arte como una experiencia estrictamente visual situada en el plano de una percepción fisiológica y no onírica. El motivo central para concentrarse en la fisiología del ojo humano como punto de partida fue que es igualitario, ya que el papel desempeñado por el ojo es común a todos. Entendieron que un arte desprovisto de toda emoción o simbolismo da a todos la misma sensación. Pero a diferencia de la obra de arte estática, las propuestas artísticas del grupo implicaban estar siempre a los cambios visuales que tienen lugar durante el tiempo que transcurre la experiencia óptica.

Luz verde Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar material complementario
El ojo, el arte, la luz. La obra de Le Parc
Marcela Andruchow

4 MATERIAL COMPLEMENTARIO

El arte y la luz.
Luis Tomasello
Marcela Andruchow

"...Este alquímico no ha buscado congelar la luz en materia precisa, sino precisamente lo contrario: un objeto sólido e inmóvil se dilata en luz color, tiembla en el espacio, late con el mismo corazón del que lo está mirando"

Julio Cortázar

Luis Tomasello nació en La Plata en 1915. Se formó profesionalmente en la Escuela Nacional de Bellas Artes "Prilidiano Pueyrredón" y en la Escuela Superior de Pintura "Ernesto de la Cárcova" de la Ciudad de Buenos Aires. En 1951 viaja a París donde encuentra el escenario artístico del arte abstracto y los desarrollos constructivistas de los contemporáneos. Comienza los vitrales medievales de la Catedral de Chartres y tiene por primera vez la intuición del color-luz, que será determinante en su obra.

En las primeras épocas de su pintura el artista se dedicó a la figuración el óleo sobre tela, pero luego de su inicial estancia en París se abocó a la abstracción geométrica. En esos años conoce a Emilio Petrucci y a Camillo Arden Quin, fundador del grupo MADP y Tomasello va a ser co-fundador del Salón de Arte Nuevo en Buenos Aires. Ya en el año 1957 se radica definitivamente en París y profundiza sus estudios en la obra de dos artistas holandeses de la vanguardia geométrica: Piet Mondrian y Theo van Doesburg.

Las diferentes propuestas estéticas que Tomasello va desarrollando desde ese entonces han girado en torno a la construcción de diversos espacios físicos con la intención de investigar una propiedad específica del color y su relación con los reflejos de la luz.

En palabras del artista sus búsquedas se orientan a partir de sentir en la catedral de Chartres "...una gran emoción ante la belleza de los colores y la luz de los 360 vitrales medievales, y al descubrir que los colores se realzaban a través de la luz, pues de otro modo no hubieran sido visibles: lo que se ve en la catedral de Chartres es el color-luz, es decir, una sensación del color. Mis búsquedas sobre la luz y el descubrimiento sucesivo del color reflejado constituyen una manera tímida de acercarme a ese encuentro".

Esté interés por los cualidades y efectos del color-luz no fue orientado hacia el estático del color en el lienzo, sino todo lo contrario, le inquietaban las vibraciones que produce el color y su cualidad intrínseca óptica y espacial de variar su posición avanzando y retrocediendo en la superficie, generando casi una sensación de relieve. Esa propiedad del color produjo tal influencia en la percepción del artista, que se fue construyendo a lo largo de su vida como el leitmotiv de sus obras, hasta sus trabajos más contemporáneos.

Tomasello asume que el color atraviesa un drama en su estancia en el lienzo, sufre la imposibilidad de mantenerse afirmado en el plano, ya que su inserción entre otros colores o formas van a modificar su estabilidad. Frente a esta imposibilidad opta por la vía del Arte Cinético.

Luz verde Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar material complementario
El arte y la luz.
Marcela Andruchow



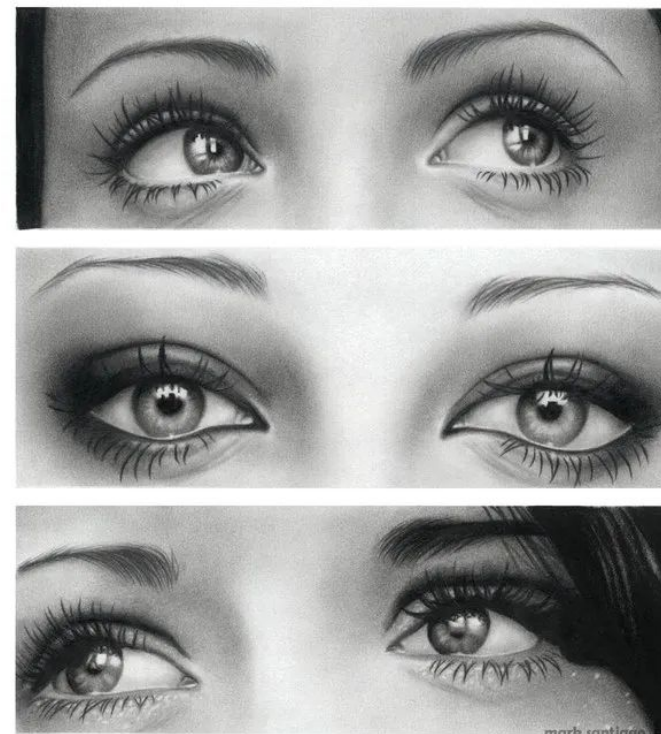
LA VISIÓN

Tercera dimensión

Nuestros ojos funcionan igual y cumplen la misma función. Entonces, ¿Para qué necesitamos los dos?

La percepción de la misma imagen con dos ojos es lo que nos permite evaluar la profundidad de las figuras y el espacio. Esto se debe a que cada ojo proyecta en la retina una imagen de lo que vemos, que es ligeramente diferente de la otra. El derecho ve más detalles del lado derecho, y el izquierdo, del izquierdo. Los seres humanos percibimos la profundidad gracias a la fusión que realiza nuestro cerebro de estas dos imágenes casi iguales, una percibida por el ojo derecho y otra por el izquierdo, de forma separada. Sin embargo, esta información no es usada de modo simétrico.

