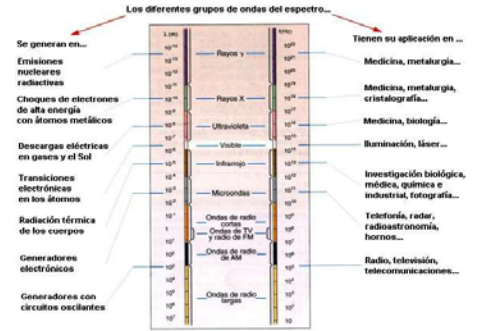
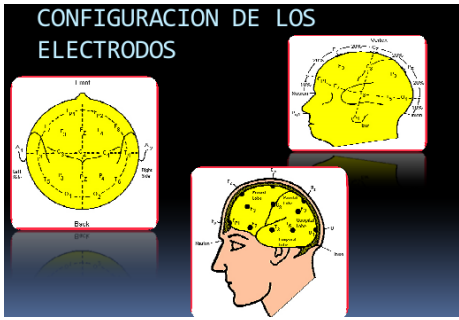


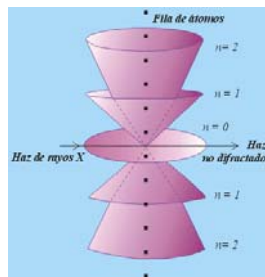
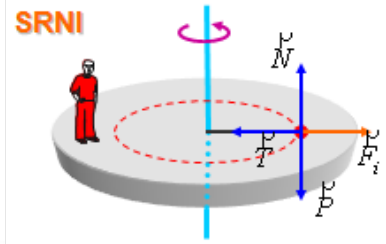
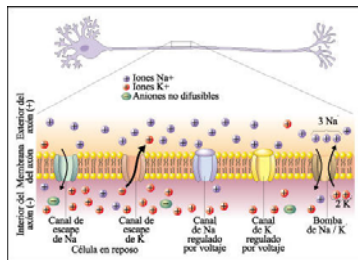
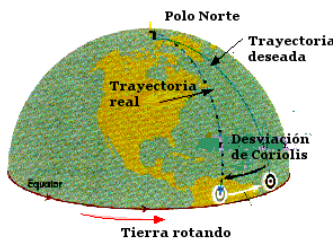
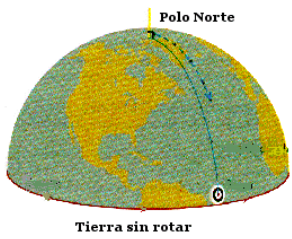
Violeta 380–450 nm Azul 450–495 nm Verde 495–570 nm Amarillo 570–590 nm Anaranjado 590–620 nm Rojo 620–780 nm



FÍSICA

SEMINARIOS 2014

Lic. en Biología Molecular - Prof. en Biología – Prof. en Matemática



Contenido

El presente documento contiene las Monografías presentadas por los alumnos de la Asignatura Física de las carreras Licenciatura en Biología Molecular, Profesorado en Biología y Profesorado en Matemática, durante el curso del primer cuatrimestre del año 2014.

Para obtener la condición de alumnos promocionales, es condición necesaria la presentación de un trabajo de búsqueda individual o grupal (dos alumnos como máximo), sobre una aplicación de los temas abordados durante el cursado.

Dada las características disciplinares de los alumnos, en forma no excluyente, se sugiere que el tema seleccionado y posteriormente desarrollado en la Monografía, sea de interés biológico. Muestre la interacción interdisciplinar entre la Física y la Biología y manifieste el avance en el conocimiento científico de los últimos años en áreas reconocidas como pertenecientes a la Biofísica.

Finalmente, desde los responsables de la materia, se desea resaltar el entusiasmo y la dedicación puesta de manifiesto por los alumnos en la selección de los temas, la búsqueda bibliográfica, las discusiones con los docentes y la elaboración del informe final.

Universidad Nacional de San Luis
Departamento de Física
Julio, 2014

Índice

	Autores	Carrera	Título
1	Castro Guijarro, Ana C.	Licenciatura en Biología Molecular	Que me parta un rayo
2	Giacagli, María M. Maldonado, Rocío	Licenciatura en Biología Molecular	Veo Veo, ¿Cómo ves?
3	Perez, Mery Lorena	Profesorado en Biología	¿Qué riesgos o complicaciones implican la utilización de un electrocardiógrafo y un electroencefalógrafo?
4	Llantén, Juan Marcos	Profesorado en Matemáticas	Fuerza de Coriolis
5	Rey, Marina Elizabeth	Profesorado en Matemáticas	El Ojo Humano
6	Merida, Emanuel A.	Licenciatura en Biología Molecular	Difracción de Rayos X y estructura de moléculas biológicas
7	Quiroz, Eva Ayelén	Profesorado en Biología	Constitución de las células nerviosas. individuales: Las Neuronas y los Conceptos Físicos en su Aplicación
8	Guaycochea, Santiago	Licenciatura en Biología Molecular	La Visión de los Insectos

QUE ME PARTA UN RAYO



**Seminario de Física
Lic. en Biología Molecular
Prof. Hugo Velasco
2014**

Castro Guijarro, Ana Carla.

Índice

1. Introducción	3
2. Conceptos físicos introductorios	4
2.1 Carga eléctrica.....	4
2.2 Distinción según propiedades eléctricas de los materiales.....	4
2.3 Fuerza eléctrica.....	4
2.4 Campo eléctrico.....	5
2.5 Conductores y campos eléctricos.....	5
2.6 Potencial eléctrico.....	6
2.7 Corriente eléctrica.....	6
2.8 Resistencia y Ley de Ohm.....	7
2.9 Potencia eléctrica.....	7
3. Planteo y desarrollo del problema.....	8
3.1 Un poco de historia... ..	8
3.2 ¿Qué es un rayo?.....	8
3.3 ¿Cómo se genera un rayo?.....	9
3.4 ¿Por qué se produce si el aire no es buen conductor?.....	10
3.5 Caída de un rayo en una persona.....	11
3.6 Protección	14
4. Conclusión	17
5. Bibliografía.....	18

1. Introducción

El siguiente seminario, titulado con el nombre “Que me parta un rayo” se realiza con el objeto de aplicar los conocimientos abordados, estudiados y adquiridos a lo largo del cursado de la materia a problemas concretos de su disciplina. Es por ello que a partir de la elección y el desarrollo de un tema de interés biológico, como es el fenómeno natural de la caída de los rayos, tengo intención de afianzar dichos conocimientos como así también obtener la condición de alumna promocional.

El siguiente tema muestra la interacción interdisciplinar entre la Física y la Biología y pone de manifiesto el avance en el conocimiento científico en cuestión desde la época de Benjamín Franklin hasta la actualidad.

“Que me parta un rayo” resume los conocimientos actuales sobre el fenómeno abordado y los métodos de prevención, como son los pararrayos y la aplicación del principio de Jaula de Faraday a partir de la utilización de los conceptos físicos relacionados obtenidos durante el cuatrimestre.

La elección de este tema en particular se debe a que si bien los rayos son uno de los fenómenos más habituales de la naturaleza, considero que existe un desconocimiento general y también en lo que me respecta a mi persona, de las causas que los producen. Es así que me surgió el interés propio de saber el ¿Por qué?, el ¿Cómo?, más aún teniendo en cuenta la trascendencia que ha tenido el fenómeno de la “caída de los rayos” este último tiempo como resultado del cambio climático.

2. Conceptos físicos introductorios

2.1 Carga eléctrica

La electricidad es el conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de cargas eléctricas. Se manifiesta en una gran variedad de fenómenos como los rayos, la electricidad estática, la inducción electromagnética o el flujo de corriente eléctrica. Implica el estudio de la interacción entre objetos eléctricamente cargados.

La carga eléctrica es una propiedad fundamental de la materia, está asociada con partículas que constituyen el átomo: el electrón y el protón. Existen dos tipos de cargas eléctricas distinguidas por la nominación de positiva y negativa. Los protones llevan una carga positiva y los electrones llevan una carga negativa. Las diferentes combinaciones de los dos tipos de carga producen fuerzas eléctricas atractivas y repulsivas.

Las direcciones de las fuerzas eléctricas cuando las cargas interactúan entre si están dadas por el siguiente principio, llamado Ley de las cargas o Ley de Carga-Fuerza: “Cargas iguales se repelen y cargas desiguales se atraen”

La magnitud de la carga sobre un electrón se abrevia como e y es la unidad de carga fundamental, ya que es la carga más pequeña observada en la naturaleza. $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Con frecuencia se utilizan varios términos cuando se analizan objetos cargados. Decir que un objeto tiene carga neta, significa que el objeto tiene un exceso de cargas positivas o negativas. La carga en exceso comúnmente se produce por una transferencia de electrones, no de protones.

Puesto que la carga eléctrica (neta) sobre un objeto es el resultado de una deficiencia o exceso de electrones, siempre debe ser múltiplo entero de la carga sobre un electrón.

Al tratar con cualquier fenómeno eléctrico, otro importante principio es el de la conservación de la carga: “La carga neta de un sistema aislado permanece constante”.

2.2 Distinción según propiedades eléctricas de materiales

Los materiales según sus propiedades eléctricas se pueden clasificar en conductores, aislantes o dieléctricos y semiconductores. Lo que distingue a estos amplios grupos de sustancias es su capacidad para conducir, o transmitir, cargas eléctricas. Algunos materiales, particularmente los metales son buenos conductores de carga eléctrica. Otro como el vidrio, el caucho y la mayoría de los plásticos son aislantes o malos conductores eléctricos. En los conductores, los electrones de valencia de los átomos están débilmente ligados. Como resultado, es fácil removerlos del átomo y que se muevan en el conductor, incluso es posible que abandonen este último por completo. Esto es, los electrones de valencia no están permanentemente ligados a un átomo particular. Sin embargo, en los aislantes, incluso los electrones que están menos ligados, lo están tan fuertemente que es difícil removerlos de sus átomos. Así, la carga no se mueve con facilidad, ni se puede remover fácilmente de un aislante. También existe una clase de materiales intermedios llamados semiconductores cuya capacidad de conducir carga es intermedia entre la de los aislantes y los conductores.

2.3 Fuerza eléctrica

Ya se mencionó que las direcciones de las fuerzas eléctricas sobre cargas que interactúan están dadas por la ley carga-fuerza. Sin embargo ¿Qué sucede con sus magnitudes? Coulomb investigó esto y encontró que la magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales depende directamente del producto de las cargas e inversamente del cuadrado de la distancia

entre ellas. Así la magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales se describe mediante una ecuación llamada ley de Coulomb:

$$\vec{F} = K \frac{q \cdot Q}{r^2} \vec{r}$$

Esta ley determina la fuerza entre dos partículas cargadas, pero en muchos casos, se trata con fuerza entre más de dos cargas. En tal situación, la fuerza eléctrica neta sobre cualquier carga particular es la suma vectorial de las fuerzas sobre esa carga que provocan todas las otras cargas.

2.4 Campo eléctrico

El campo eléctrico representa el efecto físico de una configuración particular de cargas sobre el espacio cercano. El concepto permite pensar en cargas que interactúan con el campo eléctrico creado por otras cargas y no directamente con otras cargas a “cierta distancia”. La idea central del concepto del campo eléctrico es la siguiente: una configuración de cargas crea un campo eléctrico en el espacio cercano. Si en este campo eléctrico se coloca otra carga, el campo ejercerá una fuerza eléctrica sobre ella. Por lo tanto: Las cargas crean campos y estos a su vez ejercen fuerzas sobre otras cargas.

Un campo eléctrico es un campo vectorial lo que permite determinar la fuerza ejercida sobre una carga en una posición particular del espacio. La magnitud (o intensidad) del campo eléctrico se define como la fuerza ejercida por carga unitaria. La dirección del campo eléctrico es en la dirección de la fuerza que experimenta una carga de prueba positiva.

El campo eléctrico en cualquier punto se define como sigue:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Para el caso especial de una carga puntual:

$$E = K \frac{q}{r^2}$$

Si hay más de una carga generando un campo eléctrico, entonces el campo eléctrico total o neto en cualquier punto se encuentra usando el principio de superposición para campos eléctricos, que se enuncia como sigue: Para una configuración de cargas, el campo eléctrico total o neto en cualquier punto es la suma vectorial de los campos eléctricos que se deben a las cargas individuales.

2.5 Conductores y campos eléctricos

Los campos eléctricos asociados con conductores cargados tienen varias propiedades interesantes. Por definición, en electrostática, las cargas están en reposo. Como los conductores poseen electrones que están libres para moverse, y no lo hacen, los electrones no deben experimentar fuerza eléctrica y tampoco campo eléctrico. De ahí se concluye que:

- El campo eléctrico es cero en todas partes dentro de un conductor cargado. Las cargas en exceso sobre un conductor tienden a separarse una de otra tanto como es posible, ya que son sumamente móviles. Así,

- Cualquier carga en exceso sobre un conductor aislado reside enteramente sobre la superficie del conductor.
- Otra propiedad de los campos eléctricos estáticos y conductores es que no puede haber ningún componente tangencial del campo en la superficie del conductor. De otra forma, las cargas se moverían a lo largo de la superficie. Así, el campo eléctrico en la superficie de un conductor cargado es perpendicular a la superficie.
- La carga en exceso tiende a acumularse en zonas agudas, o en lugares de curvatura máxima, sobre conductores cargados. Como resultado, el campo eléctrico es máximo en tales lugares.

2.6 Potencial eléctrico

Las fuerzas eléctricas es una fuerza conservativa por lo cual sus efectos se pueden incluir en la energía potencial del sistema.

Energía Potencial eléctrica (UE) de una dada configuración de cargas, es el trabajo que debe realizarse para traer las cargas, a velocidad constante, desde el infinito hasta la posición que ocupan.

Un concepto relacionado es el potencial eléctrico. Al igual que el campo eléctrico, permite caracterizar los efectos de una o más cargas sin necesidad de especificar el signo ni el valor de una carga situada en la posición de interés. Se define entonces como potencial eléctrico debido a la carga Q en el punto P (donde se encuentra la carga de prueba q) a la energía potencial eléctrica por unidad de carga.

$$V = \frac{UE}{q}$$

La unidad del potencial en el SI es el voltio que por definición es igual a un joule por culombio. Para una carga puntual, el potencial eléctrico es:

$$V = K \frac{Q}{r}$$

El potencial en un punto debido a un conjunto de n cargas puntuales será la suma de todos sus potenciales en ese punto.

Las diferencias de potencial se acostumbra a denominar voltajes. Dada la diferencia de potencial entre dos puntos, se pueden decir muchas cosas sobre el movimiento de las partículas cargadas sin que se necesite utilizar información detallada sobre las fuerzas o campos eléctricos. En resumen acerca del comportamiento de partículas cargadas en campos eléctricos se puede decir que:

- Las cargas positivas al ser liberadas, tienden a moverse hacia regiones de menor potencial eléctrico.
- Al liberarse las cargas negativas, tienden a moverse hacia regiones de mayor potencial eléctrico.

2.7 Corriente eléctrica

Corriente eléctrica es el flujo de cargas a lo largo de un conductor. Para la electricidad, un flujo de carga eléctrica es el resultado de una diferencia de potencial eléctrico, al que se le llama “voltaje”. Para mover una carga eléctrica se requiere de energía. La energía eléctrica se genera por la conversión de otras formas de energía, lo que produce una diferencia de potencial o voltaje.

Cuantitativamente, la corriente eléctrica se define como la tasa de flujo de la carga neta en función del tiempo. Si una carga neta q pasa a través de un área transversal en un intervalo de tiempo t , la corriente eléctrica se define como:

$$I = \frac{q}{t}$$

La unidad en el SI de la corriente es el coulomb por segundo o ampere.

Cuando existe una diferencia de potencial, aparece un campo eléctrico en una dirección, el cual viaja con una rapidez cercana a la velocidad de la luz. Por tanto, el campo eléctrico influye en el movimiento de los electrones a lo largo del conductor casi instantáneamente.

2.8 Resistencia y Ley de Ohm

Como podría esperarse, en general, cuanto mayor es el voltaje mayor es la corriente. Sin embargo hay otro factor que influye en la corriente, la resistencia del conductor. La resistencia de cualquier objeto se define como la razón entre el voltaje a través del objeto y la corriente resultante a través de ese objeto. Por lo tanto, la resistencia se define como:

$$R = \frac{V}{I}$$

La unidad en el SI de resistencia es volt por ampere u ohm.

Para algunos materiales la resistencia es constante en un rango de voltajes. Se dice que un resistor que exhibe resistencia constante obedece la Ley de Ohm, o que es óhmico. La ley se llamo así en honor de Ohm, quien encontró materiales que poseen esta propiedad. Una forma común y práctica de la Ley de Ohm es:

$$V = RI$$

2.9 Potencia eléctrica

Cuando en un circuito eléctrico existe una corriente sostenida, los electrones reciben energía de la fuente de voltaje. Conforme esos portadores de carga pasan por componentes del circuito, entran en colisión con los átomos del material (es decir encuentran resistencia) y pierden energía. La energía transferida en las colisiones da por resultado un incremento en la temperatura de los componentes. De esta manera, la energía eléctrica se transforma, por lo menos parcialmente, en energía térmica. Sin embargo, la energía eléctrica también puede convertirse en otras formas de energía, como luz, trabajo mecánico, etc.

De acuerdo con la ley de conservación de la energía, cualquier forma que esta tome, la energía total que entrega la batería a los portadores de carga deben transferirse por completo a los elementos del circuito. Esto es, al regresar a la fuente de voltaje, o batería, un portador de carga pierde toda la energía potencial que gano de esa fuente y está listo para repetir el proceso.

La energía ganada por una cantidad de carga q a partir de una fuente de voltaje es qV . En un intervalo de tiempo t , la tasa a la que la energía se entrega quizá no sea constante. La tasa promedio de entrega de energía se llama potencia eléctrica promedio y está dada por:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{qV}{t}$$

En el caso especial en que la corriente y el voltaje son constantes en el tiempo, entonces al potencia promedio es la misma que la potencia en todo momento. Para corrientes constantes se puede describir la ecuación de potencia anterior como:

$$P = IV$$

La unidad de potencia es Watt en el SI.

Como $R=V/I$, la potencia puede expresarse en tres formas equivalentes:

$$P = IV = \frac{V^2}{R} = I^2 R$$

A partir de estos conceptos físicos es posible explicar el fenómeno natural de la caída de un rayo.

3. Planteo y desarrollo del problema.

3.1 Un poco de historia...

Los rayos han sido temidos y venerados desde los principios de la historia. Los griegos creían que eran producidos por Zeus, los vikingos pensaban que el causante era Thor y en la Biblia se menciona en varias ocasiones al rayo y al trueno como hechos divinos. Recién a mediados del siglo XVIII, Benjamín Franklin (1706-1790) realizó los primeros experimentos que mostraron la semejanza entre el rayo y las chispas eléctricas observadas en laboratorios. Franklin probó la naturaleza de los rayos y también concluyó que la parte baja de las células de tormenta eléctrica están generalmente cargadas negativamente. Demostró la influencia de la conexión a tierra de un conductor y del aislamiento. Analizó lo que sucedía en un conductor en forma de punta conectado a tierra, creando el pararrayos. En 1823, una comisión de “notables” de la Academia de Ciencias de Francia, formada por Poisson, Lefevre-Gineau, Girard, Dulong, Fresnel y Gay-Lussac, fue creada con el objetivo de mejorar el pararrayos de Franklin. Durante el siglo XIX, Pockels, en Alemania, midió las corrientes de los rayos analizando el campo magnético inducido. En el siglo XX Charles Thomson Rees Wilson(1869-1959) ganó el premio Nobel de Física en 1927 por su método de hacer visibles las trayectorias de las partículas cargadas eléctricamente por condensación de vapor y postuló la teoría sobre la separación de cargas en tormentas eléctricas.

Estos son solo unos pocos nombres asociados con este gran fenómeno natural que aun en la actualidad se estudia activamente.

3.2 ¿Qué es un rayo?

El rayo es una poderosa descarga natural de electricidad estática(acumulación de un exceso de carga eléctrica en una zona de poca conductividad eléctrica, de manera que la acumulación de carga persiste, produciéndose descargas cuando el exceso de carga se pone cerca de un buen conductor eléctrico o de otro objeto con un exceso de carga pero con la polaridad opuesta) producida durante una tormenta eléctrica; generando un “pulso electromagnético” (emisión de energía electromagnética de alta intensidad en un breve periodo de tiempo). Esta descarga eléctrica es acompañada por emisión de luz, el relámpago, causado por el paso de corriente eléctrica que ioniza las moléculas del aire y por el sonido del trueno, desarrollado por la



onda de choque (onda que parece en la atmósfera cuando un agente altera la temperatura, la densidad o la presión)

La disciplina que dentro de la meteorología estudia todo lo relacionado con los rayos se denomina ceruonología.

3.3 ¿Cómo se genera un rayo?

Saber cómo se generan ha intrigado por siglos a muchos científicos, hoy se han logrado muchos conocimientos gracias a la tecnología de la que se dispone entre la que se encuentran radares, satélites, aviones especiales y demás.

La teoría que se sostiene actualmente es la siguiente (teorizada por Heinz Kasemir):

Las corrientes de convección (las mismas que hacen subir el vapor de agua cuando ésta se evapora del mar, de un lago, etc.) empujan las gotas de agua que se van formando hacia arriba. Esta fuerte corriente aérea ascendente hace que las gotas de agua al llegar a las regiones superiores de la atmósfera se sobre-enfríen hasta llegar a temperaturas entre 10° C y 20°C bajo cero, creando una mezcla de agua con pequeños cristales de hielo (menos densos que el agua). El movimiento relativo agua-hielo origina colisiones entre las moléculas. La fricción produce una separación de la polaridad, dado que las cargas negativas de la superficie del hielo se transfieren al agua, quedando de esta manera, los cristales de hielo cargados positivamente y la mezcla agua-hielo denominada granizo cargada negativamente.

Las corrientes conducen los cristales de hielo, menos pesados hacia arriba, causando que en la parte superior de la nube se acumulen cargas positivas. El granizo más pesado, con carga negativa se queda en la parte inferior de la nube. Se crea así una diferencia de potencial (y su correspondiente campo eléctrico asociado) entre diferentes partes de la nube, que puede llegar a ser muy grande.