En general, uno de los ojos es “dominante” en el proceso de visión: el cerebro privilegia la información que llega de uno de ellos. La información del otro es utilizada por el cerebro para generar la sensación de profundidad.





CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



LA VISIÓN

Así, con los dos ojos abiertos podemos percibir la tridimensionalidad de un objeto. En el caso de un dibujo plano, la sensación de tridimensionalidad, o profundidad, se logra con lo que llamamos perspectiva: la proporción relativa de tamaños que nos da una referencia de la distancia al observador.

Una vez incorporada a nuestra experiencia, la perspectiva nos ayuda a interpretar el mundo que nos rodea: forma parte de nuestro código gráfico. De este modo, nuestro cerebro interpreta lo que los ojos ven. Si una persona ciega de nacimiento pudiera ver se encontraría con dificultades para calcular las distancias, porque es la experiencia la que nos permite construir el criterio para situar los objetos en el espacio.

Las imágenes para visión 3D pueden imitar el efecto que logran ambos ojos a partir de una superposición de dos imágenes planas levemente distintas, tomadas desde ángulos ligeramente diferentes. Por ejemplo, puede lograrse una visión con profundidad usando dos fotografías tomadas desde puntos separados unos pocos centímetros entre sí (como la distancia que existe entre nuestros ojos).

10 EXPERIENCIA 10: Visión de fotos en 3D: anteojos e imágenes

Los anteojos para visión 3D son muy sencillos de construir. Se pueden mandar a cortar con láser a una gráfica, también se pueden cortar a mano. Las fotos para ver con estos anteojos se pueden hacer con Photoshop o con un programita que se baja gratis de internet. Brevemente se necesitan dos fotos casi idénticas.

Materiales

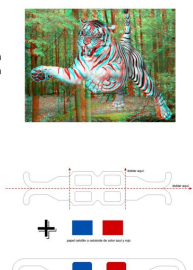
- Papel de 240 gramos (o cartón).
- Tijera o trincheta.
- Celuloide rojo y azul (se consigue en papelerías). Se puede usar papel celofán pero el color rojo no funciona tan bien.


Construcción

Para un par de anteojos, dibujar y cortar 2 figuras de cartón, iguales, según se muestra en el esquema. Luego, recortar y pegar con cuidado sobre uno de los marcos el acetato o celofán, utilizando colores diferentes para ambos ojos. Si se usa celofán, cuidar que quede muy bien extendido para que no se formen arrugas. Finalmente pegar el otro marco sobre el acetato de modo de tapar el borde del mismo.

Posibles fallas

Si no se ve correctamente puede ser que el celuloide sea demasiado opaco o que uno de los filtros esté dejando pasar otros colores. En general los filtros azules son de mejor calidad que los rojos.



 **Luz verde** Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar experiencia:
visión de fotos en 3D



LA VISIÓN

Para construir el efecto de profundidad o relieve, es necesario que el ojo derecho registre solamente la imagen que correspondería al ojo derecho y el izquierdo registre la imagen que corresponde al ojo izquierdo. Un método para lograr esto es superponer ambas imágenes pero impresas en distintos colores, por ejemplo, una en tonos rojos y la otra azules y, para visualizarlas, utilizar anteojos con filtros en cada ojo (uno rojo y el otro azul en nuestro ejemplo). Esto hace que un ojo sólo vea la imagen en tonos rojos y bloquee la visión de la imagen en tonos azules, y viceversa. Así, el cerebro “suma” o compone estas imágenes y las interpreta como una figura tridimensional.

Para la proyección de las películas tridimensionales que pasan actualmente en el cine, además de las consideraciones anteriores, las filmaciones se proyectan a través de polarizadores con los ejes de polarización en direcciones distintas. Si miramos una proyección 3D a simple vista veremos las imágenes borrosas. Para verlas en tres dimensiones, el espectador debe utilizar anteojos que polarizan la luz que llega a cada ojo con un eje distinto. Al estar las dos imágenes superpuestas polarizadas en distinta dirección, cada ojo percibe una de las dos filmaciones, como ocurre en la visión real. El cerebro luego interpreta estas dos imágenes construyendo una sola, con sensación de profundidad.



*Estereoscopio de Wheatstone
Colección Museo de Física*

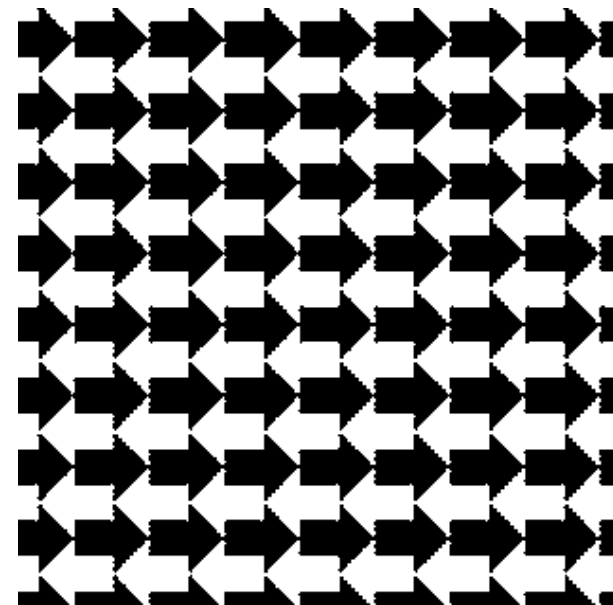


NO TODO ES LO QUE PARECE

Como hemos mencionado, es nuestro cerebro el que realiza la interpretación, asignando un sentido a lo que los ojos ven. Por eso nos sorprenden las ilusiones ópticas, pues nos generan contradicciones entre lo que vemos y lo que nos parece ver.