La separación de cargas y la acumulación continúa hasta que el potencial eléctrico se vuelve suficiente para iniciar una descarga eléctrica, que ocurre cuando la distribución de las cargas positivas y negativas forman un campo eléctrico lo suficientemente fuerte.

La descarga eléctrica debido a la diferencia de potencial puede producirse entre las zonas de nube que no estén en contacto con el suelo. Cuando ocurre entre dos nubes separadas es llamado rayo inter-nube y cuando se producen entre zonas de diferente potencial eléctrico, dentro de una sola nube, se denomina rayo intra-nube que es el que ocurre con más frecuencia

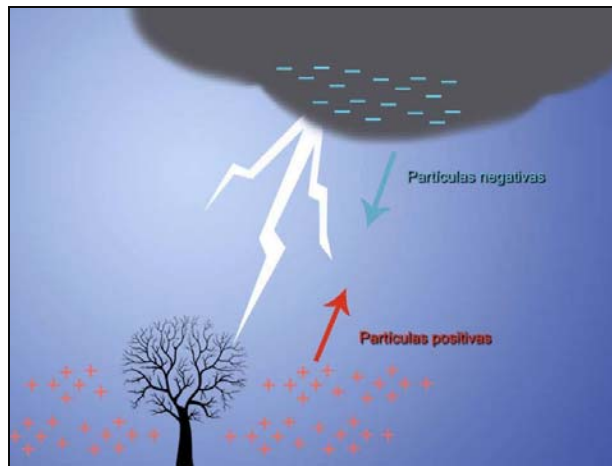
El caso que se va a desarrollar es la descarga eléctrica entre la nube y la tierra.

A su vez las cargas negativas en el interior de la nube crean cargas positivas en el suelo por un proceso denominado inducción (cargas de signo contrario se atraen) cuando una nube cargada se mueve, sobre la superficie de la tierra, una carga eléctrica del mismo valor, pero de signo contrario, sigue en tierra el movimiento de la nube. Si el campo eléctrico y la diferencia de potencial entre la nube y la tierra es suficientemente grande, surge la descarga que puede llegar a cerca de 28 mil grados centígrados, lo que equivale a cinco veces la temperatura del sol.

Primero se produce una descarga llamada “guía escalonada” (no es brillante como el rayo) que baja a un sexto de la velocidad de la luz. Recorre aproximadamente 50 metros, se detiene unos 50 microsegundos y sigue. Para y sigue sucesivamente, moviéndose de forma escalonada (puede parar hasta 10000 veces). La columna está repleta de cargas negativas y el aire se vuelve más conductor (explicado adelante en detalle). Cuando la guía escalonada está a unos 100 metros del suelo existe una descarga que sube desde la tierra a encontrarla. Al hacer contacto, se crea una conexión nube-tierra y las cargas de la nube pueden escaparse. El rayo que se ve es el rayo de retorno, que va desde el suelo a la nube (como se produce tan rápido uno cree que es al revés).

El calor producido por la descarga eléctrica calienta el aire y lo expande bruscamente, dando lugar a ondas de presión (es decir es una oscilación de partículas, a través de esta oscilación se va transmitiendo la energía) que se expanden como ondas sonoras y así producen el trueno. Como la velocidad del sonido es aproximadamente 340m/s, el trueno se escucha después de desaparecer el rayo (velocidad de la luz 300000000 m/s).

Cuando el rayo de retorno desaparece, baja otra guía pero sin pausas llamada “guía oscura”. Sigue el mismo camino llevando cargas negativas y cuando toca tierra sube otro rayo de retorno. Así, el rayo puede caer varias veces sucesivamente (se ha observado hasta 42 veces). El rayo de retorno lleva cargas negativas y transfiere cargas positivas de la nube a la tierra.



3.4 ¿Por qué se produce si el aire no es buen conductor?

El aire no es un buen conductor de la electricidad, no puede viajar por él con facilidad. Para que la corriente se desplace, la estructura de los átomos del aire debe alterarse y esto requiere millones de voltios.

Este hecho se puede explicar de la siguiente manera: cuando el campo eléctrico de un dieléctrico se hace suficientemente intenso, se produce un gran número de iones y electrones libres por lo que se vuelve un excelente conductor. Esta transición se produce a un campo eléctrico crítico denominado rigidez dieléctrica, en el caso del rayo cuando se establece la diferencia de potencial entre la nube y el suelo, cuando esta diferencia es suficientemente grande, el campo eléctrico supera la rigidez dieléctrica del aire. El aire se ioniza y entonces se hace un buen conductor eléctrico.

Los rayos son un ejemplo espectacular de la corriente eléctrica en un fenómeno natural. Existe mucha variabilidad, pero en un evento típico puede transferir 10^9 J de energía a través de una diferencia de potencial de aproximadamente 5×10^7 V durante un intervalo de tiempo de aproximadamente 0,2 s. Utilizando esta información se puede estimar la cantidad total de carga transferida entre la nube y la tierra:

Teniendo en cuenta que $V_{BA} = \frac{\Delta U_E}{Q}$, entonces $Q = \frac{\Delta U_E}{V_{BA}}$. Reemplazando valores se tiene que

$$Q = \frac{\Delta U_E}{V_{BA}} \approx \frac{10^9 J}{5 \times 10^7 V} = 20C$$

A partir de los datos anteriormente dados también se puede determinar la corriente en el rayo de la siguiente manera:

$$I = \frac{Q}{t} \approx \frac{20C}{0,2seg} = 100A$$

Nota: Como la mayoría de los rayos constan de varias etapas, es posible que partes individuales puedan portar corrientes mucho mayores que los 100 A calculados.

También utilizando la ecuación $P = IxV$ se puede calcular la potencia promedio entregada durante los 0,2 segundos de la siguiente manera:

$$P = IxV = 100Ax5.10^7V = 5GW$$



Otra manera de calcularlo es:

$$P = \frac{energía}{tiempo} = \frac{10^9 J}{0,2seg} = 5GW$$

3.5 Caída de un rayo sobre una persona

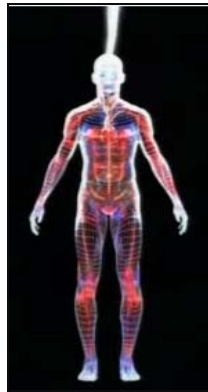
Eléctricamente el cuerpo humano es esencialmente y en promedio una región equipotencial por ser un conductor en casi equilibrio, no obstante el estar vivo es una situación de no equilibrio que genera diferencias de potencial pequeñas (de microvoltios hasta milivoltios) que son la base de las funciones biológicas y útiles para diagnosticar el estado de salud del cuerpo (base de funcionamiento del electroencefalograma, electrocardiograma) La razón de que existan diferencias de potencial en varios puntos de la superficie del cuerpo puede atribuirse a las características eléctricas de las células musculares y nerviosas. Al llevar a cabo sus funciones biológicas, estas células utilizan átomos y moléculas cargados. Por ejemplo, utilizan iones sodio y potasio positivamente cargados y iones de cloro negativamente cargados que existen en las células y en el fluido intercelular fuera de éstas. Como resultado de las partículas cargadas, se generan campos eléctricos que se extienden a la superficie del cuerpo y producen pequeñas diferencias de potencial. Otro ejemplo es: si muchos axones (fibras nerviosas) se encuentran en actividad simultáneamente, el potencial del cuerpo variará, aproximadamente con relación a esa actividad, los cambios observados en la superficie son como máximo de $50\mu V$.

La diferencia de potencial entre dos puntos cambia con los latidos del corazón.

Se puede considerar al cuerpo humano entonces como un conductor, por lo que es propenso a ser afectado por un rayo.

Un choque eléctrico puede producir heridas serias y algunas veces fatales. La gravedad de la herida depende de la magnitud de la corriente y de las partes por las que pasan las cargas en movimiento. La cantidad de corriente que el cuerpo siente como un ligero hormigueo es aproximadamente de 0,001 A. Corrientes del orden de 0,01 a 0,02 A pueden provocar espasmos musculares (contracciones involuntarias, y a menudo dolorosas, de los músculos, que pueden hacer que se endurezcan o abulten), Corrientes aproximadas de 0,2 A son potencialmente fatales porque pueden causar fibrilación cardiaca (Cuando el ritmo cardiaco normal se pierde y se produce una arritmia). Corrientes sustancialmente mayores detienen por completo el corazón. Sin embargo, dado que a menudo el corazón comienza a latir

normalmente una vez que cesa la corriente, las corrientes grandes pueden ser menos peligrosas que las pequeñas, que provocan fibrilación. Al caerle un rayo a una persona, la electricidad recorre todo el cuerpo hasta hacer tierra.

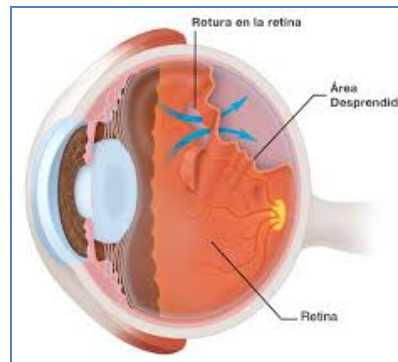


La corriente canaliza a través de las vías eléctricas propias del organismo.

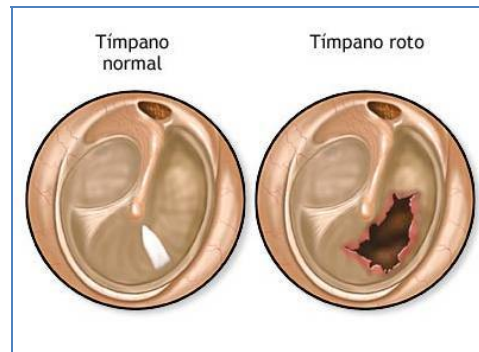
- Ruta 1: Sistema Autónomo Nervioso: recorre la columna vertebral y controla las funciones involuntarias como la respiración, digestión y frecuencia cardiaca.
- Ruta 2 y 3: La sangre y los músculos, repletos de electrolitos o sea ácidos, sales y otros minerales, esenciales para la vida y conductores de la electricidad.

Las tres proporcionan una vía a través del cuerpo directa al corazón, si éste sufre una descarga cardiaca de alto voltaje la carencia se alterara o incluso se puede parar. Igualmente en caso de sufrir la caída de un rayo, la probabilidad de muerte no es tan grande como puede parecer, ya que el 94% de los afectados sobreviven. No obstante, hay que tener presente que, si bien el impacto no resulta mortal, las secuelas pueden ser permanentes. Suponiendo que una persona sobreviva al impacto, el organismo alguno de los daños anormales e irreparables que puede sufrir son los siguientes:

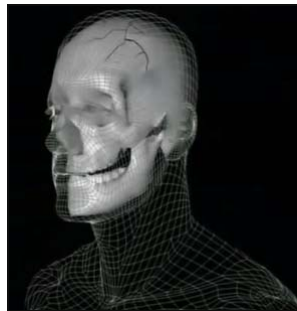
- Puede provocar espasmos a los vasos sanguíneos y dejarlos temporalmente paralizados.
- Una descarga cerca de la cabeza manda la corriente hacia los ojos y puede desprender la retina.



- El estruendo puede hacer estallar los tímpanos.



- En ocasiones puede fracturar el cráneo.



- Revienta los diminutos capilares dejando la “impronta mortal” de su recorrido por la piel a estas se las denomina figuras de Lichtenberg.



La resistencia del cuerpo humano varía entre aproximadamente 100 y $10^6 \Omega$, lo cual depende de varios factores. Por ejemplo una persona descalza sobre un piso mojado presenta mucho menos resistencia a la corriente, por lo que tiene mayor riesgo de recibir un choque eléctrico que una persona con calzado seco u gruesas suelas de hule. El hule seco presenta una resistencia bastante alta. Si la resistencia presentada por el cuerpo es tan pequeña como 100Ω , inclusive 20V es capaz de producir corrientes fatales.

Sabiendo que el corazón resiste una corriente entre 70mA y 1,0 A aproximadamente se puede calcular si una persona sufrirá consecuencias dependiendo del voltaje, utilizando la siguiente ecuación: $V = IxR$. A modo de ejemplo: una persona descalza ($R= 10^3 \Omega$) es afectada por un rayo ($5x10^7 V$)

$$V = I \times R$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{5 \times 10^7 \text{ J}}{10^3 \Omega}$$

$$I = 50000 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta los datos antes mencionados acerca de la resistencia del corazón se puede afirmar que la persona sufrirá consecuencias debido a una corriente de 50000A.

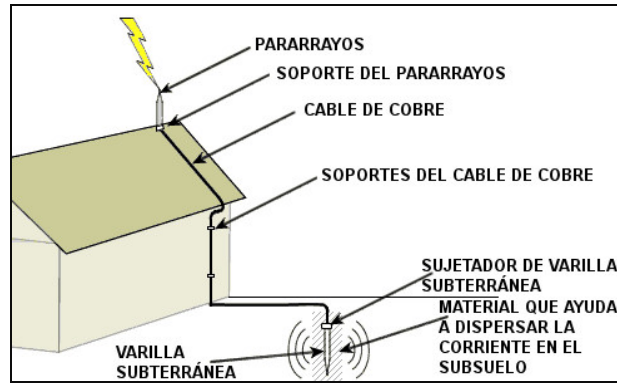
3.6 Protección

A partir de lo detallado anteriormente se puede afirmar que el rayo es un fenómeno meteorológico que genera severos efectos térmicos, eléctricos y mecánicos en función de su energía durante la descarga. Por lo cual a lo largo de los años se ha investigado este fenómeno y diseñado distintas tecnologías con el fin de reducir los daños que pueda provocar. Una de las invenciones más importantes fue el “Pararrayo”, un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizado para excitar, llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daño en las personas o construcciones.

El pionero de los pararrayos fue Benjamín Franklin. En 1752, Benjamín Franklin realizó el siguiente experimento: remontó un barrilete en una tormenta con un hilo mojado para conducir la electricidad. El sostenía un tramo de hilo seco. El barrilete con punta metálica y una llave cerca del extremo, estaba sometido a un campo eléctrico, el cual provocaba un movimiento de cargas desde la nube hacia la tierra, donde estaba Franklin registrando pequeñas descargas. En base a este experimento se empezaron a crear los primeros pararrayos.



Desde entonces, la industria del pararrayos ha evolucionado y se fabrican modelos de distinto diseño como pararrayos en punta simple, pararrayos con multipuntas o pararrayos con punta electrónica, pero todos con el mismo principio físico de funcionamiento: ionizar el aire a partir de un campo eléctrico natural generado en el suelo por la tormenta, con el principio de excitar y captar los rayos que pudieran caer en la zona que se desea proteger. El radio de zona de protección depende del ángulo de apertura de cono y este a su vez de cada tipo de protección.



Por otro lado muchos dispositivos que empleamos en nuestra vida cotidiana están provistos de una “Jaula de Faraday”: los microondas, escáneres, cables, etc. Otros dispositivos, sin estar provistos de una jaula de Faraday actúan como tal: los ascensores, los automóviles, los aviones, etc.

Una Jaula de Faraday es una caja metálica que protege de los campos eléctricos estáticos. Se debe su nombre al físico Michael Faraday(1791-1867), que construyó una en 1836. Se emplean para proteger de descargas eléctricas, ya que en su interior el campo eléctrico es nulo.

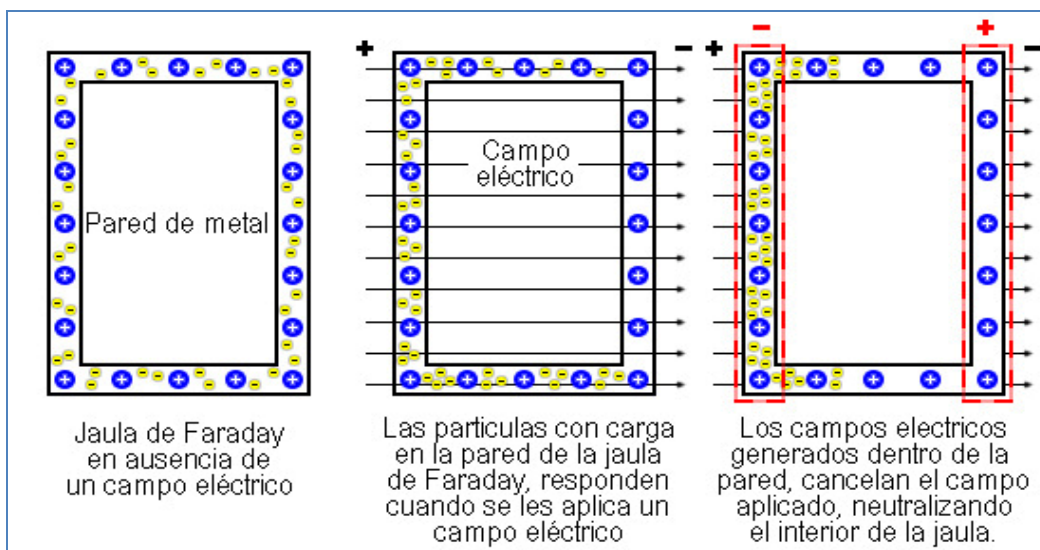
El funcionamiento de la Jaula de Faraday se basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático. Cuando la caja metálica se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red; los electrones, sin embargo, que en un metal son libres, empiezan a moverse puesto que sobre ellos actúa una fuerza dada por:

$$\vec{F} = e\vec{E}$$

Donde e es la carga del electrón.

Como la carga del electrón es negativa, los electrones se mueven en el sentido contrario al campo eléctrico y, aunque la carga total del conductor es cero, uno de los lados de la caja (en el que se acumulan los electrones) se queda con un exceso de carga negativa, mientras que el otro lado queda con una deficiencia de electrones (carga positiva). Este desplazamiento de las cargas hace que en el interior de la caja se cree un campo eléctrico de sentido contrario al campo externo.

El campo eléctrico resultante en el interior del conductor es por lo tanto nulo.



Como en el interior de la caja no hay campo, ninguna carga puede atravesarla; por ello se emplea para proteger dispositivos de cargas eléctricas. El fenómeno se denomina apantallamiento eléctrico.

Por lo que por ejemplo el hecho de que la carrocería de un auto sea conductora es lo que evita que ocurran daños importantes en el interior del vehículo.

Dado que las cargas en un material conductor siempre están en su superficie, no hay carga neta en su interior por lo cual el interior queda completamente protegido de cualquier carga eléctrica. Las cargas del rayo se repartirán por la superficie de la carrocería. Si los pasajeros no están en contacto con ninguna parte metálica en la cabina, entonces estarán perfectamente a salvo aunque caiga un rayo sobre el coche.

Otro hecho que contribuye a reducir los daños es que el único punto de contacto del auto con el exterior son las ruedas, que son muy aislantes. Eso significa que la carga que ha aterrizado en la carrocería está atrapada en ella, no hay un contacto eléctrico directo con ningún otro cuerpo. Al quedarse atrapada en la carrocería, las corrientes superficiales que se forman son menores. Al final, la carga se acaba disipando en la tierra a través de arcos voltaicos (una especie de rayos más pequeños entre el auto y el suelo).



Es decir que por un lado su carácter metálico hará más probable que caiga un rayo sobre el automóvil, pero por otro lado el efecto de jaula de Faraday nos mantendrá a salvo. Aunque si es posible siempre es mejor durante una tormenta quedarse en casa.

4. Conclusiones

Actualmente se puede decir, en líneas generales, que se sabe que pasa dentro de una tormenta eléctrica, que existen tecnologías para la protección y prevención de las consecuencias de la caída de rayos; y todo lo mencionado tiene una explicación y fundamento físico como se demostró a lo largo del informe.

Personalmente puedo decir que la realización de este seminario fue muy positiva ya que me permitió afianzar conceptos vistos en teoría y aprender algo nuevo como es el por qué de este fascinante fenómeno.

A partir de la búsqueda de información sobre la caída de rayos en distintas fuentes pude comprender lo relacionado íntimamente que esta la Física con la Biología y la cantidad de conceptos ya conocidos que explican las razones del tema en cuestión.

Finalmente decir que el campo de tormentas eléctricas continúa siendo muy activo y queda mucho por descubrir, como dijo Isaac Newton *“Lo que sabemos es una gota de agua, lo que ignoramos es un océano”*.

5. Bibliografía

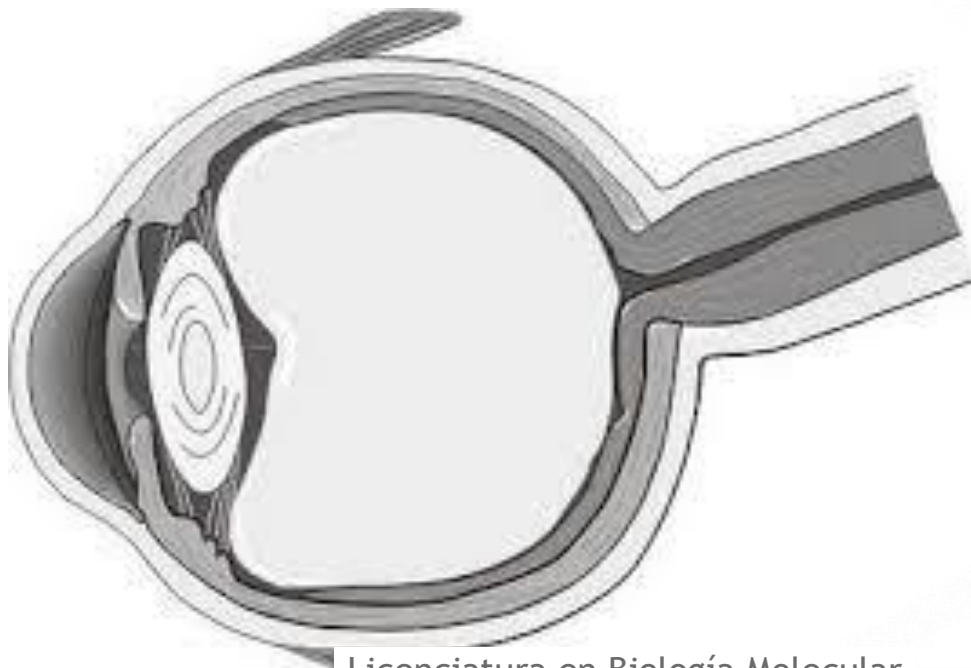
- Douglas C. Giancoli. Física Principios con Aplicaciones. Sexta edición. México, 2006, Pearson Prentice Hall.
- J.W.Kane. Física. Segunda edición. USA, 2000, Editorial Reverté S.A.
- Wilson, Buffa, Lou. Física. Sexta edición. México, 2007, Pearson Prentice Hall.
- <http://www0.unsl.edu.ar/~cornette>
- <http://136.145.236.36/isdweb/Curso-fisica-2/Presentaciones/pres123012.pdf>
- <http://miblogsobreenergia.blogspot.com.ar/p/sdf.html>
- <http://www.circulaseguro.com/cuando-cae-un-rayo-sobre-el-coche/>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Rayo>
- <https://www.youtube.com/watch?v=VfTcda-BE1E>
- <https://www.youtube.com/watch?v=1F6FmGIABdM>
- <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe50.html>
- <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/Tormentas.pdf>
- <File:///C:/Users/jumbo/Documents/RamirezRocha.pdf>
- <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/electro/jaula.html>

Veo Veo, ¿Cómo ves?