Hay numerosos ejemplos de ilusiones ópticas, y también numerosos efectos que las generan. Mencionaremos brevemente algunos. Ciertas ilusiones ópticas se deben a la “competencia” entre los dos hemisferios de nuestro cerebro.

Aunque están interconectados, el derecho es el que procesa las imágenes del ojo izquierdo, y viceversa. Ambos hemisferios se van especializando en sus funciones a medida que crecemos y aprendemos nuevas capacidades. A partir del estudio de personas que habían sufrido lesiones en uno u otro hemisferio, se avanzó en el conocimiento del funcionamiento del cerebro: ambos hemisferios desarrollan diferentes modos de “pensar”, realizando procesos mentales complejos que se complementan.



En este ejemplo, se ven flechas blancas o negras según el hemisferio que “gane” la competencia.



CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



NO TODO ES LO QUE PARECE

11



EXPERIENCIA 11:

Ilusiones ópticas

Experiencia: un agujero en la mano

Buscar un tubo de cartón o enrollar un papel para obtener un tubo largo. Mirar a través de él con tu ojo derecho, fijando la vista "en el infinito", es decir, en algún objeto lejano. Sustener la mano izquierda abierta, cerca del tubo. Al mirar con los dos ojos, parece como si se tuviera un agujero en la palma.



¿Qué está pasando?

El ojo derecho ve a través del tubo y el ojo izquierdo observa tu mano abierta. El cerebro está confundido, ya que recibe diferentes señales de cada ojo. Entonces, al combinar las imágenes, presta más atención a lo que está en foco, es decir, a la imagen lejana, mientras que la mano, al quedar fuera de foco, es considerada como una imagen secundaria. Así, parece que ves un agujero en tu mano.

Experiencia: la "salchicha" voladora.

Sostener los dedos índices de ambas manos horizontalmente frente a los ojos, con las puntas separadas aproximadamente 20 cm, fijando la vista "en el infinito". Acercar lentamente las puntas de los dedos: en un momento veremos entre ambas una salchicha "suspendida" en el aire. Puede que sea necesario repetir varias veces antes de percibirse el efecto.



¿Qué está pasando?

Igual que antes, al combinar las imágenes de ambos ojos -que en este caso son levemente diferentes- veremos la "salchicha" en el lugar donde las dos imágenes se superponen.



Luz verde. Miradas y enfoques sobre la luz

© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencias:
Un agujero en la mano y
salchicha voladora.

12



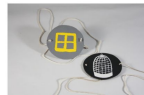
EXPERIENCIA 12:

Taumatropo.

Este juguete fue inventado en 1824 para ilustrar el fenómeno de persistencia retiniana. Con persistencia retiniana se hace referencia a que las imágenes que vemos quedan de alguna manera almacenadas en nuestra percepción -aunque no en la propia retina- durante un tiempo (alrededor de una décima de segundo). El taumatropo, conocido también como "maravilla giratoria", es un disco con ilustraciones distintas en cada uno de sus lados, que al girar muy rápidamente generan la ilusión de estar superpuestas en una única imagen.



Materiales



Un trozo de 15x15 cm de cartón.
Trincheta.
Marcadores, o pintura acrílica o témpera.
2 trozos de hilo barrilete, de 30 cm cada uno.
Compás u objeto cilíndrico (por ejemplo un vaso).

Armado

1. Dibujar en el cartón un círculo de aproximadamente 10 cm de diámetro usando el compás o el vaso.
2. Recortarlo con la trincheta.
3. En una de las caras del círculo hacer un dibujo, como un pájaro o un pez, que esté lo más centrado posible.
4. En la otra cara dibujar por ejemplo una jaula o una pecera, un poco más grande que el dibujo del reverso, tratando de que ambos estén a la misma altura. Es necesario que este nuevo dibujo esté invertido con respecto al primero (la jaula o la pecera "boca abajo") y centrado para que el dibujo anterior quede completamente incluido. Al hacer girar el taumatropo, el pájaro o el pez quedarán dentro de la jaula o pecera.
5. Con la trincheta hacer dos perforaciones en el cartón a la misma altura para pasar el hilo, de modo que queden uno a la izquierda y otro a la derecha del objeto dibujado.
6. Anudar un hilo en cada perforación.



Luz verde. Miradas y enfoques sobre la luz

© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia:
Taumatropo

13



EXPERIENCIA 13:

Cinegraf



En esta experiencia proponemos construir una réplica del proyector llamado Cine Graf, un popular juguete infantil del siglo XIX, como se muestra en la Figura.



Materiales

- Una lata de metal en forma de prisma (30 cm x 10 cm x 15 cm aprox., puede ser de yerba).
- Lámpara bajo consumo.
- Portálamparas
- Lente de lupa
- Tubo de cartón de rollo de cocina
- Minitorneo eléctrico (o similar, para cotar la chapa)



Luz verde. Miradas y enfoques sobre la luz

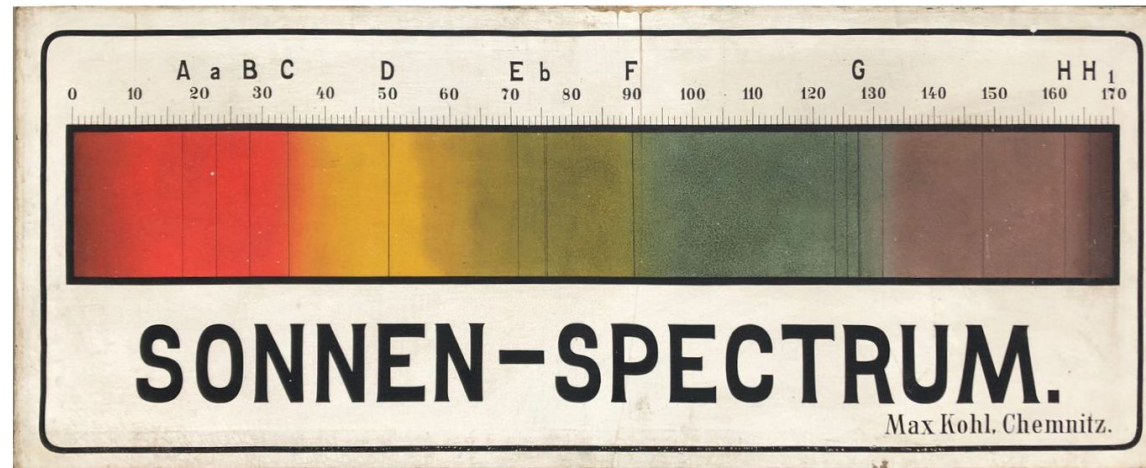
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia:
Cinegraf