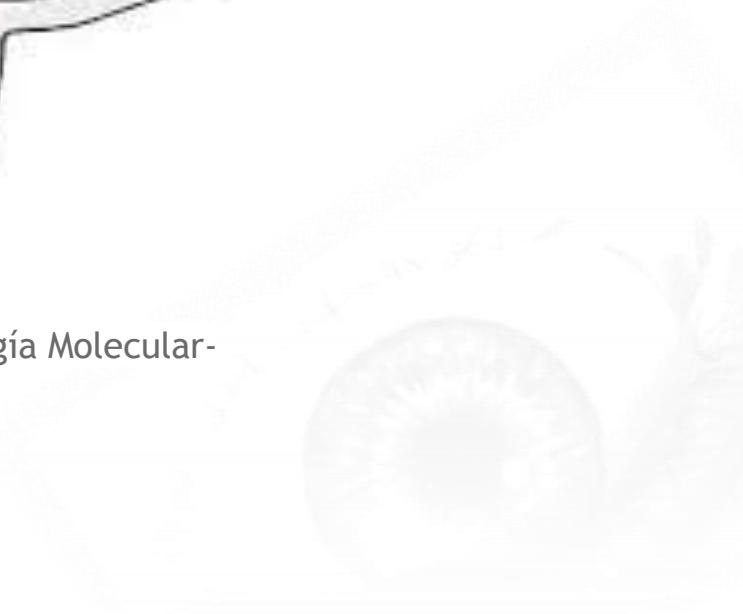
Una mirada al ojo humano.

Giaccagli, María Milagros.

Maldonado, Rocío.



-Licenciatura en Biología Molecular-



Índice:

1- Introducción	3
2- La física en la vida cotidiana	4
2.1- Fenómenos con onda	4
2.1.1- Reflexión.....	4
2.1.2- Refracción	5
2.2- Lentes	6
3- Veo Veo	8
3.1- ¿Cómo está compuesto el ojo?	8
3.2- Propiedades	9
3.2.1- Acomodación	9
3.2.2- Adaptación	10
3.2.3- Agudeza. Punto próximo y remoto	10
3.2.4- Sensibilidad	11
3.3- ¿Cómo ves? El ojo como sistema óptico	11
4- Oops, no te veo...	12
4.1- Miopía	12
4.2- Hipermetropía	12
4.3- Astigmatismo	13
5- Volver a ver. Corrección de problemas	13
5.1- Preparación y potencial de la lente: dioptrías	13
5.2- Una lente para cada gente	14
5.2.1- Lentes divergentes para la miopía	14
5.2.2- Lentes convergentes para la hipermetropía	14
5.2.3- Lentes cilíndricas para el astigmatismo	15
6- Conclusión	15
7- Bibliografía	16

1. Introducción

Los seres vivos interactuamos con el medio en el que nos encontramos y, en base a lo que percibimos, damos una respuesta o actuamos de una u otra manera. Aunque a veces no nos demos cuenta o no los apreciemos, las herramientas más útiles que poseemos los seres humanos (así como muchas otras especies) para interpretar nuestro alrededor y desarrollarnos son nuestros sentidos.

Para esta monografía, decidimos centrarnos en uno de ellos: la visión, sus defectos y cómo solucionarlos. El ojo humano es un sistema óptico que funciona como una lente convergente y forma imágenes reales e invertidas sobre la retina, a pesar de lo cual, las señales que llegan al cerebro son convertidas, de modo que percibimos las imágenes al derecho. Los problemas de visión como la miopía, el astigmatismo, y la hipermetropía pueden alterar la forma en que funcionan nuestros ojos, y así distorsionar las imágenes que se producen de los objetos que vemos.

La rama de la física dedicada a la óptica nos permite comprender cómo vemos, cómo funcionan nuestros ojos, que les ocurre cuando existe un problema de visión, y cómo podemos corregirlos.

2. La física en la vida cotidiana.

La óptica es el estudio de la luz y la visión. La visión humana requiere de la luz visible, cuya longitud de onda va de 400 a 700nm. Todas las ondas electromagnéticas comparten propiedades ópticas, como la reflexión y la refracción. La luz se comporta como una onda en su propagación y como una partícula (fotón) cuando interactúa con la materia.

2.1. Fenómenos con onda.

2.1.1. Reflexión

La reflexión implica la absorción y la reemisión de luz por medio de vibraciones electromagnéticas complejas en los átomos del medio reflectante. Sin embargo, este fenómeno se explica con facilidad mediante rayos.

Un rayo de luz que incide sobre una superficie se describe con el ángulo de incidencia (θ_i). Se mide a partir de una normal: una línea perpendicular a la superficie reflectante o reflectora. Asimismo, el rayo reflejado se describe por su ángulo de reflexión (θ_r), que también se mide con respecto a la normal. La relación entre estos ángulos se expresa con la ley de reflexión: el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, es decir:

$$\theta_i = \theta_r \quad (\text{Ley de reflexión})$$

Otro atributo importante de la reflexión es que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en un mismo plano, que a veces se llama plano de incidencia. Además el rayo incidente y reflejado están opuestos de la normal.

Reflexión interna total:

Un fenómeno interesante se presenta cuando la luz pasa de un medio ópticamente más denso a otro menos denso. Para cierto ángulo de incidencia, llamado ángulo crítico (θ_c), el ángulo de refracción es 90° y el rayo refractado se dirige a lo largo de la interfase entre los medios. Si el ángulo de incidencia es mayor al ángulo crítico, la luz ya no se refracta, sino se refleja internamente, a esta condición se la llama reflexión interna total.

A partir de la ley de Snell se puede deducir una ecuación para el ángulo crítico. Si $\theta_1 = \theta_c$ en el medio ópticamente más denso, $\theta_2 = 90^\circ$, y, en consecuencia,

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

2.1.2. Refracción

Refracción es el cambio de dirección de una onda en la interfase donde pasa de un medio transparente a otro. En general, cuando una onda incide en la frontera interfase entre dos medios, parte de la energía de la onda se refleja y otra parte se transmite también de forma parcial. Pero la dirección de la luz transmitida es distinta de la luz incidente. Se dice entonces que la luz se ha refractado; en otras palabras, ha cambiado de dirección.

Este cambio de dirección se debe al hecho de que la luz viaja con distinta rapidez en medios diferentes. De forma intuitiva, cabe esperar que el paso de la luz sea más lento a través de un medio con más átomos por unidad de volumen y, de hecho, la rapidez de la luz por lo general es menor en los medios más densos.

El cambio en la dirección de la propagación de la onda se describe con el ángulo de refracción. Utilizaremos las notaciones θ_1 para el ángulo de incidencia y θ_2 para el ángulo de refracción para evitar confusiones con θ_i y θ_r , que corresponden a los ángulos de incidencia y reflexión. El físico holandés Willebrord Snell (1580-1626) descubrió una relación entre los ángulos (θ) y la rapidez (v) de la luz de los medios

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Esta ecuación se llama ley de Snell. Note que θ_1 y θ_2 se miden con respecto a la normal.

Así, la luz se refracta cuando pasa de un medio a otro, porque su rapidez es distinta en los dos medios. La rapidez de la luz es máxima en el vacío; por eso, es conveniente comparar su rapidez en otros medios con este valor constante (c). Eso se hace definiendo un coeficiente llamado índice de refracción (n):

$$n = \frac{c}{v} \left(\frac{\text{rapidez de la luz en el vacío}}{\text{rapidez de la luz en el medio}} \right)$$

Como se trata de una razón entre valores de rapidez, el índice de refracción es una cantidad adimensional. El índice de refracción es una medida de la rapidez de la luz en un material transparente; técnicamente es una medida de la densidad óptica del material.

Una forma más práctica de la ley de Snell es la siguiente:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Donde n_1 y n_2 son los índices de refracción del primero y el segundo medio, respectivamente.

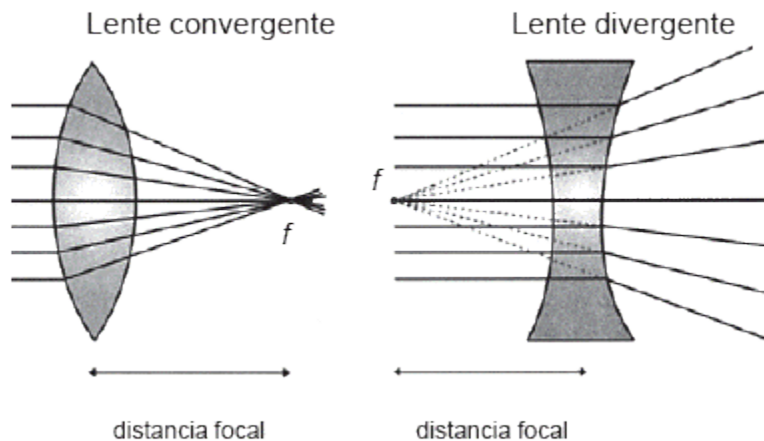
2.2. Lentes.

Una lente óptica se fabrica con un material transparente, una o ambas superficies tienen un contorno esférico. Las lentes esféricas biconvexas (con ambas superficies convexas) y bicóncavas (ambas superficies cóncavas) las lentes forman imágenes al refractar la luz que pasa por ellas.

Una lente biconvexa es una lente convergente: los rayos de luz incidentes paralelos al eje de la lente convergen en un foco (F) en el lado opuesto de la lente. Por otra parte, una lente bicóncava es una lente divergente: los rayos de luz incidentes y paralelos salen de ésta como si emanarían de un foco que estuviera en el lado de incidencia de la lente.

Hay varios tipos de lentes convergentes y divergentes. Las lentes menisco son las que más se usan en anteojos. En general, una lente convergente es más gruesa en su centro que en su periferia, y una divergente es más delgada en su centro que en su periferia.

Cuando la luz pasa por el interior de una lente, se refracta y se desplaza en sentido lateral. Si una lente es gruesa, este desplazamiento podría ser bastante considerable, lo que complicaría el análisis de las características de la lente. Este problema no se presenta con lentes delgadas, para las que el desplazamiento refringente, es decir causado por la refracción, de la luz transmitida es insignificante.



Una lente de caras esféricas tiene, para cada superficie:

- Centro de curvatura (C): el punto del eje óptico que corresponde al centro de la esfera de donde se cortó la sección de la lente
- Radio de curvatura (R): la distancia entre el vértice y el centro de curvatura.
- Foco (F): punto donde convergen rayos paralelos y cercanos al eje óptico que inciden sobre una lente cóncava.
- Distancia focal (f): la distancia del vértice al foco de los rayos paralelos cercanos al eje de una lente esférica. Los focos están a distancias iguales a ambos lados de una lente delgada.

Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.

Las caras opuestas de una lente, en general, se distinguen con los nombres de lado del objeto y lado de la imagen. El lado del objeto es la cara frente a la cual está el objeto, y el lado de la imagen es el lado contrario de la lente. Los tres rayos de un punto de un objeto se trazan como sigue:

- Un rayo paralelo es, como su nombre lo indica, paralelo al eje óptico de la lente en la incidencia y, después de la refracción, pasa por el foco del lado de la imagen en una lente convexa, o bien parece emanar del foco en el lado del objeto de una lente divergente.
- Un rayo central o principal es el que pasa por el centro de la lente, y no se desvía porque esta es “delgada”.
- Un rayo focal es el que pasa por el foco del lado del objeto en una lente convergente, o bien parece pasar a través del foco en el lado de la imagen de una lente divergente y, después de la refracción, es paralelo al eje óptico de la lente. .

La imagen de un objeto es real cuando se forma o se proyecta en el lado opuesto de la lente al que está el objeto y es virtual cuando se forma del mismo lado de la lente en el que está el objeto.

La distancia de la imagen y las características de una lente también se pueden determinar de forma analítica. La ecuación para lentes delgadas es:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

Donde s es la distancia del objeto al lente y s' la de la imagen al lente. Para utilizar esta ecuación hay que tener en cuenta la siguiente convención:

<i>Distancia focal (f)</i>	
Lentes convergentes	f es positiva
Lentes divergentes	f es negativa
<i>Distancia del objeto (s)</i>	
Siempre positiva	
<i>Distancia a la imagen (s') y tipo de imágenes</i>	
La imagen se forma en el lado de la imagen de la lente: el lado opuesto al del objeto (imagen virtual)	s' es positiva
La imagen se forma en el lado del objeto de la lente el mismo lado donde está el objeto (imagen virtual)	s' es negativa
<i>Orientación de la imagen (M)</i>	
La imagen esta derecha con respecto al objeto	M es positivo
La imagen esta invertida con respecto al objeto	M es negativo

Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.

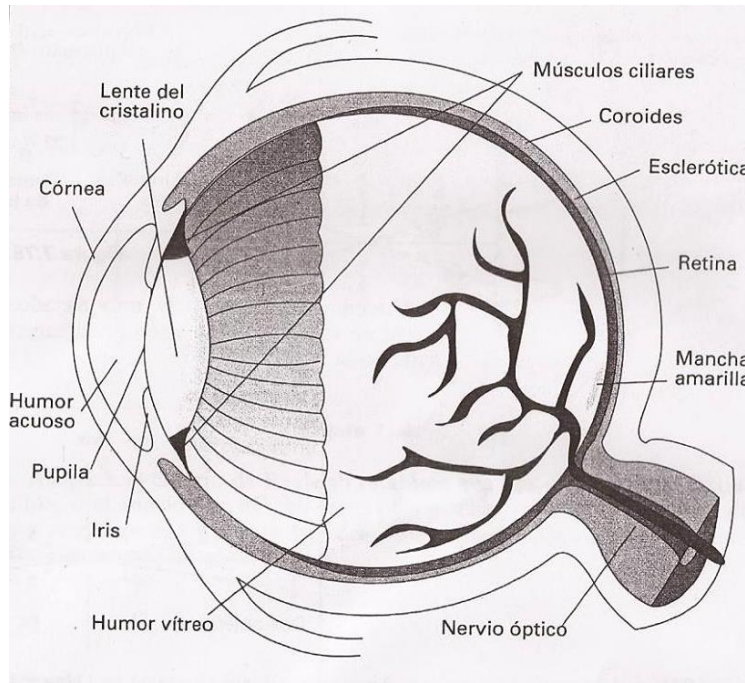
El factor de ampliación, que se define como la relación entre la altura de la imagen (h') y la del objeto (h), se determina mediante:

$$M = -\frac{s'}{s} = \frac{h'}{h}$$

3. Veo Veo.

3.1. ¿Cómo está compuesto el ojo?

El ojo humano tiene un alcance de intensidad de 10^9 , cubre un campo de visión de unos 180° , puede cambiar muy rápidamente su enfoque desde distancias muy cortas hasta el infinito y tiene un poder de resolución próximo al límite impuesto por la difracción. El ojo tiene una forma casi esférica, de unos 2,5cm de diámetro



La luz penetra en el ojo a través de una dura, fina, y transparente membrana denominada córnea que cubre el globo ocular. Tiene radio de curvatura de 0,8cm y un n de 1,376 que, por su contacto con el aire ($n=1$), producen la mayor parte de refracción de la luz en la formación de la imagen. En el interior se encuentra un líquido llamado humor acuoso, con un índice de refracción de 1,336.

Detrás está el iris, el anillo coloreado del ojo, que funciona como un diafragma muscular para regular la cantidad de luz que entra. Esto lo hace disminuyendo el diámetro de la pupila cuando la luz es intensa, o dilatándola cuando hay penumbra.

Más allá aparece el cristalino, formado por un material fibroso y gelatinoso, duro en el centro y se va haciendo más blando hacia el exterior. En promedio tiene un índice de refracción de 1,437 y proporciona ajustes finos para enfocar objetos a distancias

Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.

diferentes. Está sujeto por ligamentos a los músculos ciliares, que se relajan y se tensan para modificar la superficie del cristalino y enfocar imágenes lejanas y cercanas respectivamente. Detrás de él hay una gelatina ligera que recibe el nombre de humor vítreo, con un índice de refracción de 1,336, igual al del humor acuoso.

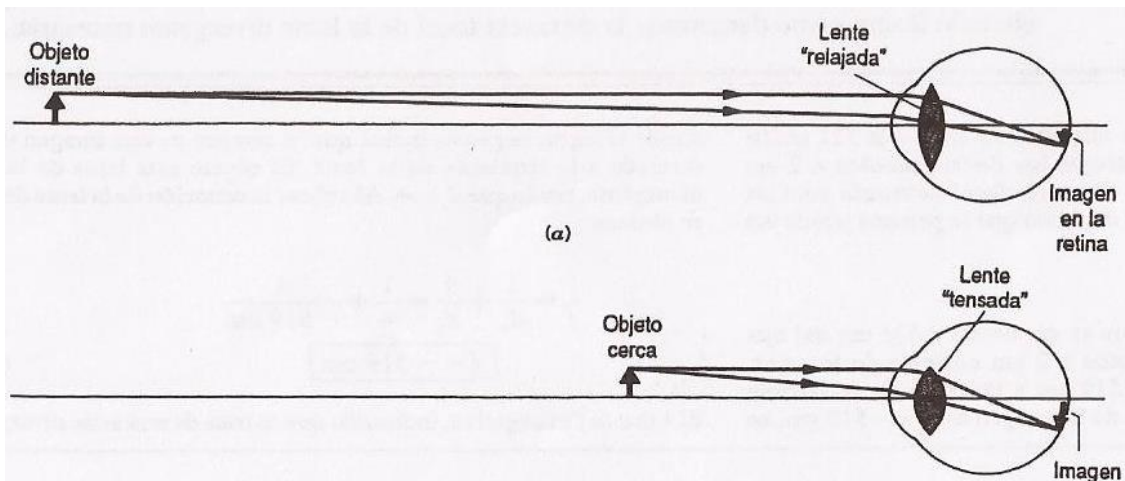
En el interior se encuentra globo ocular, recubierto por tres capas: una cubierta externa, fibrosa y opaca, llama esclerótica; una membrana oscura que absorbe la luz que no intervienen en la formación de imágenes, denominada coroides; y la superficie más interna, la retina: una membrana fina, delicada, muy irrigada y con muchas terminaciones nerviosas. En ella se hallan los conos y los bastones, células fotosensibles que junto con ciertos pigmentos se encargan de transmitir a través de las terminaciones nerviosas las imágenes visuales.

El ojo tiene una zona de sensibilidad máxima en una pequeña depresión de la retina, conocida como mancha amarilla o mácula, en cuyo centro se halla la fovea central, una diminuta región en la que la visión es mucho más aguda. El ojo tiende a girar de forma que el objeto que se examina produzca su imagen sobre la fovea central. Cuando las señales llegan a la fovea, el nervio óptico las transmite para que el cerebro forme las imágenes.

3.2. Propiedades.

3.2.1. Acomodación

Si los músculos ciliares están relajados, la superficie frontal del cristalino se mantienen relativamente plana y la luz de los objetos distantes convergen en retina. Cuando los músculos ciliares se contraen, la lente toma una forma más redondeada y su distancia focal disminuye, convergiendo entonces en la retina la luz procedente de los objetos próximos. Máxima variación de su potencia al pasar de enfocar objetos próximos a objetos lejanos. La acomodación disminuye con la edad, y la mayoría de la gente ve que su punto próximo va retrocediendo gradualmente hasta que ya no pueden leer cómodamente sin la ayuda de gafas correctoras.

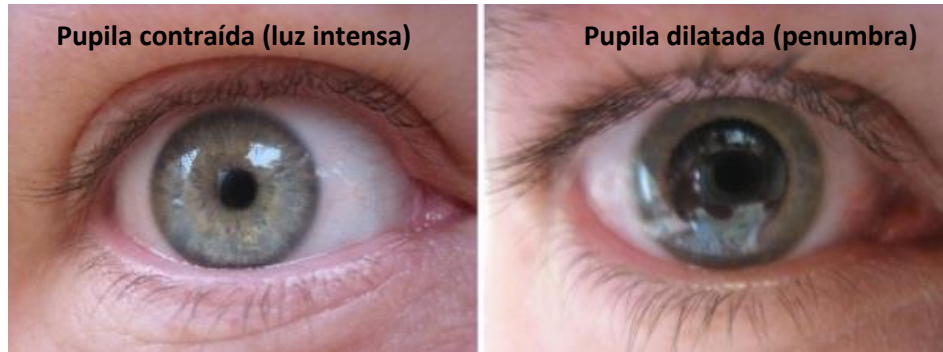


Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.

3.2.2. Adaptación

Otro de los mecanismos activos del ojo los proporciona el iris que se encarga de regular el diámetro de la pupila, haciéndolo disminuir cuanto mayor sea la intensidad. A este proceso se lo denomina adaptación.

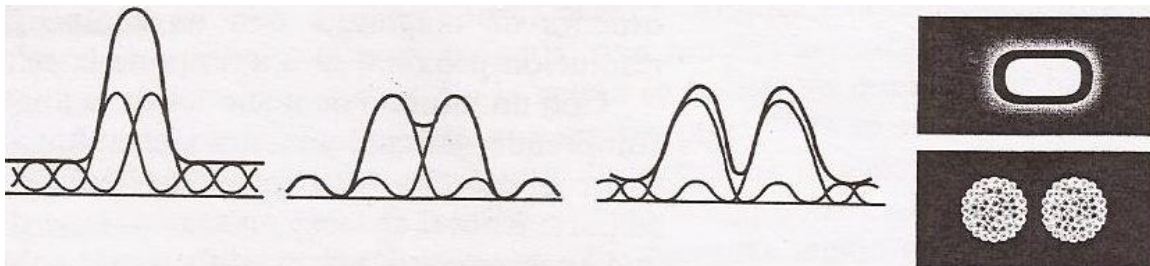
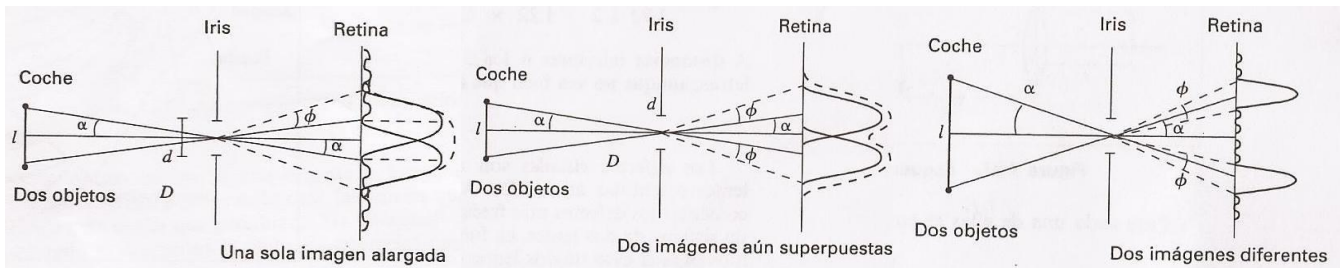


3.2.3. Agudeza. Punto próximo y remoto.

Mínimo ángulo entre dos objetos que el ojo puede distinguir como distintos. El primer mínimo de difracción cuando pasa la luz se produce a $\text{sen } \theta = 1,22\lambda/d$. Si una luz de 500nm de longitud de onda ($5 \times 10^{-7} \text{m}$) pasa por el iris ($d=5 \times 10^{-3} \text{m}$), se da que:

$$\theta \approx \text{sen } \theta = 1,22 \frac{\lambda}{d} = 1,22 \frac{(5 \times 10^{-7} \text{m})}{(5 \times 10^{-3} \text{m})}$$
$$\theta = 10^{-4} \text{rad}$$

Esto indica que la agudeza visual va a estar en este orden de magnitud. Para un ojo normal la agudeza visual θ_0 es alrededor de $5 \times 10^{-4} \text{rad}$ ($\approx 0.03^\circ$).



Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.

Como θ_0 es muy pequeño, se cumple que:

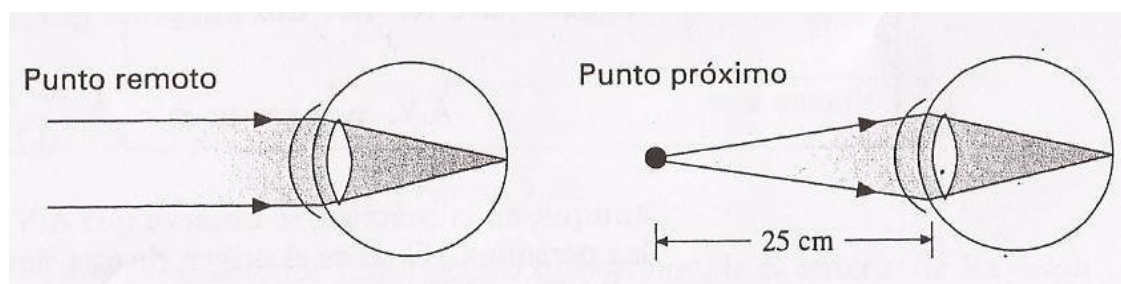
$$h = x_n \tan \theta = x_n \theta$$

En el ojo se distingue un *punto próximo*, que es la distancia mínima a la que se puede enfocar objetos. Esa distancia varía con la edad, pero en un adulto es de unos 25cm, distancia que tomaremos siempre como referencia en lo que sigue, por ser aquella para la que se da la mejor visión.

Con esto se puede calcular el tamaño de los detalles más pequeños que puede apreciar el ojo humano normal:

$$h = (25 \text{ cm}) 5 \times 10^{-4} \text{ rad} = 0,125 \text{ cm}$$

La máxima distancia a la que puede enfocar el ojo se la denomina *punto remoto*; para adultos normales ésta es prácticamente infinita. Veremos que los defectos de visión más normales están relacionados con alteraciones de esos puntos.



3.2.4. Sensibilidad

La sensibilidad es la intensidad mínima para ver un destello luminoso, y determina los límites de longitudes de onda para el espectro visible. La mínima longitud de onda visible para una persona con visión normal está dada por el cristalino y es de unos 380nm.

Aunque el límite de absorción de la córnea y el humor acuoso es mayor a los 1200nm, la máxima longitud visible está en los 700nm, ya que los conos y bastones no responden a longitudes mayores. Esto define el espectro visible.



Violeta	Azul	Verde	Amarillo	Anaranjado	Rojo
380–450 nm	450–495 nm	495–570 nm	570–590 nm	590–620 nm	620–780 nm

3.3. ¿Cómo ves? El Ojo como sistema óptico.

El sistema óptico ocular es convergente y, para ver claramente, los rayos de luz que inciden deben refractarse para formar una imagen nítida, real, invertida y de menor

Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.

tamaño que el objeto. Al llegar a la retina la luz ha atravesado cinco medios diferentes: aire ($n=1$), córnea ($n=1,376$), humor acuoso ($n=1,336$), cristalino ($n=1,437$), humor vítreo ($n=1,336$), refractándose en cada uno de ellos. Esto hace que los rayos puedan llegar con mayor precisión a región más sensible de la retina, la fovea, donde se forma la imagen.



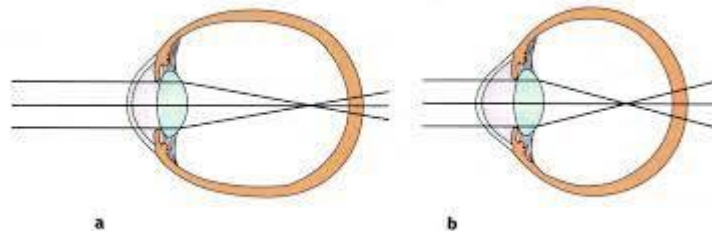
Una vez que los rayos llegan a la fovea, el nervio óptico transmite las señales para que el cerebro las analice y forme unas treinta imágenes por segundo, lo que da una apariencia de movimiento.

4. Oops, no te veo...

4.1. Miopía.

El ojo solo es capaz de enfocar objetos cercanos ya que cuando trata de enfocar un objeto distante, aunque esté completamente relajado, la imagen se forma en frente de la retina, haciendo que se vea borrosa. Esto se debe a que su distancia focal y el punto remoto se encuentran a una distancia mucho más corta de lo normal.

Se suele presentar cuando el globo ocular o la curvatura de la córnea son muy largos. Por esto los objetos se enfocan enfrente de la retina y no se distinguen con claridad.



4.2. Hipermetropía.

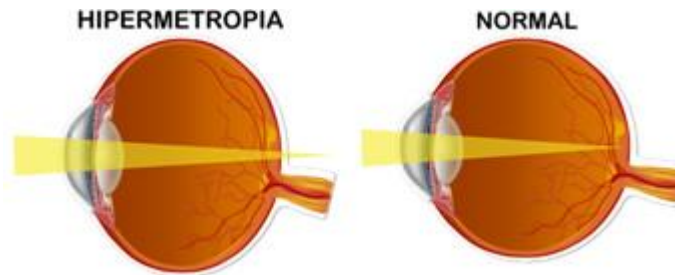
El ojo no puede enfocar los objetos cercanos. Para un ojo "normal" el punto próximo es de unos 25cm; pero para un ojo hipermetrope éste se encuentra considerablemente más lejos. Cuando se trata de enfocar un objeto cercano el ojo se

Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.

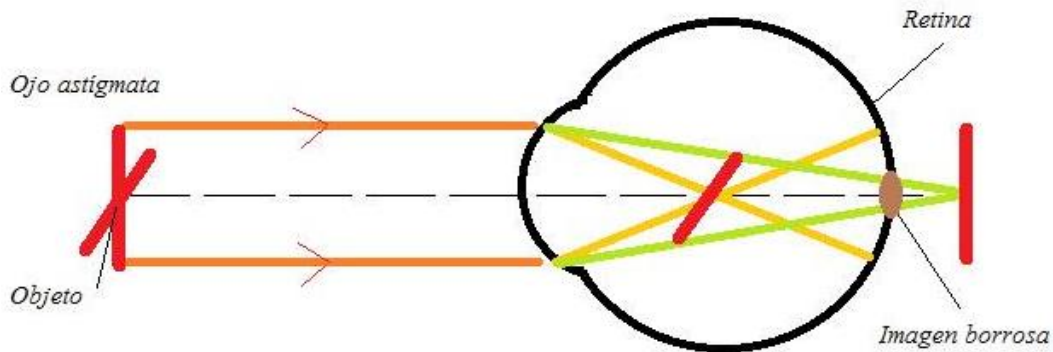
acomoda y trata de acortar su distancia lo más que pueda; sin embargo los rayos del objeto forman una imagen detrás de la retina, lo que hace que se vea borroso.

Un ojo hipermetrope es causado por un globo ocular muy corto o una córnea demasiado plano, lo que hace que la distancia mínima sea un poco mayor.



4.3. Astigmatismo.

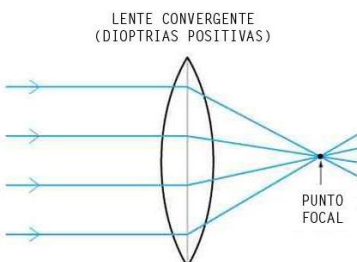
Es causado cuando la córnea o el cristalino no son totalmente redondos. Por esto el ojo astigmático enfoca los rayos en un plano y en otro a distancias diferentes, lo que los objetos se enfoquen como líneas cortas y que las imágenes se vean borrosas.



5. Volver a ver. Corrección de problemas.

5.1. Preparación y potencia de la lente: dioptrías.

Los optometristas usan la inversa a la distancia focal en metros para expresar la potencia (P) de una lente en unidades llamadas dioptrías (D).

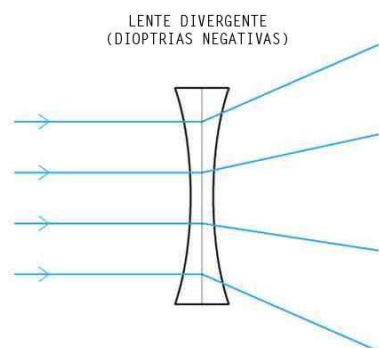


$$P \text{ (expresada en dioptrías)} = \frac{1}{f \text{ (expresada en metros)}}$$

Así, $1D = 1m^{-1}$. La ecuación del fabricante de lentes expresa la potencia de una lente en dioptrías, si los rayos de curvatura se expresan en metros.

Veo Veo, ¿Cómo ves?

Una mirada al ojo humano.



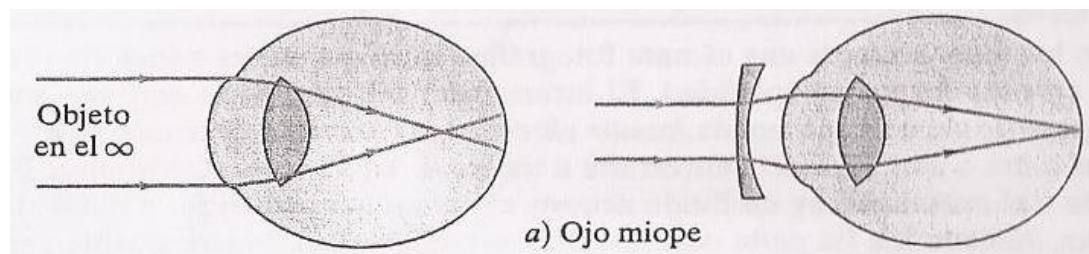
Cuanto mayor sea la potencia de la lente en dioptrías, menor es su distancia focal, y es más fuertemente convergente o divergente. Así, para corregir un problema de la vista más severo, se requieren lentes de mayor potencia y menor distancia focal que en el caso de un problema que se considera leve.

Las lentes para corrección de problemas visuales se pulen con superficies esféricas o cilíndricas superpuestas, para que el radio de curvatura de la lente sea diferente en distintos planos.

5.2. Una lente para cada problema.

5.2.1. Lentes divergentes para la miopía.

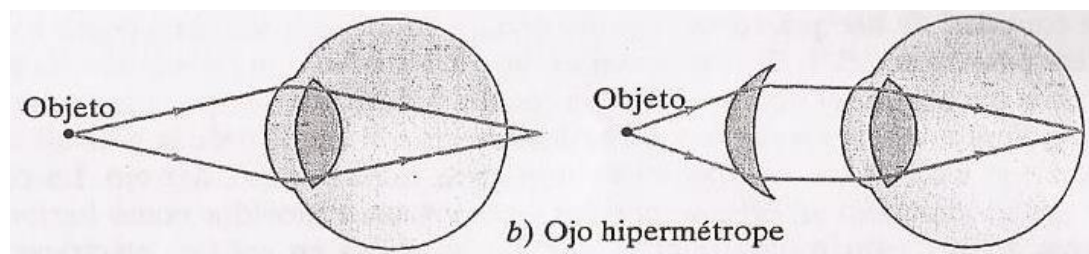
La miopía puede corregirse con lentes divergentes que divergen los rayos del objeto para que, cuando el ojo los refracte, la imagen se forme más atrás y caiga en la retina.



La lente divergente está diseñada para que un objeto muy lejano se transforme en una imagen ubicada en el punto remoto del ojo.

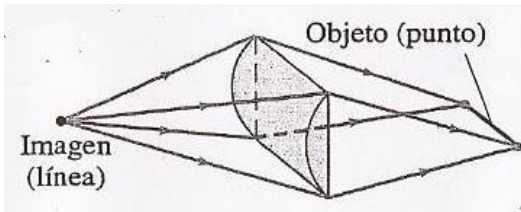
5.2.2. Lentes convergentes para la hipermetropía.

La hipermetropía puede corregirse con una lente convergente que refracte los rayos de luz más cerca del eje principal antes de que penetren en el ojo. Así, cuando el ojo vuelva a refractarlos, la imagen se forma más adelante, sobre la retina.

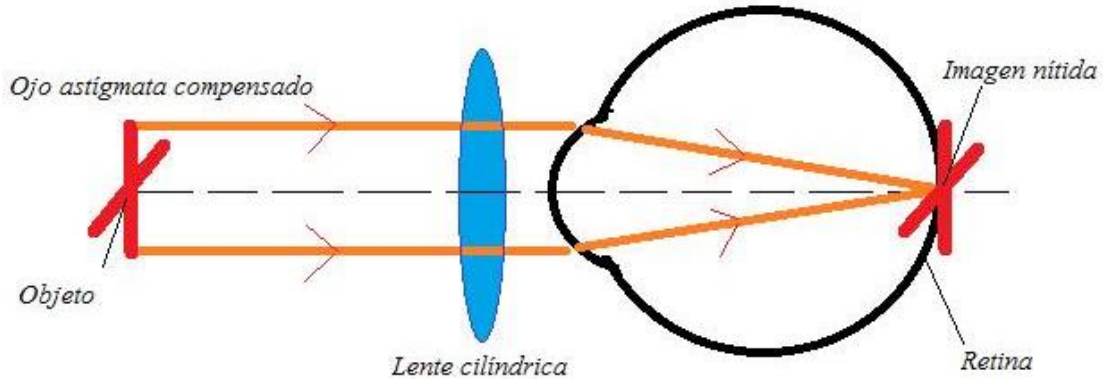


La lente convergente "aleja" el objeto cercano para que el ojo lo perciba como una imagen virtual ubicada sobre su punto próximo.

5.2.3. Lentes cilíndricas para el astigmatismo.



Como una persona con astigmatismo enfoca los rayos en un plano o en otro de forma diferente, el problema se corrige con una lente cilíndrica compensadora convergente en un solo plano para formar una imagen lineal del objeto que se enfoca.



6. Conclusión

Podemos concluir que, aunque no nos demos cuenta, la física forma parte de nuestra vida cotidiana. En el tema elegido, los conocimientos sobre conceptos físicos son de suma importancia, ya que nos ayudan a comprender cómo es el proceso de formación de imágenes que nos hace posible la visión.

Si bien los problemas de visión son muy comunes, no podemos imaginar un mundo en el que no podamos ver, y consideramos a este sentido muy importante para apreciar el mundo en el que vivimos. Por esto hacemos lo posible para que nuestros ojos estén sanos y para que no se nos distorsionen los objetos que enfocamos.

Para condiciones que pueden mejorarse con el uso de lentes, la física óptica y, particularmente, la física geométrica es imprescindible, porque determinan qué causa cada problema y cómo se pueden solucionar.

7. Bibliografía.

Libros:

- KANE, J.W.; Sterheim, H.H. *Física*. Barcelona: Segunda edición; Reverté, S.A., 2000. Reimpresión 2010.
- JOU, David; LLEBOT, Josep Enric; PERÉZZ GARCÍA, Carlos. *Física para ciencias de la vida*. Madrid: MC-Graw Hill, 1994.
- GIANCOLI, Douglas C. *Física*. México: Sexta edición; Pearson, Prentice Hall Inc., 2006.
- CUTNELL, John D; JOHNSON, Kenneth W. *Física*. México D.F: Quinta Edición, Limusa, 2004.
- Cuadernillo de teoría de clases: <http://www0.unsl.edu.ar/~cornette/teorias.html>
- WILSON, Jerry D; BUFFA, Antony J.; LOU Bo. *Física*. México: Sexta edición; Pearson, Prentice Hall, 2007.

Páginas Web:

- <http://www.clinicaimo.com/enfermedades/refraccion.html>
- <http://cienciasnaturales2mcrespo.blogspot.com.ar/2014/05/experimentos-con-la-luz-3-parte-13-4.html>
- <http://www.miopiamagna.org/miopia-magna/>
- http://www.nahui.com.pe/afec_cirefract.html
- <http://opticaporlacara.com/wp-content/uploads/2014/01/espectro-visible.jpg>
- <http://www.qvision.es/blogs/javier-martinez/2011/01/02/astigmatismo-y-lentes-de-contacto/>
- <http://www.sovran-guttenberg.com.ar/images/pupiladilatada.jpg>

¿Qué riesgos o complicaciones implican la utilización de un electrocardiógrafo y un electroencefalógrafo?



Alumna: Perez Mery Lorena.

Carrera: Profesorado de Biología.

Materia: Física.

Docente: Velasco Hugo.

Año: 2014



Introducción

El presente trabajo monográfico tiene como objetivo el poder conocer más acerca del funcionamiento de los electrocardiógrafos y electroencefalógrafos (creado por Hans Berger, Jefe de la unidad de psiquiatría de la Universidad de Jena, Alemania, en 1924), identificar en qué circunstancias se utilizan, también su conexión con la física y principalmente el tema a abordar son los riesgos y efectos secundarios que resultan sobre la utilización de los mismos.

Uno de los problemas es la obtención de señales biológicas-eléctricas generadas por el cuerpo y su debido procesamiento en los circuitos que se producen en el accionar de estos aparatos.

La elección de esta temática fue principalmente personal en parte por haber sido diagnosticada a través de un electroencefalograma con un tipo de cefalea tensional que posteriormente en distintos tratamientos neurológicos se me fue asistiendo para la búsqueda de una recuperación.

A lo largo de este trabajo iré resaltando los términos importantes relacionados a la teoría vista en la materia.

Electrocardiógrafos.



Son utilizados para detectar **señales eléctricas** de la actividad cardíaca, los cuales producen un electrocardiograma (ECG) que es su registro gráfico.

Este estudio registra el **voltaje** vs el tiempo de la actividad eléctrica del corazón.

Hay electrocardiógrafos monocanales y multicanales los que determinan en el paciente que tratamiento y/o medicación administrar para poder tratar sus anomalías que hacen que el funcionamiento del corazón no sea el normal dentro de los parámetros propios de la edad de cada paciente.

Los electrocardiógrafos detectan **potenciales eléctricos** de un milivoltio (mV) esto es aproximadamente 10^{-3} voltios (V) y **las diferencias de voltaje** de los electrodos que se debe a la **actividad eléctrica** del corazón.

Un punto importante es la disposición de los electrodos cuando se colocan en la superficie corporal, que son 12 (en los que se encuentran las derivaciones de miembros bipolares y unipolares, y precordiales) que para su registro se utilizan las siglas de las palabras "Augmented Vector" (vector aumentado).

También son empleados como un simple examen de rutina o chequeo en personas mayores de 40 años, como prueba de rutina antes de una cirugía, personas con antecedentes de enfermedades cardíacas para observar su situación o también pacientes que han sido intervenidos quirúrgicamente con la colocación de un marcapaso.

En las distintas formas de ECG las **ondas P** (onda del electrocardiograma que representa la despolarización de la zona auricular) y **ondas T** (onda del electrocardiograma que representa la repolarización de la zona ventricular) varían en **amplitud** y **polaridad** aunque también se registren cambios en la **frecuencia**, **período**, **forma**, etc.

Uno de los inconvenientes que pueden ocurrir es que en algún movimiento corporal se pueda generar una interferencia en el trazo del registro gráfico del ECG. Cada señal es amplificada y analizada por el electrocardiógrafo e impresa en el papel. Estos equipos pueden tener filtros para eliminar ciertas interferencias eléctricas del movimiento de los músculos, etc.

Para sintetizar el fin con el que se utilizan estos aparatos y el ECG podemos decir que registran:

- la **frecuencia** cardíaca
- la **amplitud** de la señal
- el tamaño de las **ondas**
- los **intervalos** entre los componentes de las **ondas**.

Y clínicamente:

- La presencia de latidos cardíacos irregulares o arritmias (ritmos anómalos), si el corazón late muy lento, muy rápido o de manera irregular.
- La presencia de un menor suministro de sangre u oxígeno al corazón.
- La presencia de un ataque cardíaco (infarto de miocardio) o si es probable que acontezca.
- La parte del corazón que puede estar afectada o la presencia de una miocarditis (inflamación del corazón)

Pero...

¿Qué riesgos o efectos secundarios podríamos mencionar en la utilización de éstos aparatos?

Aunque al ser un sistema completamente pasivo y no causa dolor podemos seleccionar entre otros algún efecto secundario como:

*El ruido de los artefactos o cables rotos o la mala limpieza de ellos

*La mala colocación de los electrodos pueden dar un mal diagnostico

*El movimiento del paciente

*La contextura (o muy gruesa o muy delgada) de la persona puede afectar la obtención de los distintos resultados

*Para **conductores aislados** a **diferentes potenciales** se producen pequeñas **corrientes** (llamadas **corrientes en fuga**) que fluye hacia el capacitor que se encuentra entre los dos **conductores**, es decir que es necesario contar con un cable con una conexión a tierra.