ESPECTRO DE LUZ

La luz dispersada por un prisma se divide en bandas continuas de colores que van desde el rojo al violeta, como en el arcoiris. Newton bautizó esta configuración como espectro. Si bien el espectro visible es un degradé continuo, suele hablarse de siete colores bien diferenciados: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil (azul violáceo) y violeta. Newton suponía que había alguna relación especial que establecía que fueran siete las notas de la escala musical, los días de la semana y los planetas del sistema solar conocidos hasta ese entonces, y por ese motivo eligió visualizar el espectro como si estuviera formado por siete colores.





CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



ESPECTRO DE LUZ

Así como la longitud de onda de los sonidos que percibimos nos da la sensación de la cualidad que conocemos como altura (nota musical), la longitud de onda de la luz que percibimos nos da la sensación de color. Si recibimos simultáneamente dos sonidos con alturas diferentes, nuestro sentido del oído puede distinguir ambas notas. Sin embargo, curiosamente, si superponemos luces provenientes de varias linternas con filtros distintos, el color resultante será una mezcla donde no podremos distinguir las componentes.

Puede conseguirse un amplio rango cromático superponiendo luz de tres colores cualesquiera: por ejemplo, el trío rojo, verde y azul (RGB, por sus iniciales en inglés) usado por los televisores y pantallas, o el cyan, magenta y amarillo, que usan las impresoras. Sin embargo, no es posible mediante ninguna combinación de solo tres colores construir todos los demás que podemos percibir los seres humanos.

14
EXPERIENCIA 14:

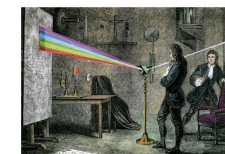
Actividades de espectroscopia

Experiencia de descomposición de la luz por un prisma.

Mediante esta actividad, que reproduce la experiencia de Isaac Newton, quedan en evidencia los colores que componen la luz blanca. Podemos observar en la pantalla que se produce la separación de los colores. Esta separación en colores es producto de las diferentes velocidades con que se propagan las distintas longitudes de onda en el vidrio.



Al tener distintas velocidades tendrán diferentes ángulos de propagación dentro del vidrio, y la geometría del prisma hace que salgan separados del mismo. Una analogía útil para imaginarse este efecto es imaginarse una carrera de atletismo en una pista curva, donde cada corredor tiene su propia velocidad, pero con la peculiaridad de que todos deben salir juntos de la largada y llegar simultáneamente a la meta. ¿Cómo pueden conseguirlo? Sería posible si los corredores más rápidos se fueran acomodando de manera que tomen el camino más largo, y los más lentos eligieran el más corto. Así, al llegar a la meta, estarían todos ordenados según su velocidad.



Luz verde: Miradas y enfoques sobre la luz

© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia:
Actividades de espectroscopia



EL COLOR ES UN INVENTO DEL CEREBRO

La luz visible es sólo una pequeña porción del espectro electromagnético. Nuestros ojos, junto con el cerebro, forman los sensores o detectores fisiológicos que nos permiten distinguirla, pues están preparados para trabajar dentro de un cierto rango de frecuencias o longitudes de onda. De manera análoga, nuestra piel es un sensor que puede captar cierta parte del espectro infrarrojo produciéndonos la sensación de calor.

Una pregunta que todos nos hemos hecho alguna vez es por qué vemos los objetos de distintos colores. Para la física el color está asociado a la frecuencia (o longitud de onda) de la luz.

Pero el color de la luz, y la sensación de color que puede generar en nuestra percepción, son dos conceptos diferentes.

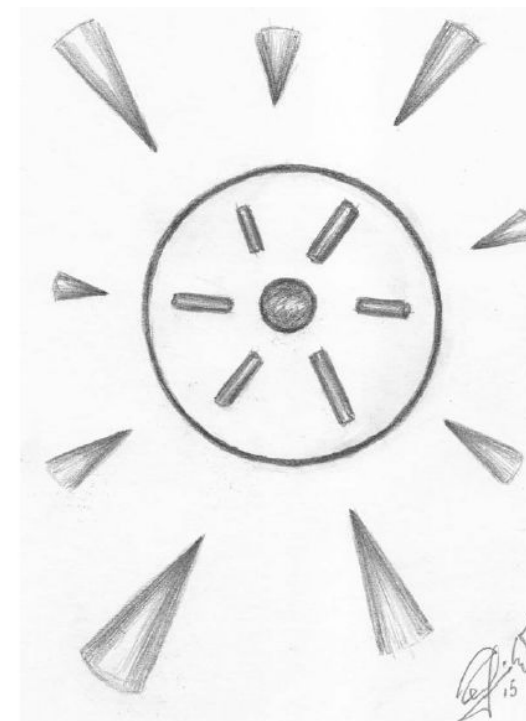


Ilustración: Lido Iacopetti



EL COLOR ES UN INVENTO DEL CEREBRO

Hay un factor a tener en cuenta para entender por qué un objeto se ve del color que se ve: la fuente que lo ilumina. La luz de las velas contiene poco azul y los objetos iluminados se ven amarillentos.