*No se debe realizar sin la presencia de un médico.

Electroencefalograma.



En este estudio se recoge la **actividad eléctrica** del cerebro, también se puede registrar durante el sueño. Esta actividad se almacena, amplifica y al igual que electrocardiograma se representa en forma de líneas, plasmándose en forma digital y/o por un informe en donde se detallan los resultados de la misma.

Si de complicaciones se trata, para profundizar en la temática existen distintos patrones (normales y anormales) que pueden demostrarnos la existencia de lesiones o enfermedades.

Para la realización de un electroencefalograma (EEG) se colocan electrodos al paciente en distintas zonas de la cabeza, y se comienza con el registro de la actividad cerebral, la cual se recolecta con el paciente en reposo, con ojos cerrados o abiertos mientras se realizan diferentes ejercicios o maniobras a distintas **frecuencias** de una luz que se utiliza como estimulo y tiene una duraci3n de entre 15 a 25 minutos.

La actividad bioel3ctrica cerebral puede captarse por diversos procedimientos por ejemplo sobre el cuero cabelludo, en la base del cr3neo, el cerebro expuesto o en localizaciones cerebrales expuestas. Y para captar las se1ales se utilizan diferentes tipos de electrodos; superficiales (que se aplican sobre el cuero cabelludo) y toma el nombre de Electroencefalograma, basales (se aplican en la base del cr3neo sin necesidad de procedimiento quir3rgico) o electrodos quir3rgicos (que para su aplicaci3n es precisa la cirug3a y pueden ser corticales o intracerebrales) que toman el nombre de Electro corticograma o Estereo Electroencefalograma.

Tipos de Electrodos

Entre los superficiales podemos encontrar:

- 1) Adheridos
- 2) De Contacto
- 3) En casco de malla
- 4) De Aguja
- 5) Quir3rgicos

A continuaci3n se muestran im3genes de algunos tipos de electrodos que se utilizan:

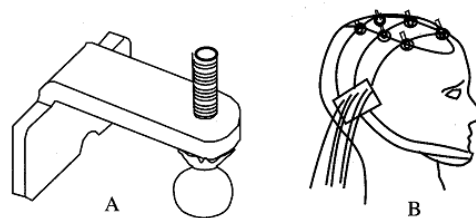


Figura 6.- A. Esquema de un electrodo de contacto. B. Colocaci3n de los electrodos de contacto.

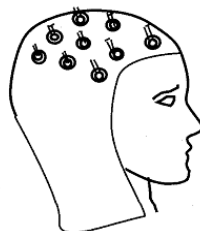


Figura 7.- Principio de colocaci3n de electrodos en casco de malla.

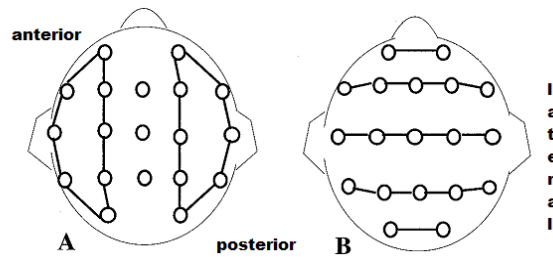
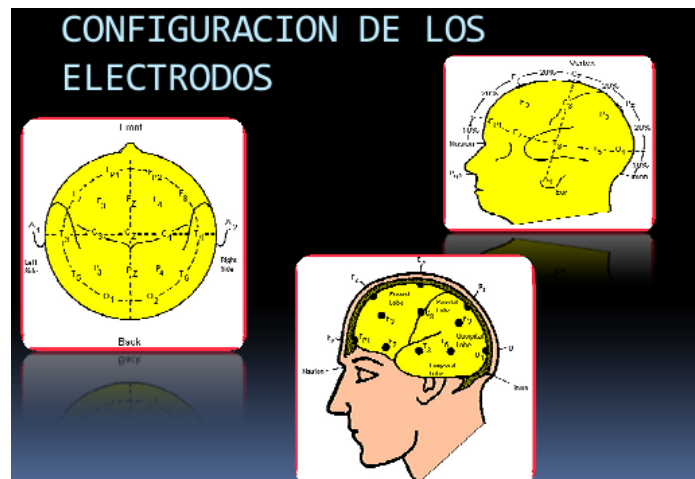


Figura 20. Esquema de un montaje A. longitudinal bipolar, B. transversal bipolar. Cada segmento situado entre dos puntos representa un canal de registro.



El uso de un mayor número de electrodos resulta en un incremento de la resolución espacial de la señal obtenida.

Hay ciertos parámetros que facilitan la interpretación del electroencefalograma cuando este es normal o patológico.

Es indispensable el conocimiento de la actividad normal en las diferentes edades y estados clínicos del paciente.

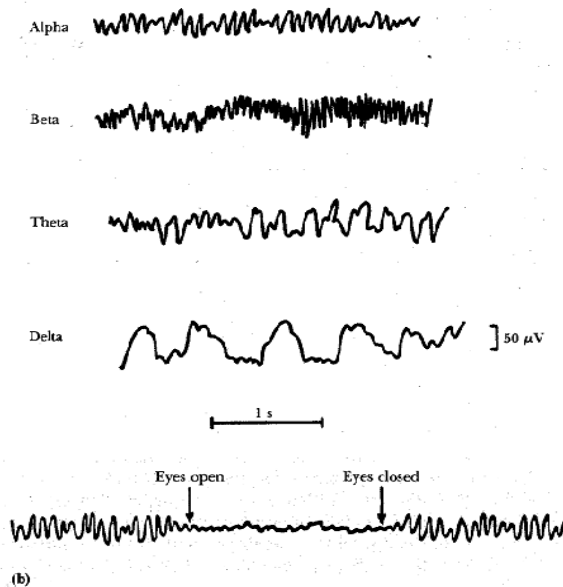
Las ondas del EEG se clasifican de acuerdo a su **Frecuencia** (número de veces que una onda se repite en un segundo) en cuanto a bandas, delta, theta, alfa y beta. **Amplitud**: determinada por la medición y comparación de la distancia entre la línea base y el pico de la onda expresada en uV y **Morfología**.

Banda delta: con una frecuencia de 0,1 a 4 Hz, amplitud variable, mayor de 50uV, distribución; propia de la infancia, niños menores de tres meses, fase 3 de sueño fisiológico y su aparición en el adulto debe ser considerado anormal.

Banda theta: frecuencia 4 a 7 Hz, distribución fronto-central, voltaje mayor de 40Uv, si es menor de 15uV puede ser considerada anormal, pero si se encuentra acompañada de un ritmo Alfa bien establecido se considera normal. Distribución propia de niños entre 3 meses y 5 años; fase 1 y 2 de sueño fisiológico, durante la hiperventilación y la fatiga.

Banda Alfa: frecuencia de 8 a 12 Hz, voltaje de 15 uV el cual puede variar según la edad, a mayor edad menor voltaje, según la distancia inter electrodos y cambios en la densidad ósea. Regulación rítmica. Distribución occipital. Simetría: una asimetría mayor del 50% se considera anormal y la reactividad se bloquea con la apertura ocular.

Banda Beta: frecuencia de 12 a 30 Hz, voltaje usualmente bajo. Se asocia al pensamiento activo, estado de alerta y resolución de problemas.



(b) Figura 21.- Ritmos normales en electroencefalografía.

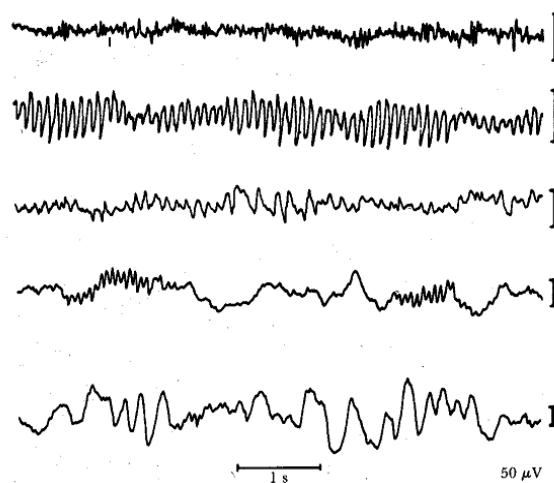


Figura 22.- EEG durante distintas fases del sueño.

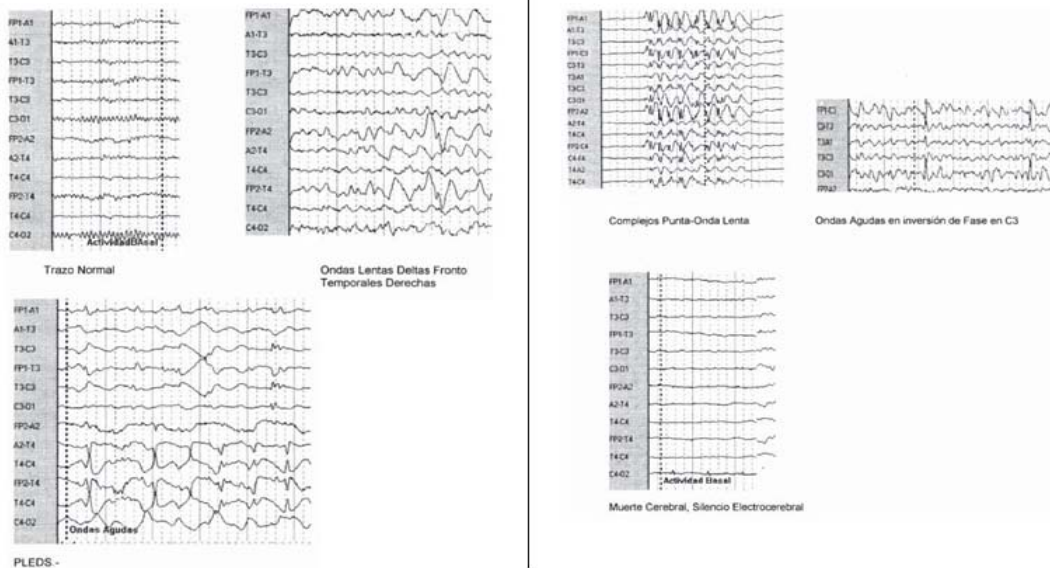
Se puede considerar que un trazo es normal cuando están ausentes los componentes anormales como las ondas o complejos distintos de la actividad de fondo y que se registren en una proporción de pacientes que sufren de distintas patologías cerebrales, estos son; puntas, ondas agudas, ondas lentas, etc.

El fin de la utilización del electroencefalógrafo es también observar lesiones como tumores, hemorragias, traumatismos, etc. (En este caso particular, me he realizado varios electroencefalogramas de los cuales el primero fue cuando se me detecto una cefalea de tipo

tensional y además ayudo a conocer mejor el trastorno y el daño, y los riesgos que existen en mi caso, después de varios años con este cuadro me han proporcionado un tipo de medicación especifica que también a lo largo de este tiempo ha sido modificada en cuanto a dosificación y administración)

Los factores de riesgo o efectos secundarios en la utilización de este aparato son:

- * Padecer alguna alergia a los componentes utilizados en el estudio (como la pasta conductora de la electricidad, el metal de los electrodos o el material con que está fabricado el gorro)
- * Puede haber algún paciente con rechazo a la fotoestimulación de distintas longitudes de onda, son luces intermitentes y brillantes o hiperventilación, en donde se le pide al paciente que respire de manera lenta y profunda durante varios minutos y lleva a un descenso del flujo sanguíneo cerebral y por lo tanto cambios en el EEG donde no es recomendable realizarlo.
- * Cuando se analiza visualmente el registro del EEG y se observan ondas lentas localizadas o sin sincronización, anomalías en la amplitud de las ondas y cuando el trazo se desvía de lo normal.
- *El aparato debe tener su batería bien cargada, así no se interrumpe el estudio.
- * Si los electrodos no se colocan del modo seguro y correcto con el suficiente gel o pasta puede haber alguna señal no tan clara en el registro gráfico.
- * Si el paciente no está relajado ni tranquilo o no sigue las indicaciones del tratante también puede haber interferencias, a excepción de pacientes con epilepsia.
- *Es muy importante ser cuidadoso al momento de realizar las mediciones en los pacientes para evitar fugas de corriente que afectaría al mismo.
- *Es recomendable no registrar estas medidas en presencia de campos electromagnéticos ya que la interferencia resultante sería excesiva.
- * Se recomienda tener precaución a la hora de realizar un EEG en personas con crisis epilépticas graves, ya que pueden desencadenarse fácilmente durante la prueba.



Bibliografía.

El presente trabajo está basado en la recopilación de distintos documentos en formato pdf, libros, publicaciones y páginas de internet seleccionadas con la seriedad e importancia que el trabajo requiere.

Estos son los enlaces:

- <http://www.elet.itchiuahua.edu.mx/academia/jnevarez/Mecatronica%20II/electroencefalografos.pdf>
- <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electroencefalografia.pdf>
- <http://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/pruebas-diagnosticas/electroencefalograma>
- <http://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/electroencefalograma-eeg-12529>
- <http://investigacion.unimagdalena.edu.co/revistas/index.php/duazary/article/view/602/565>
- http://www.acnweb.org/acta/2002_18_2_104.pdf
- http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/equipo_guias/guias_tec/17gt_electrocardiografos.pdf
- http://www.cenetec.gob.mx/cd_inter/guiapaciente/electrocardiograma.pdf
- <http://www.webdelasalud.es/-/prueba-electroencefalograma>



Llantén, Juan Marcos
Profesorado en Matemáticas

FISICA GENERAL

Indice:

❖ Introducción.....	3
❖ Fuerza de Coriolis:.....	4
➤ Historia.....	4
➤ Definición de sistema inercial y sistema no inercial.....	4
➤ Características.....	5
➤ Deducción de ecuación.....	5
➤ Calculo de desviación.....	7
➤ Efectos de la fuerza de Coriolis.....	8
▪ Ejemplo1= Desplazamiento de masas de aire.....	8
▪ Ejemplo2= Caída vertical.....	8
▪ Ejemplo3= lanzamiento de proyectil.....	9
▪ Ejemplo4= Péndulo de Foucault.....	9
▪ Ejemplo5= Mito del desagüe.....	10
❖ Bibliografía.....	11

Introducción:

Buscar un tema relacionado con la física general vista durante el curso, pero que no fuera tan obvia su aplicación con la biología, sino que fuera algo más teórica.

Cuando encontré la fuerza de Coriolis, lo que me llamo más la atención es que la nombraban “seudofuerza” y eso me hizo leer más sobre el tema.

La elección me pareció interesante para la complementación de la unidad de movimiento rotacional incorporando a la teoría dada las llamadas “seudofuerza” que son la fuerza centrífuga y la fuerza de coriolis, pero haciendo hincapié en este seminario en la fuerza de Coriolis.

Se tratara de resolver las pregunta a qué es la “fuerza” de Coriolis, cuál es su origen y por qué se puede notar su presencia en la Tierra. Realización de ejemplos.

LA “FUERZA” DE CORIOLIS

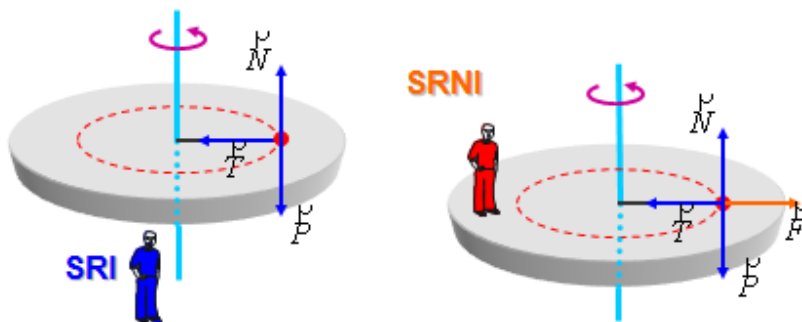
La Fuerza Coriolis, es descrita en 1836 por el científico francés Gaspard-Gustave Coriolis, que vivió en París durante la primera mitad del siglo XIX.

Este matemático e ingeniero escribió, entre otros importantes trabajos, el artículo “Sobre las ecuaciones del movimiento relativo en los sistemas de los cuerpos” (1835), donde introducía la que después se denominó “fuerza de Coriolis”. Este nombre se lo dieron los meteorólogos a finales del siglo XIX.

Pero Coriolis no mencionó ningún problema meteorológico en su artículo. Su interés principal era el funcionamiento de las ruedas de molino.

La ley de cinemática fundamental se basa en las ecuaciones dinámicas del movimiento de un cuerpo rígido. Pero su validez no se cifra a un cuerpo rígido, podemos utilizarlas siempre que queramos estudiar el movimiento de una partícula o de un sistema de partículas, respecto a un sistema de coordenadas en rotación. Un problema importantísimo de esta última categoría es la descripción del movimiento de una partícula relativo a ejes de coordenadas que giren con la tierra. Recordemos que los sistemas inerciales diciendo que son aquellos en los que son validas las leyes de Newton. Para muchos fines un sistema de coordenadas fijo en la tierra en rotación constituye una aproximación suficiente a un sistema inercial. Pero para un sistema no inercial, donde los ejes se encuentran en movimiento, hay que hacer pequeñas modificaciones para que las leyes de Newton sean validas.

En teoría hemos visto el movimiento de los cuerpos desde el exterior como observadores fijo en la tierra pero a veces nos conviene colocarnos dentro de un sistema en rotación.



Dentro de este sistema de coordenadas no inercial surgen nuevas fuerzas o seudofuerzas como es la centrifuga y la de coriolis,

CARACTERISTICAS

La fuerza Coriolis es producida por el movimiento que se genera a partir de la rotación de la tierra, en términos más generales es la que se produce del movimiento que se genera en los objetos que están sobre una superficie que rota.

La fuerza Coriolis no afecta a procesos pequeños donde su velocidad de rotación es mayor que la velocidad de la tierra.

La fuerza Coriolis lo podemos encontrar de diferentes maneras y en diferentes cosas que son a más escala es decir ya sea en corrientes de aires o corrientes marinas podemos apreciar el efecto presente y cuando tenemos que analizar algo podríamos analizar el lanzamiento de cohete o un misil.

Esta fuerza sólo se percibe por el objeto que viaja a grandes distancias y consiste en la desviación lateral del mismo dependiendo su posición de latitud y longitud respecto a la tierra:

Los cuerpos que se desplazan horizontalmente en el hemisferio norte se desvían hacia la derecha independientemente de su rumbo, tanto más, cuanto más alejados estén del ecuador, mientras que en el sur se desvían hacia la izquierda.

DEDUCCIÓN DE SU ECUACION

Por ejemplo: Dos personas A y B en reposo sobre una plataforma que gira con velocidad angular W , que están a una distancia r_A y r_B del eje de rotación, que pasa por la persona A arroja una pelota con velocidad horizontal v radialmente hacia la persona B en el borde de la plataforma. Desde un marco de referencia inercial la pelota no solo tiene v radialmente hacia afuera, sino también una velocidad tangencial v_A debido a la rotación de la plataforma. Por definición la $v_A = r_A W$ (velocidad de A) y $v_B = r_B W$ (velocidad de B) si $v_A = v_B$ la pelota lo alcanzaría a B, pero la velocidad de B es mayor que la de A ya que esta mas al borde de la plataforma, por lo tanto cuando la pelota llega al borde la persona B ya a pasado por ese lugar. Por lo tanto la pelota pasa por detrás de él, a este efecto se lo conoce como fuerza de coriolis que es perpendicular a la fuerza tangencial.



SRNI: La bola se desvía hacia la derecha debido a la Fuerza de Coriolis

En un sistema inercial se debe a que en un sistema en rotación los puntos más alejados del eje de rotación tienen velocidades lineales más grandes. Por otro lado en un sistema en rotación podemos describir el movimiento empleando la segunda ley de Newton, si agregamos un término correspondiente a esta fuerza de coriolis.

Primero calculemos la magnitud de la aceleración de coriolis:

Supongamos que v es grande y la distancia es chica entonces podemos omitir la gravedad.

La pelota se mueve radialmente hacia afuera a una distancia $r_B - r_A$ y con una velocidad v en un tiempo t dado por:

$$r_B - r_A = v \cdot t$$

Si la pelota se mueve a una distancia S_A

$$S_A = v_A t$$

Y si B se mueve una distancia S_B

$$S_B = v_B t$$

Entonces la pelota pasara detrás de B a una distancia S

$$S = S_B - S_A = (v_B - v_A) \cdot t$$

Como $v_B = r_B W$ y $v_A = r_A W$ entonces

$$S = (r_B - r_A) \cdot W t$$

Y si sustituimos $r_B - r_A = v t$

$$S = W v t^2 \tag{1}$$

Es un desplazamiento lateral visto desde un marco no inercial por lo tanto su aceleración es constante y por lo visto anteriormente en movimiento en dos dimensiones $y = \frac{1}{2} a t^2$ y para

este caso $S = \frac{1}{2} a t^2$, y si igualamos vemos que

$$a_{\text{cor}} = 2 W v \tag{2}$$

Esta relación es validad para una velocidad en el plano de rotación que es perpendicular al eje de rotación.