Las lamparitas incandescentes emiten abundantemente en la gama de los rojos. Las lámparas fluorescentes emiten una luz más “fría”, resaltando los objetos azules. La luz solar, en cambio, es una combinación de todas las frecuencias visibles, aunque no en igual proporción. Las más abundantes son las ondas en la gama del verde-amarillo, mientras que el rojo y azul no lo son tanto, y el violeta está en aún menor proporción.

El color físico de una fuente de luz queda definido por lo que se denomina su composición espectral: las longitudes de onda específicas que la componen, acompañadas de sus respectivas intensidades.





CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



EL COLOR ES UN INVENTO DEL CEREBRO

15 EXPERIENCIA 15:

Experiencia
Disco de Newton

El color es un invento del cerebro

En el Disco de Newton podemos ver las porciones de colores cuando está quieto, pero si gira rápido, a mayor velocidad que la de percepción de nuestra vista, el cerebro integra las sucesivas imágenes, sumándolas. El resultado es la adición de los colores, que en el caso de iluminar con luz blanca da un disco completamente blanco. Estudios recientes muestran que el ojo humano distingue como diferentes dos imágenes, si entre ellas hay por lo menos 13 milisegundos de diferencia*.



Disco de Newton. Max Kohl
Museo de Física

Este instrumento es muy sencillo de replicar. Si pintamos con temperas de colores un círculo de papel y lo unimos a un trompo, podemos lograrlo. Otra opción es pegarle una bolita en el centro o atravesarlo con hilos como se sugiere en el siguiente enlace <https://www.youtube.com/watch?v=CRN6sDp3u4U>. También se puede probar dibujando distintos diagramas y configuraciones en discos de papel y hacerlos girar para divertirnos con las interpretaciones de nuestro cerebro.



*'Dissolving meaning in RSVP at 13 ms per picture' Mary C. Potter, Brad Wyble, Carl Erick Haggmann and Emily S. McCourt
Massachusetts Institute of Technology <http://mit.edu/~wbyble/13ms/colored/colored13ms/colored13ms.pdf>

 **Luz verde** Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar experiencia:
Disco de Newton





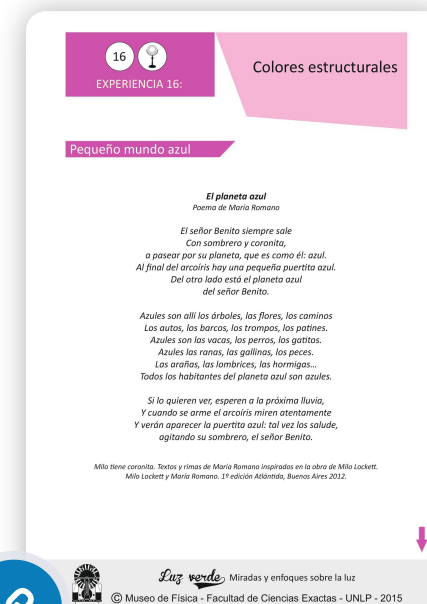
CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



EL COLOR ES UN INVENTO DEL CEREBRO

Sin embargo, a pesar de que podemos decir desde la biofísica que el color es la respuesta fisiológica de nuestro sistema ojo-cerebro ante el estímulo de luz de un rango dado de frecuencias, la percepción de los colores es un proceso muy complejo que no está del todo comprendido.

Por ejemplo, sabemos que percibimos la luz con frecuencias entre 500 y 520×10^{21} hertz de color amarillo. Pero también vemos amarillo superponiendo un haz rojo y uno verde, aunque la frecuencia de la luz de estos colores no es la misma que la del amarillo, sino que está en otro rango. Es decir, a pesar de que una composición espectral determina inequívocamente un color, la misma sensación de color puede obtenerse con composiciones espectrales diferentes. Aunque existen varias teorías al respecto, el mecanismo que conduce a la percepción no ha sido completamente esclarecido.



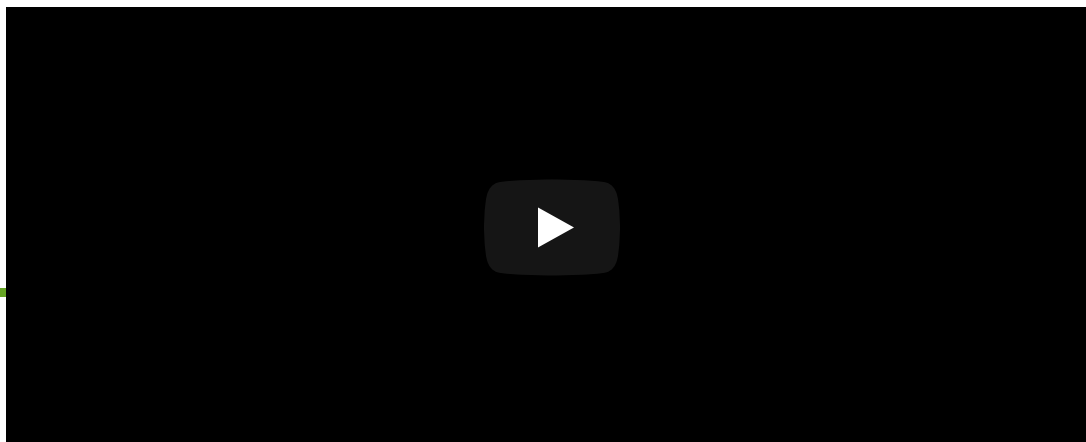
Descargar experiencia:
Colores estructurales



CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



EL COLOR ES UN INVENTO DEL CEREBRO



Estás sentada en el aire.
Nada de luz esperando que marquen tres
Esperando verme otra vez
Está bien, está bien, está bien...
Ah! Te vi entre las luces con tu cara toda azul...
Ah, te vi entre las luces. Fragmento de canción de La máquina de hacer pájaros. (1976)

17 EXPERIENCIA 17:

Experiencia: Formar colores con la luz

Materiales

- Cartón
- Tijera
- Regla
- Lápiz
- Linterna
- Cinta vinílica
- Papel celofán o acetato (azul, rojo y verde).