En caso general la aceleración es:

$$a_{\text{cor}} = 2 W \times v \tag{3}$$

De aquí se desprende que la fuerza de coriolis es

$$F = 2m \cdot (W \times v) \tag{4}$$

CALCULO DE LA DESVIACIÓN

El calculo de la desviación se simplifica mucho tomando el eje Z del sistema de coordenadas terrestre según la vertical hacia arriba .Si se toma el eje Y dirigido hacia el norte la ecuación de movimiento en la dirección X (hacia el este será) será

$$\frac{m d^2 x}{dt^2} = -2m(w v_y)_x = -2m w v_z \cdot \text{sen} \theta$$

Donde θ es la colatitud*. El efecto sobre v_z de la fuerza de coriolis constituiría una pequeña

corrección de la desviación, pero es muy pequeña, por lo tanto podremos calcular la velocidad vertical como si no hubiese fuerza de coriolis

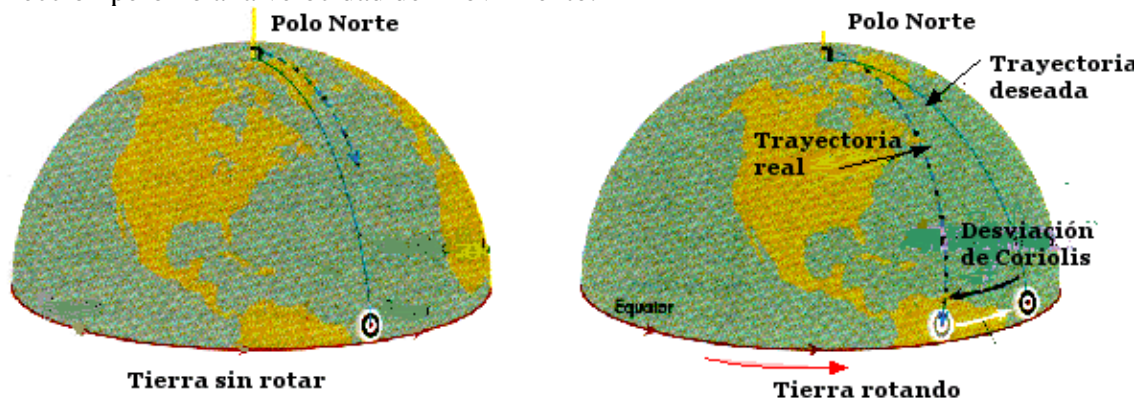
$$v_z = -gt \quad ; \quad t = \sqrt{\frac{2z}{g}}$$

Con estos datos si integramos la ecuación $\frac{m d^2 x}{dt^2} = -2m w v_z \cdot \text{sen} \theta$

Da la desviación

$$x = \frac{w g}{3} t^2 \sin \theta \quad (5)$$

La magnitud de la desviación debido a Coriolis es directamente proporcional a la velocidad horizontal del objeto en movimiento y al seno de la latitud ($\text{sen}(0^\circ)=0$, $\text{sen}(90^\circ)=1$ (0° es el ecuador y 90° es el polo norte) y $\text{sen}(-90^\circ)=-1$ si se considera el polo sur). El efecto es, por lo tanto, dependiente de la latitud en la cual nos encontremos. Será máximo en los polos, sur o norte, y decrecerá a medida que nos acercamos a los trópicos, siendo cero en el ecuador. La fuerza de Coriolis depende del movimiento mismo. Por lo tanto, afecta a la dirección pero no a la velocidad del movimiento.



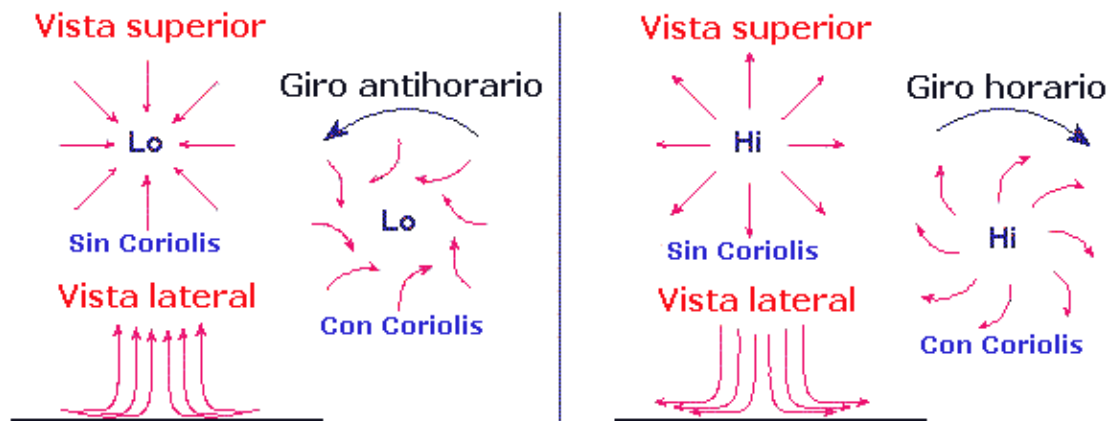
Decíamos que cuando un objeto inicia un movimiento apuntando en una dirección en el hemisferio sur (norte), sea cual sea esa dirección, la trayectoria real resulta curvada hacia la izquierda (derecha) respecto a la dirección inicial. Esto es debido a que la Tierra gira de Oeste a Este.

** En Coordenadas esféricas, colatitud es el ángulo complementario de la latitud, es decir la diferencia entre 90° y la latitud.*

EFFECTOS DE LA FUERZA CORIOLIS

Ejemplo1:

Si la Tierra no girara, el aire tendería a desplazarse desde un punto de alta presión hacia otro de baja presión. Al considerar la rotación de la Tierra, hay que añadir el efecto de Coriolis que hace que las moléculas del aire no se desplacen en línea recta desde la zona de alta presión la de baja presión, sino que sigan trayectorias curvas.



Ejemplo2:

Se deja caer una masa m desde una altura h , sobre la superficie terrestre en rotación. Si la tierra no girara la masa caería en la dirección de la Fuerza peso. Sin embargo, la tierra gira con una velocidad angular W en el Ecuador. La velocidad v' para un cuerpo que cae desde una altura h es gt . La fuerza de coriolis es igual $2mWv'$. Sustituyendo la velocidad v' en la ecuación de Coriolis nos queda:

$$F_c = 2mWgt$$

y como el t en caída libre es

para la velocidad hacia el este tenemos que

$$t = \sqrt{2g/h}$$

$$v = \int 2Wgt = Wgt^2$$

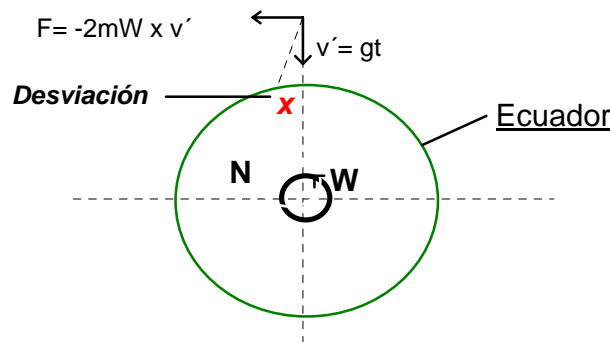
la desviación x nos queda

$$x = \frac{Wg \left[\sqrt{2g/h} \right]^3}{3}$$

entonces la desviación resulta

$$x = \int Wgt = \frac{Wgt^3}{3}$$

De esta manera, tomando $g = 9.8 \text{ m/seg}^2$ y $W = 1/7,27 \times 10^{-5} \text{ seg}$, si dejamos caer un cuerpo desde 100 m de altura la desviación x es de aproximadamente 2 cm.

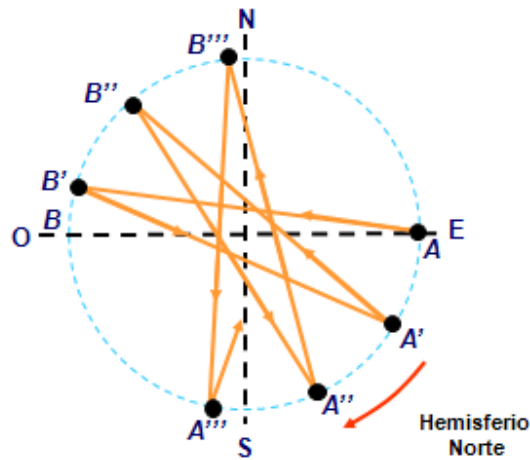


Ejemplo3:

Un ejemplo canónico de efecto Coriolis es el experimento imaginario en el que disparamos un proyectil desde el Ecuador en dirección norte. El cañón está girando con la tierra hacia el este y, por tanto, imprime al proyectil esa velocidad (además de la velocidad hacia adelante al momento de la impulsión). Al viajar el proyectil hacia el norte, sobrevuela puntos de la tierra cuya velocidad lineal hacia el este va disminuyendo con la latitud creciente. La inercia del proyectil hacia el este hace que su velocidad angular aumente y que, por tanto, adelante a los puntos que sobrevuela. Si el vuelo es suficientemente largo el proyectil caerá en un meridiano situado al este de aquél desde el cual se disparó, a pesar de que la dirección del disparo fue exactamente hacia el norte.

Ejemplo4:

se trata de un péndulo simple en el que una esfera pesada unida a un largo hilo metálico es libre de oscilar en cualquier dirección. Teóricamente en un péndulo el plano de oscilación se mantiene fijo en el espacio. Pero como resultado de la rotación de la Tierra, el plano de oscilación del enorme péndulo de Foucault gira lentamente. En concreto el giro depende de la latitud en la que nos encontremos, de tal modo que en los polos completa una revolución cada 24 horas. Fue inventado por el físico francés Jean Bernard León Foucault (1819-68) en 1851, y empleado por él mismo para mostrar de manera visual en un experimento la rotación terrestre.



Ejemplo5:

¿Qué ocurre en los desagües?

En los desagües se observa que el agua suele girar en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte, dextrógiro, y en sentido contrario a las agujas del reloj, devógiro, en el hemisferio sur. Con lo que algunos considerarán que esta experiencia empírica les da la razón. Pero hay que recordar que el efecto Coriolis no actúa ninguna fuerza que haga girar el agua en un sentido u otro.

Pero para que los experimentos sean fiables, hay que hacerlos en ciertas condiciones. Lo mejor es hacerlas en un lavabo semiesférico, con el desagüe situado en la parte inferior ya que así las formas no interferirán en el giro del agua. Se llenará de agua y se dejará reposar unas cuantas horas, para que el agua realmente repose. En esas condiciones, se quitará el tapón y se podrá observar que el agua vuelve a girar para salir por el desagüe, pero el giro del agua ya no tendrá por que ser en el sentido que se esperaba, y si se repite varias veces el experimento se observará en algunas ocasiones el agua gira según las agujas del reloj, y en otras al revés. En resumen, que el efecto Coriolis no produce ninguna fuerza que obligue a los líquidos a girar. Si no fuera así, el agua de las cascadas giraría mientras cae, y no lo hace.

Bibliografía:

- Física , Principio con aplicaciones (Giancoli)
- Física , Mecánica , onda y termodinámica (Roller)
- Física, Volumen 1 (Resnick)
- Mecánica Clásica (Golstein)
- Revista muy interesante

Seminario de Física 2014

EL OJO HUMANO



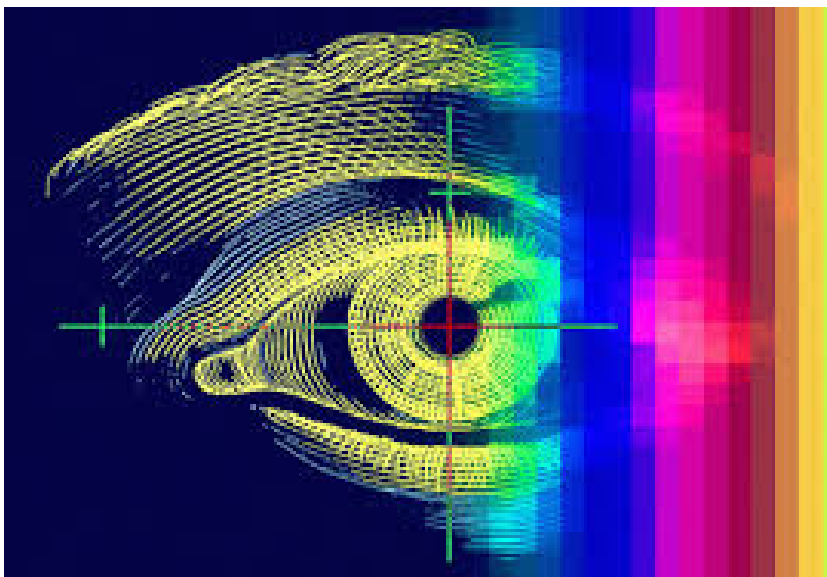
Alumna: Rey Marina Elizabeth

Carrera: Profesorado en Matemática

Profesor: Velasco Hugo

I. INTRODUCCION

El Ojo es órgano de la visión en los seres humanos y en los animales. Los ojos de las diferentes especies varían desde las estructuras más simples, capaces de diferenciar sólo entre la luz y la oscuridad, hasta los órganos complejos que presentan los seres humanos y otros mamíferos, que pueden distinguir variaciones muy pequeñas de forma, color, luminosidad y distancia. En realidad, el órgano que efectúa el proceso de la visión es el cerebro; la función del ojo es traducir las vibraciones electromagnéticas de la luz en un determinado tipo de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro. Y lo que en este trabajo se pretende conocer su funcionamiento y las dificultades de la visión a partir de los aportes de la física, como así mismo como se pueden corregir con el empleo de distintas lentes según su funcionamiento.



II. CONCEPTOS FISICOS RELACIONADOS

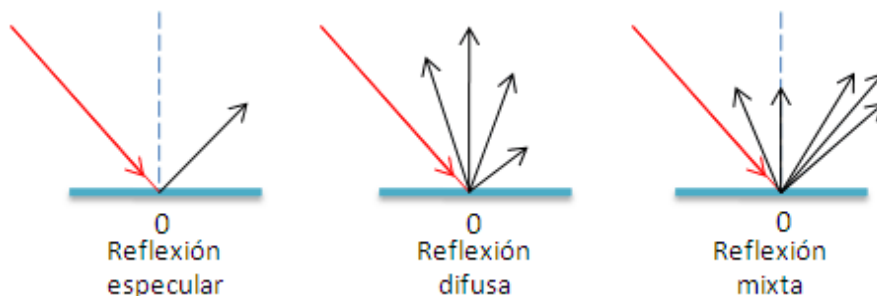
- **Luz Visible**

La luz visible es una de las formas como se desplaza la energía. Las ondas de luz son el resultado de vibraciones de campos eléctricos y magnéticos, y es por esto que son una forma de radiación electromagnética (EM). La luz visible es tan sólo uno de los muchos tipos de radiación EM, y ocupa un pequeño rango de la totalidad del espectro electromagnético. Sin embargo, podemos percibir la luz directamente con nuestros ojos, y por la gran importancia que tiene para nosotros, elevamos la importancia de esta pequeña ventana en el espectro de rayos EM. Las ondas de luz tienen longitudes de onda entre 400 y 700 nanómetros (4 000 y 7 000 Å).

Los vecinos de la luz visible en el espectro EM son la radiación infrarroja de un lado, y luz ultravioleta del otro lado. La radiación infrarroja tiene longitudes de ondas más largas que la luz roja, es por esto que oscila a una frecuencia menor y lleva consigo menor energía. La radiación ultravioleta tiene longitudes de ondas más cortas que la luz azul o violeta, por lo que oscila más rápidamente, y porta mayor cantidad de energía por protón que la luz visible.

- **Reflexión**

Cuando la luz (u otro tipo de radiación electromagnética) incide sobre la superficie de un medio (gas, líquido o sólido) algunos rayos no son absorbidos, por el contrario son rebotados y se dispersan lejos de la superficie del medio en cuestión. El rayo que llega es denominado incidente y el que se desvía es denominado reflejado. La dirección en que sale reflejada la luz será determinada por el tipo de superficie. Si es una superficie brillante o pulida (espejo) se produce la reflexión regular en la que toda la luz sale en una única dirección denominándose reflexión regular o especular. Si la superficie es mate la luz sale esparcida en todas direcciones y se llama reflexión difusa. Sin embargo también puede ser reflexión mixta, en la que predomina una dirección sobre las demás (papel brillante, superficies metálicas sin pulir).



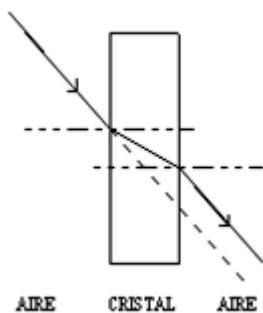
Diferentes tipos de reflexión de los rayos luminosos. La línea azul gruesa continua representa la superficie sobre la cual el rayo incidente (flechas rojas) se refleja y los rayos reflejados (líneas negras). La línea azul discontinua representa la normal (línea imaginaria perpendicular a la superficie, en el punto O, donde incide el rayo luminoso).

Las leyes de la reflexión son:

- El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado se encuentran en un mismo plano.
- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

- **Refracción**

Las propiedades de las lentes se deben gracias a los fenómenos de refracción que experimentan los rayos luminosos que las atraviesan. Cuando una radiación electromagnética en la forma de rayo luminoso, denominado incidente, viaja de un medio o una superficie y atraviesa otro medio, las ondas luminosas sufren el fenómeno conocido como refracción, el cual se manifiesta mediante una desviación en la dirección de la luz. Si el rayo incidente llega de manera perpendicular a la superficie de una lámina de vidrio, de superficies paralelas, no es desviado de su trayecto rectilíneo, pasando del aire al vidrio y de este último al aire nuevamente. Por el contrario, si el rayo incide de manera oblicua sobre la superficie de la lámina de vidrio (formando un ángulo con la normal a la superficie llamado ángulo de incidencia), es desviado de su dirección rectilínea, en principio al entrar al vidrio, pues pasa de un medio menos denso (aire) a otro medio de mayor densidad (vidrio) y es desviado nuevamente al salir del vidrio hacia el aire (formando un ángulo con la normal a la superficie llamado ángulo de refracción).



Refracción a través de una lámina de vidrio de superficies paralelas. La flecha representa el rayo de luz que es desviado al pasar del aire al vidrio y nuevamente al aire.

Cuando la luz pasa de un medio a otro, la velocidad de la onda disminuye. La nueva dirección que toma el rayo refractado depende de la densidad del medio que atraviesa. La refracción de la luz visible en las lentes es de vital importancia, pues les permite concentrar un haz de rayos luminosos en un punto específico.

Si se divide la velocidad de la luz en el vacío entre la que tiene en un medio transparente, obtenemos un valor que llamamos índice de refracción de ese medio y es el cociente entre velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio que se estudia:

$$n = \frac{c}{v}$$

n: índice de refracción

c: velocidad de la luz en el vacío

v: velocidad de la luz en el medio material transparente

El índice de refracción de un medio es una medida para saber cuánto se reduce la velocidad de la luz dentro del medio transparente en estudio. Si el índice de refracción del agua es $n = 1,33$, quiere decir que la luz es 1,33 veces más rápida en el vacío que en el agua y es un valor que tiene que ver con las propiedades de las lentes.

Material	Índice de refracción
Vacío	1
Aire *	1,00029
Agua (a 20° C)	1,333
Hielo	1,31
Diamante	2,417
Glicerina	1,473

Ejemplos del índice de refracción en algunos medios transparentes. (*) En condiciones normales de presión y temperatura, se considera 1 el valor.

La Ley de Snell relaciona el ángulo de incidencia con el ángulo de refracción y asegura que:

$$n_1 \text{ sen } \theta_i = n_2 \text{ sen } \theta_r$$

n_1 : índice del primer medio.

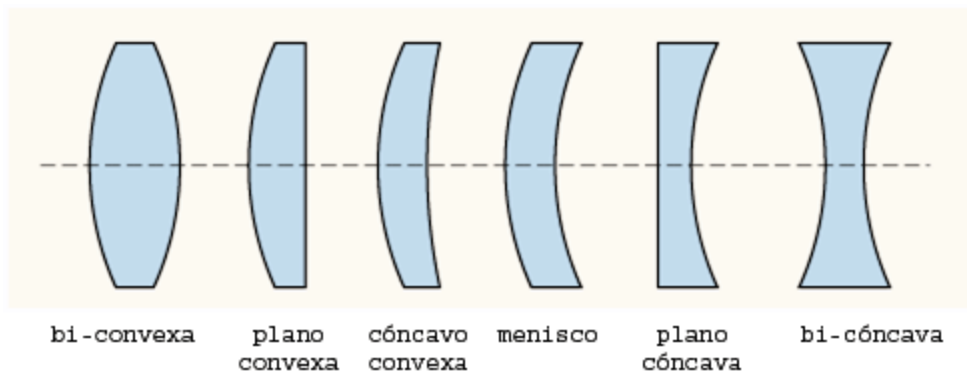
n_2 : índice del segundo medio.

θ_i : ángulo de incidencia.

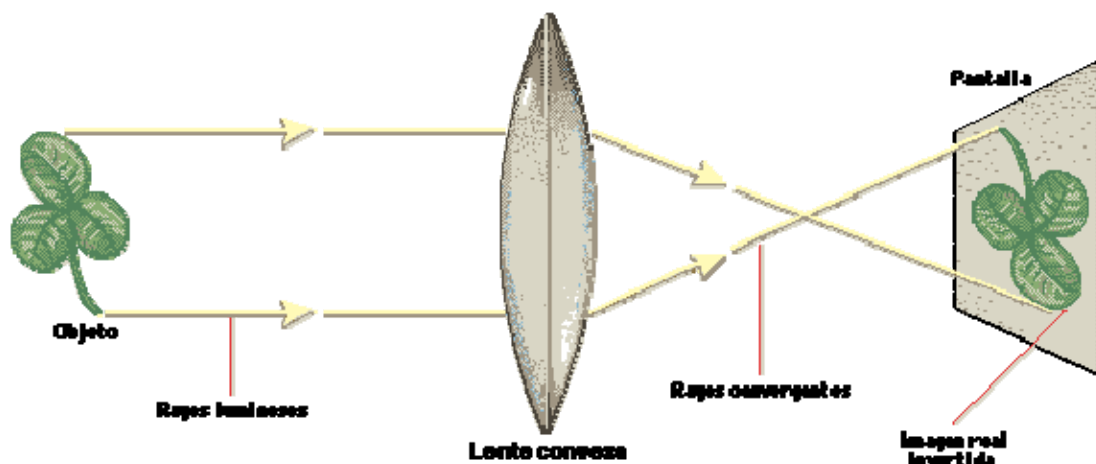
θ_r : ángulo de refracción.