Armado

- Dibujá y cortá seis figuras de cartón como las de la Figura 1. Con estos marcos vas a construir tres filtros de diferente color. Si querés podés pintar los marcos con pintura acrílica o témpera.
- Recortá y pegá con cuidado el acetato o celofán de modo que quede muy bien extendido cubriendo la ventana, evitando que queden arrugas y pegá el otro marco sobre el acetato de modo de tapar el borde del mismo.

¿Cómo los uso?
Oscurécé el ambiente e iluminá con la linterna apuntando a la pared o al piso. Después superponé los filtros para ver qué colores se forman. Elegí la manera de registrar lo observado, podría ser dibujando o sacando fotos de la suma de colores y sus resultados. ¡Probá todas las combinaciones que quieras!

Figura 1

Luz verde Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar experiencia:
Formar colores con la luz



CAPÍTULO 3: PERCEPCIÓN



EL COLOR ES UN INVENTO DEL CEREBRO

El color en la cultura

La física entiende los colores como ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias que nuestros ojos pueden percibir con el sentido que llamamos vista.

Sin embargo, existen otras maneras de “acercarse” a los colores, pues es innegable que están ligados culturalmente a distintas sensaciones e ideas. Incluso puede hablarse de un lenguaje de los colores: elegimos el rojo como símbolo del amor.

El blanco representa la limpieza y pureza. Pero estos significados no son completamente universales, ya que para diferentes culturas no tienen necesariamente las mismas interpretaciones.

5 MATERIAL COMPLEMENTARIO

Simbología de los colores de la bandera mocoví

Los mocovíes (en su propia lengua, MOQOIT) son habitantes originarios de nuestro país, localizados en la región chaqueña. En el año 2010, integrantes de varias comunidades de la etnia Mocoví de la ciudad de Villa Ángela y otros pueblos de la región del sur chaqueño tuvieron la iniciativa de crear una bandera que los identificara. En sus propios palabras, fue construida "en base a relatos de sueños y anhelos del pueblo originario moqoit, recuperando de esta manera un lazo afectivo fundamental en el sostén de esta cultura que merece afirmarse definitivamente en un mundo diverso de los colores".

Negro: representa la etapa en la historia de la etnia interpretada como tiempo de oscuridad, de incertidumbre por la invasión del hombre blanco.

Rojo: simboliza la herida, la sangre derramada en ese choque de culturas, marcando una etapa de sufrimiento.

Celeste: representa la siguiente etapa, cuando a partir de gobiernos que tuvieron otra mirada la relación intercultural resulta menos traumática. Los arriños expresan que el sol es capaz de iluminar y revertir pensamientos de hostilidad y permite una etapa de paz. Por otro lado, es uno de los colores de la bandera argentina, que incluye a los mocovíes.

Bianco: es el otro color de la bandera argentina.

Verde: significa el equilibrio con la naturaleza, fuente de sustento y vida pero también objeto de respeto y cuidado.

Sol (en lenguaje mocoví Ra'azaa): considerado el centro de la vida y es la luz que quita la oscuridad y permite al hombre actuar con claridad, pudiendo transformar la mentalidad del ser humano. Su cercanía o lejanía representa cambios fundamentales, la abundancia o carencia de los recursos que brinda la naturaleza.



 *Luz verde* Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015



Descargar material complementario:
Simbología de los colores



EL COLOR ES UN INVENTO DEL CEREBRO

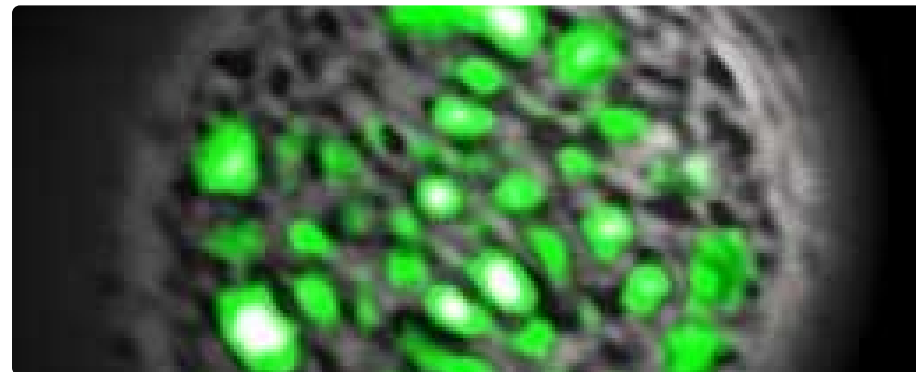
El color del cielo, del mar y del sol



En el cielo las estrellas

Una visión personal del universo y de la astronomía (...se actualiza los...

Guillermoabramson



Human cell becomes living laser - Nature

Jellyfish protein amplifies light in first biological laser. You have full access to this article via your institution. Scientists have for the first...

Nature





VELOCIDAD DE LA LUZ

En esta sección presentamos algunos relatos de la cocina de la física relacionados con la luz, que son ejemplos de la manera en que se construye el conocimiento en esta disciplina.

Estas historias muestran que en el desarrollo de la ciencia y en la generación de nuevos conocimientos acerca del mundo no se sigue el famoso “método científico”, en el sentido de receta única e infalible sino que son procesos inmensamente más complejos.

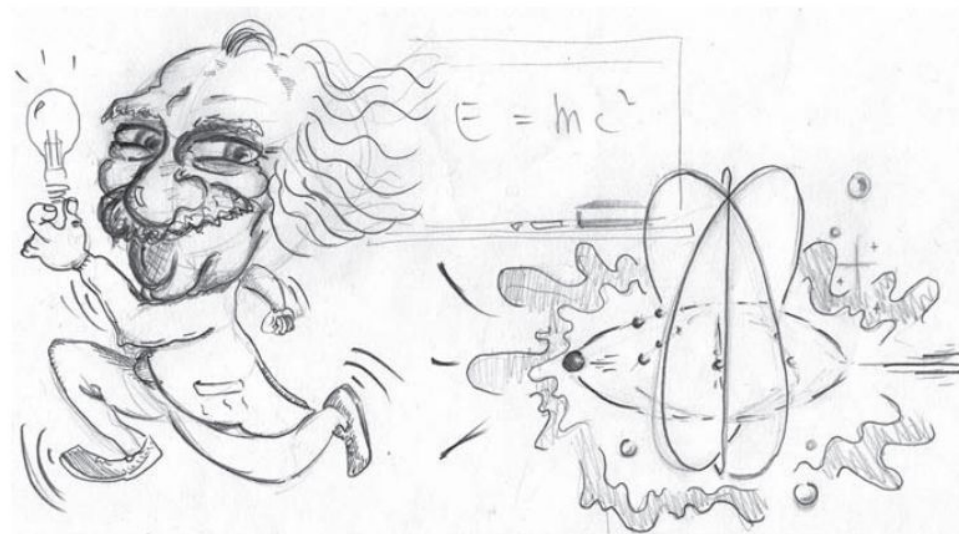


Ilustración: Gastón Sergnese



VELOCIDAD DE LA LUZ

Consecuencias de los experimentos de Crookes: Rayos X

En este apartado, reseñaremos la historia de algunos fenómenos relacionados con la luz: la emisión luminosa en tubos de baja presión, la luminiscencia relacionada con los Rayos X, la fluorescencia, y la radiactividad.

En 1895, Wilhem Röntgen se entusiasmó con la fluorescencia observada por Crookes. Se preguntaba si los rayos catódicos atravesaban el vidrio de los tubos y, para comprobarlo, cubrió con cartón uno de los mismos. No observó ningún resplandor, pero sí vio luminiscencia en una pantalla de platinocianuro de bario que tenía en su laboratorio. Durante las siguientes semanas, repitió el experimento interponiendo diferentes materiales entre la pantalla y el tubo, notando que sólo el plomo podía impedir la luminiscencia.



William Crookes y la medium Florence Cook



Como muchos otros investigadores interesados: creía que podía estudiar "fuerza psíquica" que ejercían los r experimentos. Fue uno de los investigadores de lo que se llama Esp. Llegó incluso a publicar un artículo en el Journal of Science –de la cual fue clasificaba los 13 tipos de fenómenos observados.

Después los científicos estaban completando la Tabla Periódica de los elementos químicos. Crookes era experto en la identificación de sus espectros de emisión y había descubierto un nuevo elemento, e

Rayos que hicieron historia.pdf

null

Google Docs





VELOCIDAD DE LA LUZ

La conclusión era inevitable: el tubo emitía algún tipo de radiación invisible pero penetrante en la materia. Cuando intentó fotografiar este fenómeno encontró otra sorpresa: las placas que tenía estaban veladas. Para comprobar el alcance de la radiación en la emulsión, colocó el tubo y la placa fotográfica en distintas habitaciones, consiguiendo una imagen de la puerta que las separaba.

Röntgen obtuvo también impresiones del paso de la radiación a través del cuerpo humano. La primera radiografía fue una imagen de la mano de su esposa Bertha luego de una exposición de 15 minutos. Röntgen se convirtió en el científico del momento. Había descubierto los rayos X. Posteriormente a su conferencia de 1896 cosechó múltiples reconocimientos y en 1901 recibió el Nobel de Física. A pesar de las posibles aplicaciones, Röntgen se negó a comercializar o patentar su descubrimiento, argumentando que el beneficio pertenecía a la Humanidad.





CAPÍTULO 4: HISTORIAS RECIENTES, Y NO TANTO



LA LUZ ES CIENCIA Y TECNOLOGÍA

En Argentina existe mucha actividad científica y tecnológica en diversas áreas del conocimiento. Basta visitar el sitio web del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, del CONICET o de las universidades, entre otros, para hacerse una idea de la magnitud y calidad de las labores científicas y tecnológicas desarrolladas por nuestros científicos y tecnólogos. Para dimensionar nuestras capacidades, recordemos que el satélite SAC-D/Aquarius, lanzado en 2011, fue íntegramente diseñado y construido en Argentina. Recordemos también que nuestro país sabe construir reactores nucleares desde hace años; que aquí se fabrican láseres prácticamente desde que se supo cómo construir el primero hace más de cincuenta años; que científicos argentinos participan de experimentos internacionales como los que buscan la “partícula de Dios”, y muchos más.

6 MATERIAL COMPLEMENTARIO

Breve recorrido a los laboratorios de nuestro país.

Por Alberto Lemstra

En Argentina existe mucha actividad científica y tecnológica en diversas áreas del conocimiento. Basta visitar el sitio web del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, del CONICET o de las universidades, entre otros, para hacerse una idea de la magnitud y calidad de las labores científicas y tecnológicas desarrolladas por nuestros científicos y tecnólogos.

Para darnos una idea de nuestras capacidades en el área de óptica, mencionemos que en nuestro país se construyen láseres prácticamente desde que se supo cómo construir el primero hace 50 años! Si bien la génesis de la investigación científica en temas relacionados con la luz se remonta a un siglo atrás, nos concentraremos en lo que se hace hoy día en investigación y desarrollo tecnológico en espectroscopía, óptica, láseres, fotónica, y fotonica. En Argentina existe una comunidad de alrededor de 200 personas que trabaja en esas áreas y en lo que sigue daremos un breve recorrido a los laboratorios de nuestro país.

Laboratorio de Ingeniería Óptica, Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén

Reseña: el Laboratorio de Ingeniería Óptica, surge a partir del traslado del Dr. Fernando Perez Quintán desde el Laboratorio de Aplicaciones Ópticas de la FI-UBA a la Fac. de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue mediante el Programa de Recursos Humanos de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica en el año 2009. Recién en Octubre de 2011 se pudo terminar de montar el laboratorio con un equipamiento mínimo.