- **Lentes, tipos y propiedades**

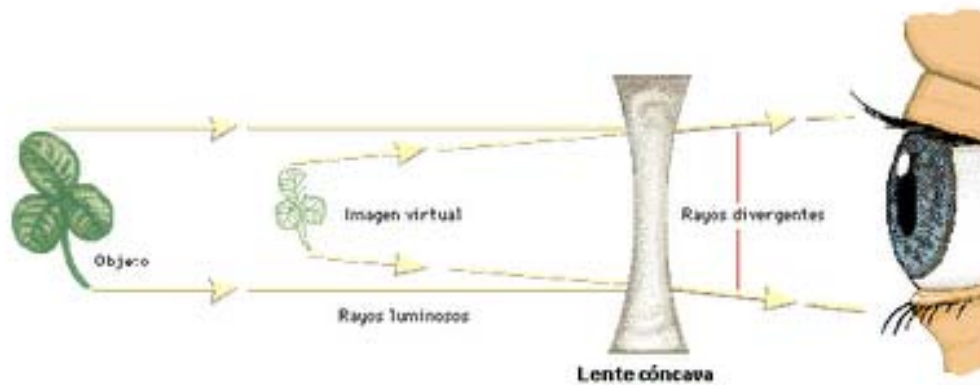
La palabra lente proviene del latín "lentis" que significa "lenteja" por lo que a las lentes ópticas se les llama así por su semejanza con la forma de la legumbre. Las lentes son instrumentos ópticos que concentran o dispersan los rayos de luz. Poseen dos superficies que pueden ser curvas (biconvexas, bicóncavas o cóncavo-convexas) o una de ellas puede ser plana (plano-convexa, plano-cóncava). Las lentes de superficies convexas se denominan positivas, convergentes, recolectoras o de aumento. Las lentes de superficies cóncavas son conocidas como negativas, divergentes, de dispersión y producen una imagen reducida. La acción de una lente depende de los principios de refracción y reflexión.



- Lente convexa o convergente: Este tipo de lentes tiene mayor grosor en el centro que en los extremos. Cuando la luz pasa por la lente, se desvía hacia dentro, es decir, converge formando una imagen del objeto en una pantalla que está situada al otro lado. La imagen del objeto estará enfocada siempre y cuando la distancia entre el objeto y el foco de la lente sea la adecuada. Una lente convergente forma una imagen real e invertida.

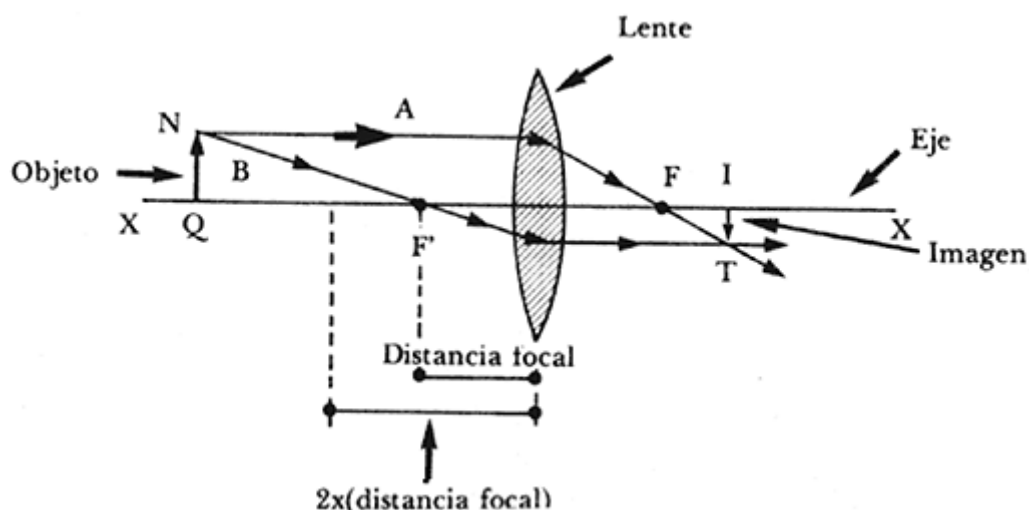


- Lente cóncava o divergente: Al contrario que las lentes convergentes, éstas son más delgadas en la parte central que en los extremos y están curvadas hacia dentro. Si se estudia el comportamiento de la luz cuando atraviesa una lente cóncava, ésta se desvía hacia fuera, es decir, diverge formando imágenes virtuales (no son imágenes reales como en el caso de las lentes convergentes). En este caso la imagen del objeto que se percibe es más pequeña y está situada delante del objeto.

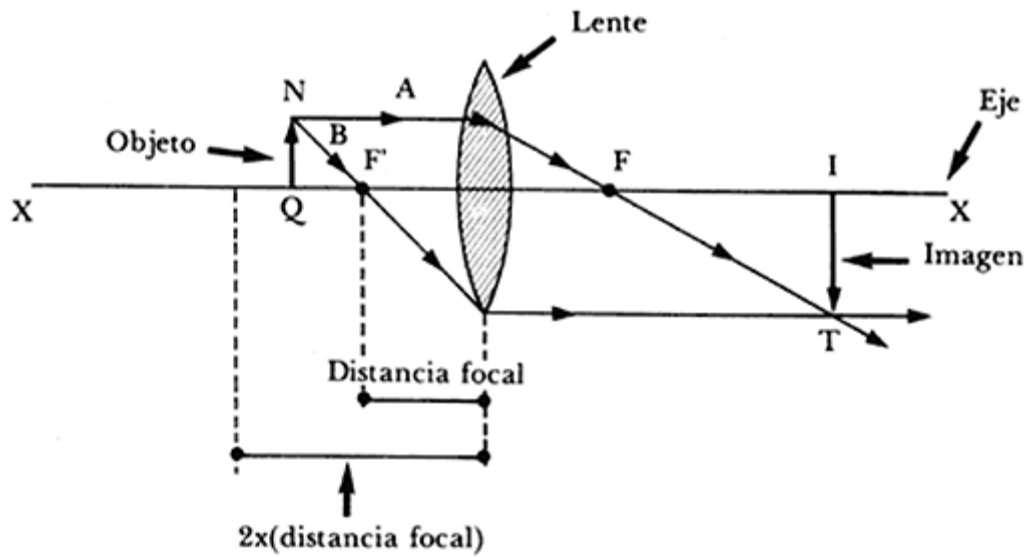


Tómese la lente biconvexa y un objeto. La imagen de este objeto va a variar dependiendo de si esta cerca o lejos de la lente. Se pueden presentar tres casos:

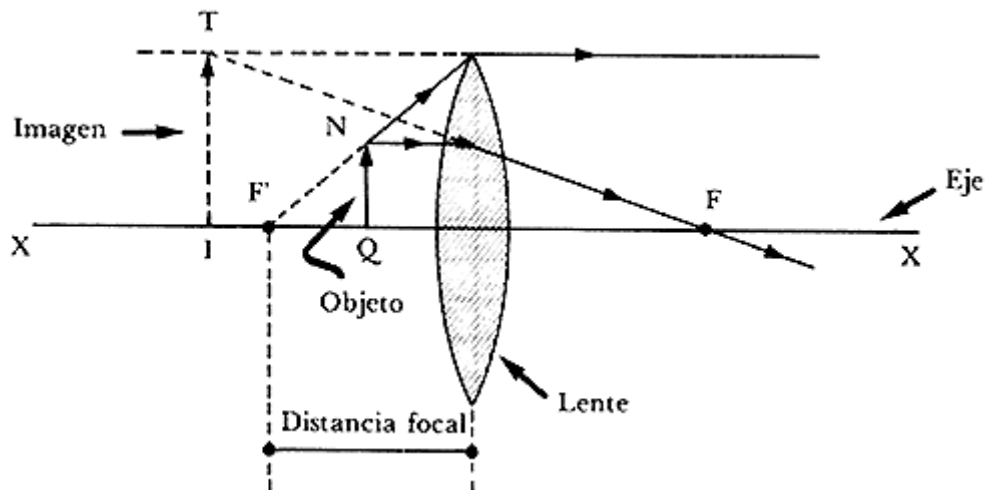
1. El objeto está muy alejado de la lente, a una distancia más grande que el doble de la distancia focal. La imagen que se formará será real e invertida y cada vez más pequeña cuanto más alejado este el objeto. Es el caso de los objetivos de las cámaras fotográficas.



2. El objeto está colocado un poco más allá del foco. La imagen será real e invertida y cada vez más grande cuanto más cerca este el objeto del foco. Es el caso de los objetivos del microscopio.

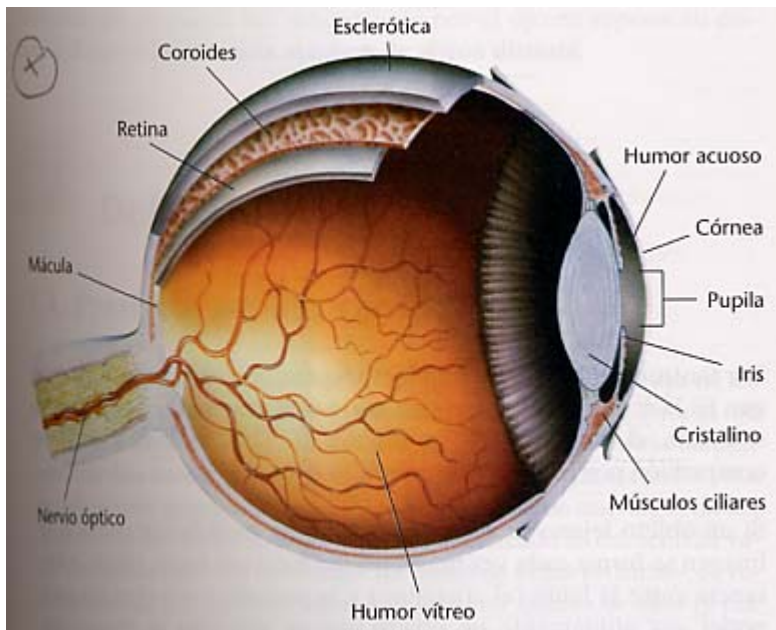


3. El objeto se encuentra entre la lente y el foco. La imagen será virtual y derecha y cada vez más pequeña cuanto más cercano este el objeto a la lente. Es el caso de las lupas y de los oculares del microscopio.



III. DESARROLLO DEL PROBLEMA

EL OJO HUMANO



El ojo humano es un órgano sensorial receptor del aparato de la visión y tiene una estructura similar a la de una cámara fotográfica. Posee elementos transparentes (la córnea y el cristalino) que capturan y enfocan la luz hacia la capa más interna del ojo (la retina) donde se localizan células especializadas denominadas fotorreceptores, capaces de detectar la intensidad y el color de la luz. La luz que llega a la retina se convierte en señales nerviosas que son transmitidas al cerebro a través del nervio óptico. Siendo órganos pares, los ojos envían al cerebro dos imágenes discretamente diferentes y superpuestas. Es en el cerebro donde se integra la información y de esta manera podemos percibir la profundidad y la distancia para lograr una visión tridimensional.

El ojo tiene forma aproximadamente esférica, de unos 25 mm de diámetro. Está limitado por la *esclerótica*, una membrana blanca, opaca y resistente. La parte anterior de la esclerótica es la *cornea*, es la parte frontal y transparente de la esclerótica (el blanco de los ojos), actúa como una lente convexa que dirige hacia el eje óptico los rayos que inciden en ella. Está ligeramente achatada (tiene mayor curvatura) y por ello casi no presenta aberración esférica. El índice de refracción de la cornea es de 1,37, similar al del agua. Una segunda membrana, la *coroides* recubre la parte interior del ojo excepto la cornea. Su función es absorber parte de la luz que entra en el ojo. Detrás de la cornea se encuentra un líquido transparente el *humor acuoso*, una disolución acuosa de cloruro de sodio ($n = 1,34$), similar al del agua. El humor acuoso es retenido por el *cristalino*, un cuerpo elástico, transparente y de aspecto gelatinoso que se comporta como una lente biconvexa. La lente está constituida por 22000 láminas transparentes. Su índice de refracción no es homogéneo (desde 1,38 en la periferia hasta 1,4 en el núcleo). Su elasticidad le permite cambiar de forma, lo que permite la adaptación de la vista para un enfoque adecuado. El cristalino está sujeto

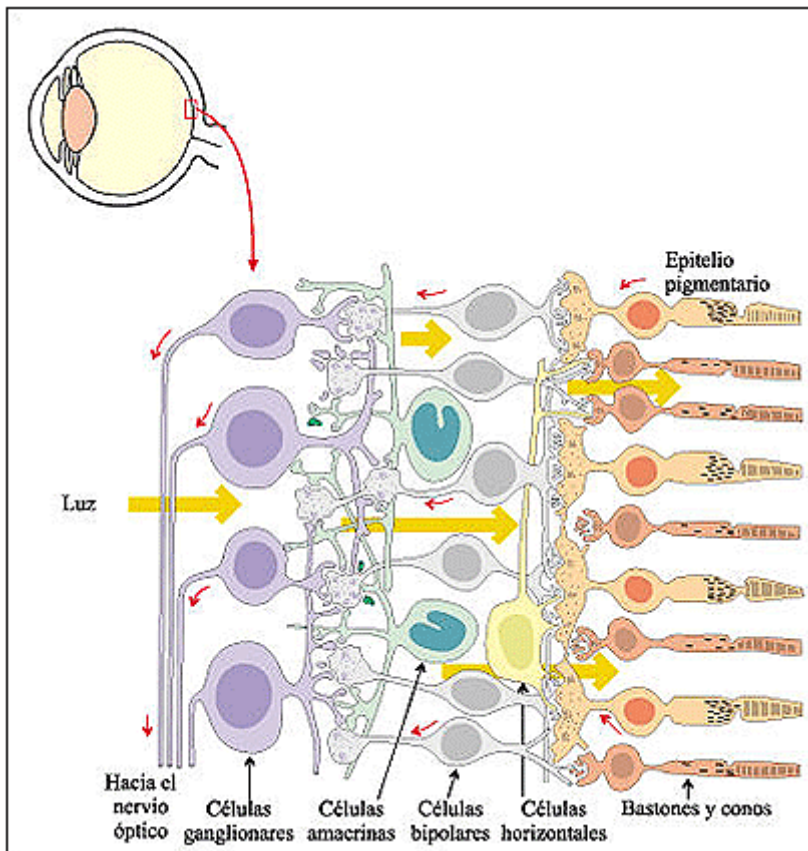
por sus extremos al *globo ocular* mediante los músculos ciliares, que según la presión que ejercen hacen que el cristalino se abombe más o menos variando su radio de curvatura y por tanto su distancia focal; es decir el cristalino es una lente convergente de distancia focal variable.

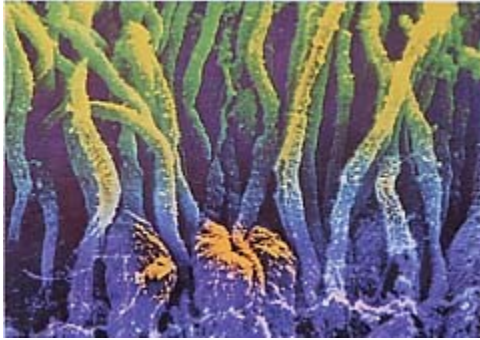
Detrás del cristalino, y rellenando todo el espacio del globo ocular, se encuentra el *humor vítreo*, líquido de aspecto gelatinoso con índice de refracción similar al del humor acuoso.

La luz entra en el ojo por la *pupila*, abertura de diámetro variable a través de la cual observamos la retina, de color rojo (Esta es la razón por la que en algunas fotos con flash se observan rojos los ojos). Se encuentra en el centro del *iris*, diafragma cuya abertura (la pupila) regula el paso de la luz. Está constituido por músculos radiales y circulares y a él se debe el color de los ojos.

En el fondo del globo ocular, la coroides está sustituida por un tapizado de *células nerviosas*, sensibles a la luz que es la *retina*, destinada a recoger la imagen. Se trata de una finísima capa de 0,5 mm construida por 125 millones de células receptoras conocidas como *conos* y *bastoncillos*. Los conos son los responsables de la visión del color o cromática, la cual solo se da en las personas y en los primates. Los conos requieren altos niveles de iluminación en comparación con los bastones. En la visión nocturna solo actúan los bastones y nuestra visión es en tonos grises.

La zona dónde se concentra un mayor número de conos es la *fóvea*, o mancha amarilla o depresión de la mácula, situada sobre el *eje óptico*. En esta región no hay bastoncillos. Tampoco hay células receptoras en el punto de conexión del *nervio óptico* que se llama punto ciego.



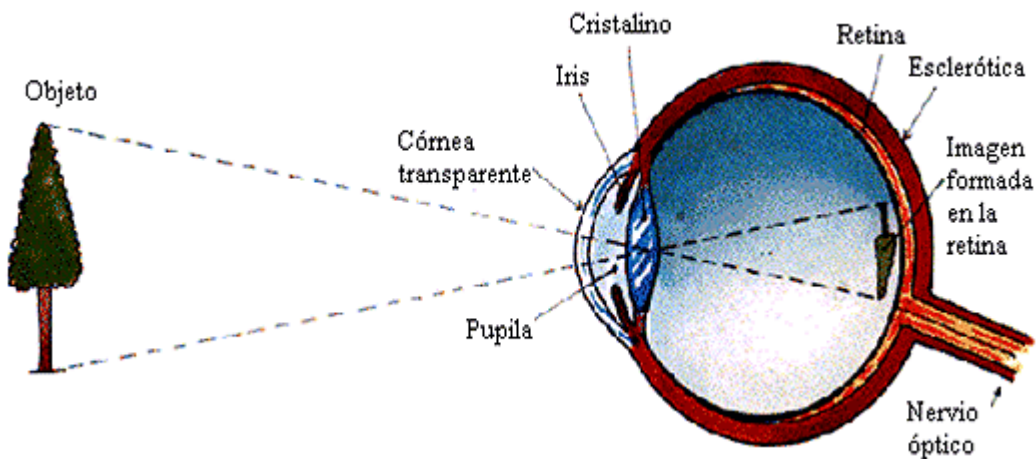


Bastoncillos y conos del ojo humano

- **Campo de visión**

El campo aproximado de vista de un ojo humano individual es 95 lejos de la nariz, 75 hacia abajo, hacia la nariz 60, y 60 hacia arriba, lo que permite a los seres humanos tener un casi 180 grados hacia adelante campo de visión horizontal. Con la rotación del globo ocular de alrededor de 90, el campo de visión horizontal es tan alta como 270. Acerca de 12-15 temporal y 1,5 por debajo de la horizontal es el nervio óptico o punto ciego, que es más o menos 7,5 de altura y 5,5 de ancho.

- **Formación de imágenes en el ojo**



Para ver un objeto claramente es necesario que la luz proveniente de él sea centrada en la retina. Este enfoque es logrado por dos de sus componentes, la córnea y el cristalino. La córnea es la que hace el mayor parte del enfoque de la luz que entra. El cristalino, logra el enfoque fino de objetos localizados a diversas distancias.

Para que el cristalino mantenga en foco a los objetos situados en diversas distancias, debe sufrir cambios y es necesario que la lente pueda cambiar su espesor, es decir, se "acomode"; de allí que se emplee el término acomodación.

-Acomodación: Consiste en la variación de la potencia de éste para formar imágenes en la retina a diferentes distancias.

Los rayos de luz atraviesan la córnea y penetran en el interior del ojo por la pupila. El cristalino, alterando su espesor y forma, modifica su distancia focal para enfocar los rayos exteriores sobre la superficie de la retina, al mismo tiempo que la pupila se abre o cierra dependiendo de la luminosidad. Esta variación se denomina acomodación y es un proceso involuntario que realizan los músculos ciliares. Tiene límites:

- El punto próximo, punto más cercano al ojo que puede verse con nitidez, varía de unas personas a otras y con la edad, para un adulto es de unos 25 cm, para un niño de 10 años de unos 7 cm y a partir de los 45 años aproximadamente se va alejando.
- El punto remoto, que para un ojo normal está en el infinito.

Una persona tiene vista normal, o emélope, cuando puede ver claramente los objetos que se encuentran desde el infinito hasta ese punto próximo.

El nivel de acomodación se expresa en dioptrías (D). Unidad que muestra con valores positivos o negativos el poder de refracción de una lente, y que equivale al valor recíproco o inverso de su longitud focal, expresada en metros, en los cuales se enfoca la lente. Por ejemplo, si el ojo se enfoca en el infinito, el nivel de acomodación será 0 D. Si el ojo se enfoca en 2 m, el nivel de acomodación será 0.5 D. Los objetos pueden, sin embargo, aparecer nítidos aunque el nivel de acomodación no sea el correcto para ese objeto. Esto es porque el ojo tiene cierta profundidad de foco, que es un grado de acomodación dentro del cual los objetos aparecerán aceptablemente enfocados.

La córnea se comporta como una lente tipo menisco y el cristalino como una lente biconvexa.



- **Agudeza visual**

Es la capacidad que tiene el ojo de enfocar una imagen nítida en la retina.

En 1862 Herman Snellen, de Utrecht, Holanda, describió la prueba que se sigue utilizando en nuestros días para determinar la agudeza visual con base en el principio de que "el menor ángulo bajo el cual objetos de tamaño y forma conocidos pueden percibirse, determina el ángulo de agudeza visual".

Snellen calculó matemáticamente cuál era, en condiciones normales, la mínima separación entre dos objetos que podía ser reconocida a una distancia determinada y con base en ello elaboró unas tablas de letras de distintos tamaños que debían ser leídas, por un ojo normal, a diferentes distancias. Así, cuando un médico determina la agudeza visual de su paciente, lo que está registrando es la distancia a la que el paciente puede leer las letras o reconocer las figuras impresas o proyectadas, tomando como punto de referencia la distancia normal establecida.

Si la agudeza visual no corresponde a lo aceptado como normal se puede inferir que el trastorno se debe a un defecto de refracción, siempre y cuando todas las demás estructuras del sistema sean normales.

- **Aberraciones en la visión y sus correcciones con el uso de distintas lentes**

Son todos aquellos defectos oculares que tienen como denominador común que la visión es imperfecta, como consecuencia de la falta de enfoque de la imagen sobre la retina. En el ojo normal, la imagen que procede del mundo exterior, tras sufrir la “refracción” correspondiente a través de la córnea y el cristalino, se proyecta, perfectamente nítida sobre la retina, siendo perfecta la transmisión desde ésta hasta el cerebro, por el contrario, en la personas que sufren miopía, hipermetropía, astigmatismo, presbicia, etc., este enfoque no puede realizarse y la imagen que captan es borrosa.

-Cataratas: Es la pérdida de la transparencia del cristalino del ojo, causando la disminución de la vista; cuando esta lente se opaca, la luz no pasa en forma adecuada y la visión disminuye y se vuelve borrosa. El cristalino está formado principalmente de agua y proteínas y con la edad alguna de estas proteínas se desorganiza, opacando una pequeña parte del cristalino. Para prevenirla, se debe usar gafas de sol, durante el día, evitando la exposición de los ojos a la luz ultravioleta.