Líneas de Investigación: el objetivo es contar en el mediano y largo plazo con un laboratorio de óptica orientado a la investigación y metrología en las necesidades de la Ingeniería. Contacto: fpq@uncoma.edu.ar

Grupo de Electromagnetismo Aplicado, Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica, Corrientes

Reseña: en Febrero de 2007 el Dr. Guillermo P. Ortiz (graduado en Física en la Universidad de Buenos Aires) regresó al país luego de su doctorado y post-doctorado en México. Ya instalado en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste propone la formación de un grupo de trabajo en el área del Electromagnetismo Aplicado. Líneas de Investigación: estudios teórico-experimentales integrados sobre propiedades ópticas de medios inhomogéneos, nanopartículas, y reflectancia de películas muy delgadas. Diseño de algoritmos y desarrollo de software para el cálculo de la respuesta óptica de metamateriales, cristales fotónicos y nanoestructuras. Contacto: www.imf.unne.edu.ar

Luz Verde. Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015




Descargar material complementario:
Breve recorrido a los laboratorios de
nuestro país.



CAPÍTULO 4: HISTORIAS RECIENTES, Y NO TANTO



LA LUZ ES CIENCIA Y TECNOLOGÍA

18  **EXPERIENCIA 18:**

Experiencia:
Cable de Luz

Reflexión total interna
Gran parte de nuestras comunicaciones se realizan a través de láseres que viajan por "cables de luz" que llamamos fibras ópticas. En su interior, la luz se refleja una y otra vez logrando transmitir información con muy poca pérdida de energía. Este fenómeno se conoce como reflexión total interna.
En esta sencilla experiencia podrás hacer un cable de luz con agua.

Materiales

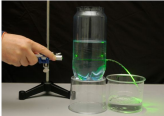
- Láser
- Botella de plástico
- Agua
- Fuente profunda o balde
- Tijera con punta
- Cinta adhesiva


Construcción

1. Realiza un pequeño agujero en la botella, aproximadamente a la mitad de su altura (o menos)
2. Llena de agua la botella tapando el agujero con una cinta

Funcionamiento

Enciende el láser a la altura del agujero y quita la cinta de la botella. Podrás ver cómo la luz se curva siguiendo el camino del agua.



 **Luz verde** Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar experiencia: Cable de luz

7  **MATERIAL COMPLEMENTARIO**

Una conferencia de divulgación en 1935

La luz ultravioleta filtrada y su aplicación en las investigaciones jurídicas e históricas

A comienzos del siglo XX llegó a La Plata la científica danesa Margarita Heiberg, contratada junto a su esposo Emil Bose, físico alemán, como parte de la política de convocatoria de científicos europeos para iniciar los trabajos en física en la Universidad Nacional de La Plata. Ellos dieron inicio a la investigación y la enseñanza en física a nivel universitario, y se ocuparon también de actividades de divulgación.

En 1935 Margarita realizó una investigación en física aplicada a peritajes en colaboración con su hijo Walter Bose, filatelista e historiador, y que publicaron junto con otros resultados como "Peritajes y otras investigaciones por medio de luz filtrada. Teoría científica y su aplicación", en La Luz. Revista Jurídica Argentina, en marzo de 1941. Por tratarse de un tema relacionado con la luz, presentamos el texto de una conferencia dictada por ella en la Sociedad de Historia Argentina (Buenos Aires) el 16 de septiembre de 1935, donde expuso, en un lenguaje sencillo, los resultados de algunas de las investigaciones. El título fue "La luz ultravioleta filtrada y su aplicación en las investigaciones jurídicas e históricas" y puede leerse en el siguiente link:
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/5002>



 **Luz verde** Miradas y enfoques sobre la luz
© Museo de Física - Facultad de Ciencias Exactas - UNLP - 2015

Descargar material complementario:
Una conferencia de divulgación



EPILOGO

Más allá de lo que pueda decir la ciencia, la luz nos fascina e interpela. Pocas cosas son tan cotidianas como ella y mantienen la capacidad de maravillarnos. Artistas, artesanos, científicos, niños, adultos. Todos tenemos nuestras experiencias con la luz y algo que decir sobre ella.

En estas frases que formaron parte de la muestra “Hágase la luz”, que presentó la Red de Museos de la UNLP en el marco del Año Internacional de la Luz (2015), podemos encontrar algunos ejemplos de ello: Así, en una biblioteca podemos pensar “que mediante la luz de una vela, una linterna, un farol, una lámpara o una pantalla, accedemos a los mundos de los libros y sus travesías”.

Y en un taller de arte decir que “la luz favorece la creación de la obra de arte dándole un nuevo sentido y, a la vez, facilita la interpretación de la misma”. Alguien que trabaja con vida vegetal entenderá que “la luz mantiene la vida en la Tierra, y la fotosíntesis transforma tanto la superficie como la atmósfera”.

Yo siento por la luz un
amor de salvaje. Cada
pequeña llama me encanta
y sobrecoge. ¿No será,
cada lumbre, un cáliz que
recoge el calor de las
almas que pasan en su
viaje?

La pequeña llama.

Fragmento del poema de
Juana de Ibarbouru (1998).



EPILOGO

Mientras quienes se ocupan de la vida animal resaltarán que “la importancia de la luz excede los límites del pensamiento; para los animales, entre tantas funciones, la luz es fundamental en los procesos de relación con el medio, relación entre pares, reproducción y elaboración de nutrientes.”

Un niño puede proponer que la luz “es algo que ilumina, puede ser el sol o la luz artificial, por ejemplo una linterna, también luz puede dar una luciérnaga, etc. Pero la luz ilumina, o sea que hace que se vaya la oscuridad”. Y al mismo tiempo, un astrónomo propone que “los instrumentos astronómicos son la materialización de la inteligencia y el esfuerzo de la Humanidad para leer las infinitas historias que la luz puede contar”