El tratamiento que se hace es para mejorar la visión, algunas personas cambian los lentes normales por unos bifocales, mientras que otras deciden hacerse la cirugía de cataratas, que consiste en la remoción del cristalino para reemplazarlo por uno artificial.

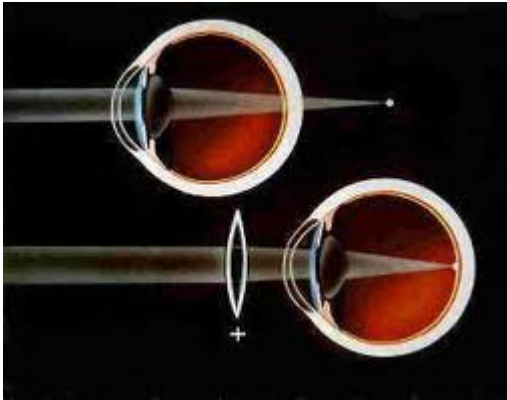


-Hipermetropía: La hipermetropía es un trastorno de la visión, que permite ver bien los objetos que están lejos, pero no pasa lo mismo con los objetos que están cerca ya que se perciben borrosos. Este problema puede ser hereditario, y no es fácil de identificarlo sin exámenes o estudios, porque el cristalino por ser flexible, acomoda el foco de la retina ocultando el problema.

Esta enfermedad del ojo se debe a que el globo ocular es más corto de lo normal entre el frente y la parte posterior, ocasionando que los rayos de luz se enfoquen en un

punto detrás de la retina y con poca precisión. También puede ser ocasionado por la falta de una adecuada curvatura en la cornea o el cristalino.

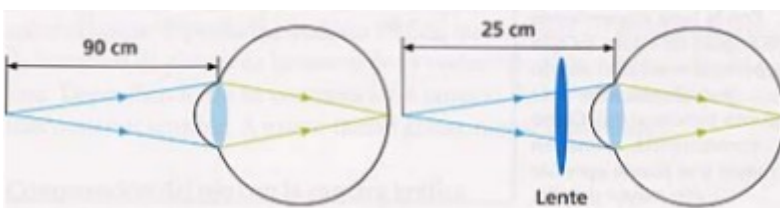
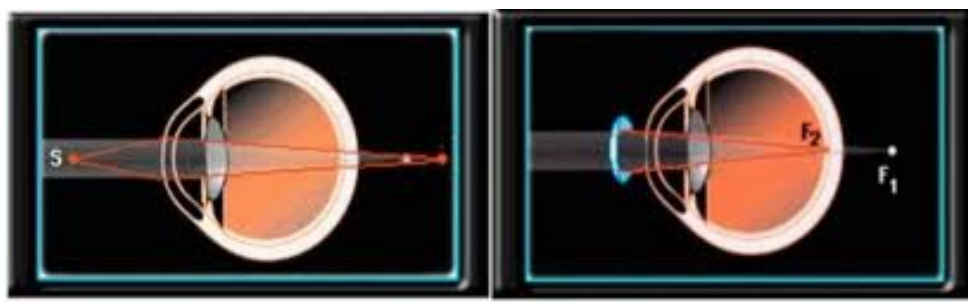
Las personas que padecen hipermetropía, mas adelante van a necesitar lentes convexas ya que con la edad el cristalino se vuelve menos elástico; y los lentes convexas son más gruesos en el centro que en los bordes, ayudando a desplazar el foco visual hacia adelante y hacia la superficie de la retina.



A: sin corrección. B: con corrección.

-Presbicia: La presbicia es un trastorno de la visión en la cual el cristalino del ojo pierde su capacidad de enfocar, es progresiva y las personas que la padecen se les dificulta ver los objetos cercanos; ya que el enfoque del ojo depende de la elasticidad del cristalino, que se va perdiendo a medida que los individuos envejecen.

La presbicia se corrige usando anteojos, ya sea para leer o descansar, y en algunos casos es necesario adicionarle lentes bifocales a los ya existentes. Si este problema visual no se corrige puede llevar a los individuos a tener problemas con su estilo de vida, trabajando o para manejar un auto.

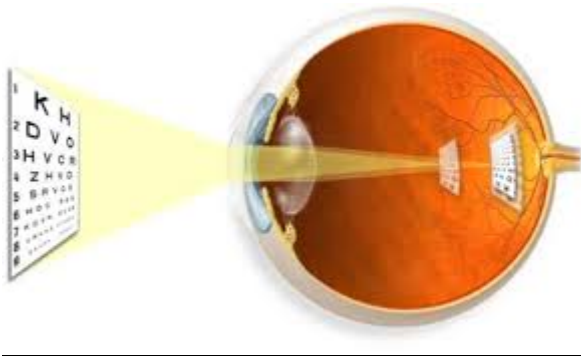


Aumento de la distancia del punto próximo de una persona con presbicia y su corrección con una lente convergente.

-Astigmatismo: El astigmatismo es una alteración de la visión, ocasionada por un trastorno del enfoque, afectando la percepción de las imágenes, ya que estas se ven distorsionadas. Este problema es hereditario o también puede ser causado luego de un trasplante de cornea o cirugía de cataratas.

Este trastorno es ocasionado cuando la superficie de la cornea no está redonda sino ovalada, como el cristalino y la cornea, son los encargados de refractar los rayos de luz que entran en el ojo y los focalizan sobre la superficie de la retina, el centro donde se forman las imágenes y los estímulos nerviosos que serán codificados en el cerebro. Al estar alterada la córnea, la imagen no se forma en el lugar adecuado de la retina y por tanto la visión es borrosa.

Esta aberración se puede corregir con laser o de la forma más tradicional usando gafas; para mejorar el enfoque y percepción de las imágenes.



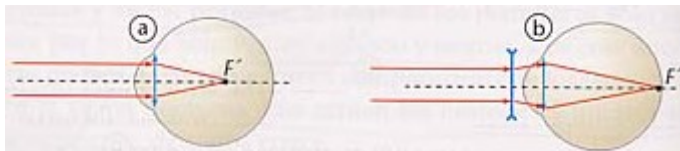
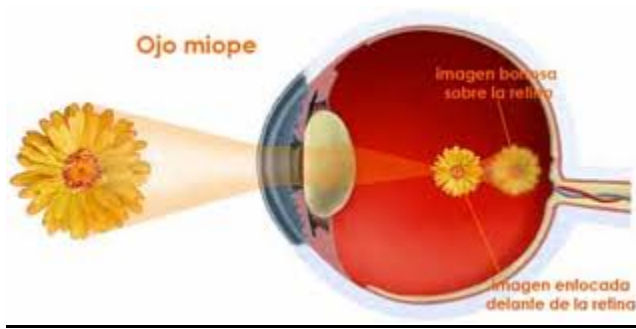
-Miopía: Este trastorno de la visión, consiste en que el ojo no es capaz de enfocar los objetos lejanos, haciendo que parezcan borrosos. Este problema puede ser hereditario o causado por el queratoconos, una enfermedad que reduce el espesor de la cornea aumentando su curvatura.

Los rayos de luz que penetran en los ojos son refractados por la cornea y el cristalino, y para que la visión sea nítida debe enfocarse sobre la retina. Por el contrario, el ojo miope, la luz la enfoca delante de la retina, debido a que la cornea está muy curva o que el globo ocular es demasiado grande. Existen dos tipos de miopías:

1. Miopía magna: consiste en la degeneración de la retina, del vítreo y de la coroides. se corre el riesgo del desprendimiento de la retina, glaucoma y cataratas, en caso extremo la ceguera.

2. Miopía simple: es más común, aparece durante la infancia o la juventud, y no presenta ningún problema serio, que lleve a la ceguera.

Esta enfermedad del ojo se puede corregir usando gafas, lentes de contacto o realizando la llamada ortoqueratología, que consiste en usar unos lentes especiales, mientras se duerme para moldear la cornea. Y también se puede corregir haciendo una cirugía refractiva, que consiste en alterar la forma de la cornea.



A: sin corrección. B: con corrección.

-Daltonismo: Es una enfermedad de la vista hereditaria, llamada así por el químico inglés John Dalton, quien descubrió esta enfermedad del ojo. Las personas daltónicas confunden los colores, especialmente el rojo y el verde, pero son capaces de identificar más matices violetas que una persona de visión normal y de distinguir objetos camuflados.

IV. CONCLUSIONES:

A partir de la investigación y de la realización de este trabajo se puede concluir que el ojo humano es un órgano muy complejo y maravilloso, capaz de conocer tamaños, formas, dimensiones, profundidades, colores y sus distintas tonalidades. Pero que, si bien se asemeja a una cámara fotográfica por su composición y funcionamiento, no es tan perfecto como esta ya que puede presentar distintos tipos de defectos que quizá una persona lo nota después de una acentuada dificultad o con una visita al oftalmólogo.

Y lo que más se puede destacar es como con los aportes de conceptos físicos se logra comprender el funcionamiento del ojo y como se pueden solucionar todos aquellos defectos que se pueden presentar en la vista.

V. BIBLIOGRAFIA

- <http://www.monografias.com/trabajos34/ojo-humano/ojo-humano.shtml>
- <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicalInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/ollo.htm>
- <http://fisicaoptica.blogspot.com.ar/2010/11/el-ojo-humano.html>
- <http://fisicaoptica11.blogspot.com.ar/2010/11/el-ojo-humano-y-sus-enfermedades.html>
- <http://www.molenberg.com.ar/ELOjo/Presbicia.html>
- http://www.fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap18_optica_geometrica.php
- http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo2_1.htm

Difracción de Rayos X y estructura de moléculas biológicas.

MERIDA, Emanuel Alejandro

Licenciatura en Biología Molecular

2014 – Física: Primer cuatrimestre

Profesor: Hugo Velasco

Universidad Nacional de San Luis

Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia

Índice general

Introducción	Pág. 3
1. Ondas	Pág.3
a. Clasificación de las ondas	Pág.4
b. Comportamiento común de las ondas	Pág.5
2. Los Rayos X	Pág.8
3. Difracción de Rayos X	Pág.9
4. Métodos utilizados en difracción de rayos X	Pág.13
5. Aplicaciones de la difracción de Rayos X	Pág.15
6. Conclusión	Pág.19
7. Bibliografía	Pág.20

INTRODUCCIÓN

Se puede decir que en el transcurso de nuestra vida, nos exponemos ante todo tipo de ondas, los científicos las utilizan en diferentes técnicas para obtener información sobre el mundo microscópico, las usamos para alumbrar, en medicina y para comunicarnos. Son muy importantes para la humanidad y por ello es importante comprender las que no son de uso diario en nuestra vida.

En este caso hablaremos de los rayos X, ondas que se utilizan mucho por la humanidad tanto para la investigación y para uso médico; por lo tanto, este informe se centrará en explicar los rayos X y su aplicación, dando también, un conocimiento previo al tema.

Ondas

Una onda es una perturbación en un medio que se propaga a través del mismo a velocidad constante, que transporta energía pero no transporta masa y cuya velocidad es característica del medio

Las ondas tienen una ecuación general que las caracteriza:

$$y = A \sin\left(2\pi \frac{x}{\lambda} + \delta\right)$$

Esta ecuación representa una onda sinusoidal en un determinado tiempo

La constante δ indica un corrimiento que tiene la onda respecto a la ecuación

$y=A \sin(x)$. Entonces si $y=A \sin(x) \rightarrow \delta = 0$

Se llama onda sinusoidal a la curva que representa gráficamente la función seno y también a dicha función en sí. También se las puede encontrar como ondas armónicas.

Elementos de una onda:

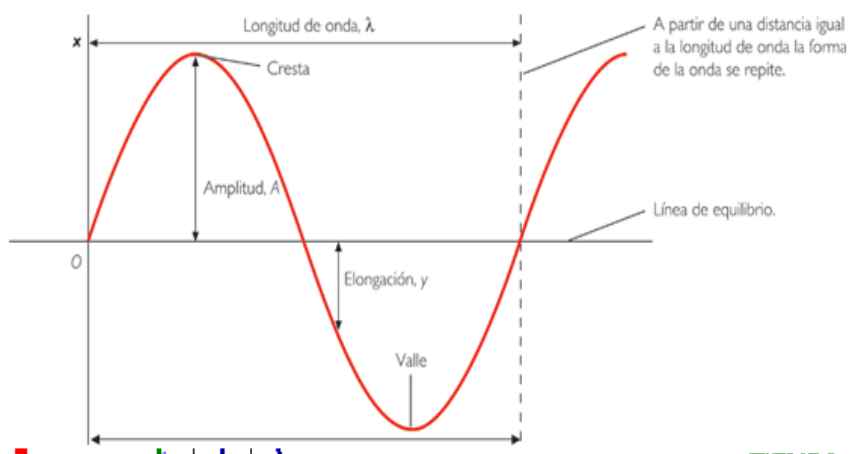
Cresta: Es el punto más alto de la amplitud o punto máximo de saturación de la onda

Periodo: Es el tiempo que tarda la onda de ir de un punto de máxima amplitud al siguiente.

Amplitud: Es la distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda.

Frecuencia: Numero de veces que es repetida la vibración, en otras palabras, es una simple repetición de valores por un periodo determinado.

Valle: es el punto más bajo de una onda



Longitud de onda: Distancia que hay entre dos crestas consecutivas.

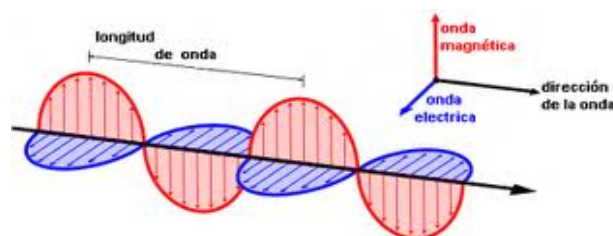
Clasificación de las ondas

Las ondas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- En función del medio en que se propagan

Ondas Mecánicas: Son aquellas que necesitan un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse. Las partículas del medio oscilan alrededor de un punto fijo, por lo que no existe transporte neto de materia a través del medio. Por ejemplo, cuando se sacude un extremo de una alfombra, esta no se desplaza, sin embargo una onda se propaga a través de ella. Dentro de las ondas mecánicas encontramos las ondas elásticas, sonoras y las de gravedad.

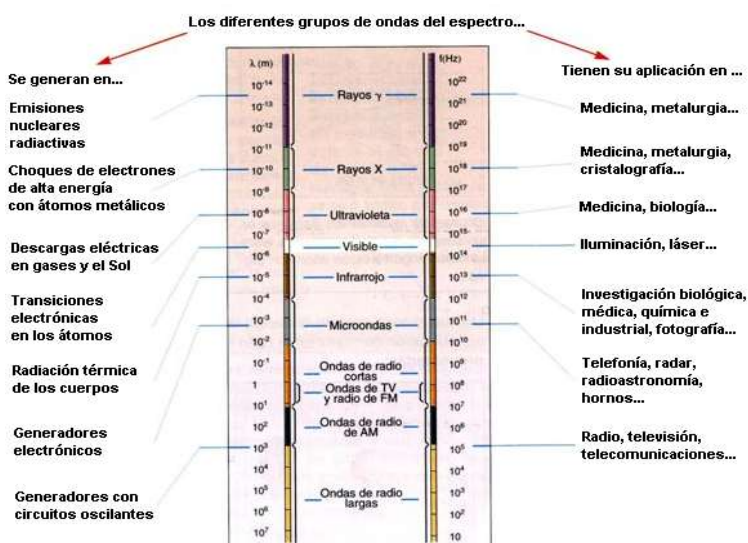
Ondas electromagnéticas: Son aquellas que se propagan por el espacio sin necesidad de un medio, pudiendo, por tanto, propagarse en el vacío. Esto es debido a que las ondas electromagnéticas son producidas por oscilaciones de un campo eléctrico en relación con un campo magnético asociado.



Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares a la dirección de propagación (ondas transversales)

Se conocen

cuyas
van desde



ondas
electromagnéticas
longitudes de onda
 10^{-17} m a 10^4 m.

Ondas gravitacionales: Son perturbaciones que alteran la geometría misma del espacio-tiempo y que es común representárlas viajando en el vacío, pero técnicamente no podemos afirmar que se desplacen por ningún espacio sino que en sí mismas son alteraciones del espacio-tiempo.

- En función de su propagación

Ondas unidimensionales: Son aquellas que se propagan a lo largo de una sola dirección del espacio, como las ondas en las cuerdas. Si las ondas se propagan en una dirección única, sus frentes de onda son planos y paralelos.

Ondas bidimensionales o superficiales: Son ondas que se propagan en dos direcciones. Pueden propagarse, en cualquiera de las direcciones de una superficie, por ello, se denominan también ondas superficiales. Un ejemplo son las ondas que se producen en una superficie líquida en reposo cuando se deja caer una piedra en ella.

Ondas tridimensionales o esféricas: Son ondas que se propagan en tres direcciones. Las ondas tridimensionales se conocen también como ondas esféricas, porque sus frentes de onda son esferas concéntricas que salen de la fuente de perturbación expandiéndose en todas direcciones. Ejemplos de ondas tridimensionales son las ondas sonoras (mecánicas) y las ondas electromagnéticas.

- **En función de su dirección de perturbación**

Ondas longitudinales: Son aquellas que se caracterizan porque las partículas del medio se mueven (o vibran) paralelamente a la dirección de propagación de la onda.

Ondas transversales: Son aquellas que se caracterizan porque las partículas del medio vibran perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda.

- **En función de su periodicidad**

Ondas periódicas: La perturbación local que las origina se produce en ciclos repetitivos, por ejemplo, una onda sinusoidal.

Ondas no periódicas: La perturbación que las origina se da aisladamente o, en el caso de que se repita, las perturbaciones sucesivas tienen características diferentes. Las ondas aisladas también se denominan pulsos.

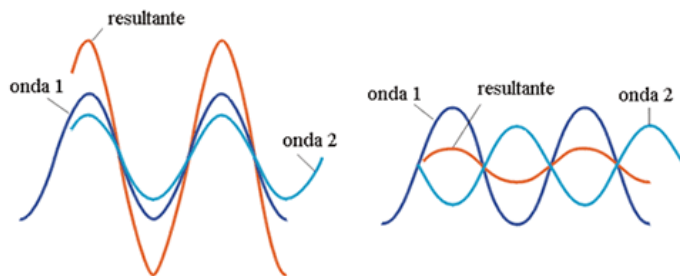
Comportamiento común de las ondas

Todas las ondas tienen una serie de comportamientos comunes bajo un número de situaciones estándar, a estos se los llama fenómenos ondulatorios. Las ondas pueden experimentar los siguientes:

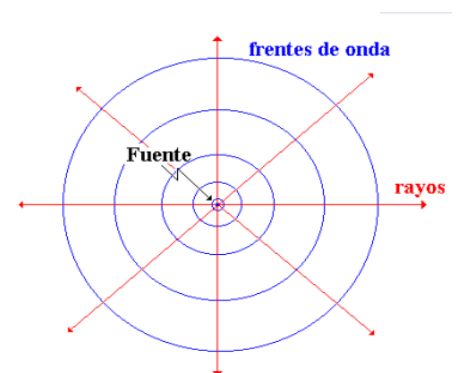
Efecto Doppler, Onda choque, Difracción, Interferencia, Reflexión y Refracción.

Antes de detallar cada uno de estos fenómenos, es necesario, también, conocer los siguientes conceptos clave:

Principio de superposición: Si en un instante existen dos o más ondas simultáneamente en un punto, el desplazamiento del punto es la suma de los desplazamientos que hubiera tenido con cada onda por separado.



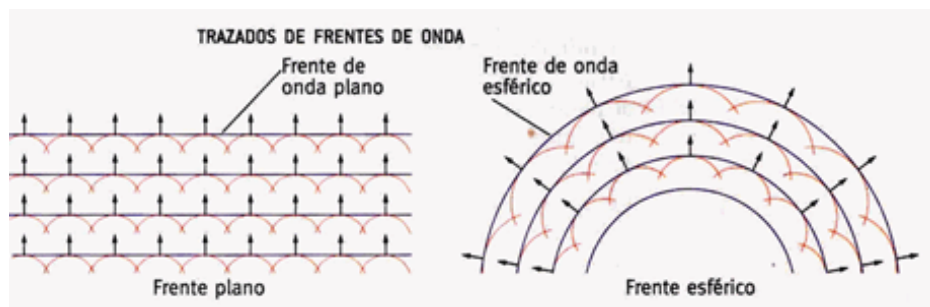
Las circunferencias representan, en el plano, puntos para los cuales



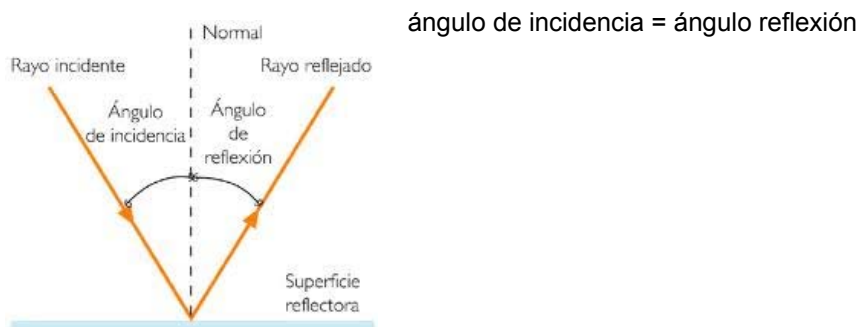
las ondas se encuentran en fase (por ejemplo máximos o mínimos). En el espacio estos puntos pertenecen a superficies esféricas. A estas superficies se las denomina frentes de onda. Para el caso representado, los frentes de onda son esféricos. Si la onda se propaga en una dirección los frentes de onda son planos.

Rayo: Es toda recta perpendicular al frente de onda. Un rayo indica el sentido de propagación de la onda.

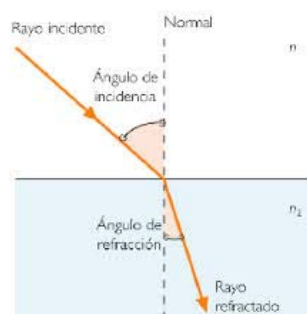
Principio de Huygens: "todo punto de un frente de onda se puede considerar como una fuente de ondas secundarias. El frente de onda en un instante posterior es la envolvente a estas ondas secundarias."



Reflexión: La reflexión es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial. Ejemplos comunes son la reflexión de la luz, el sonido y las ondas en el agua.



Refracción: Ocurre cuando una onda cambia de dirección al entrar en un nuevo medio en el que viaja a distinta velocidad.

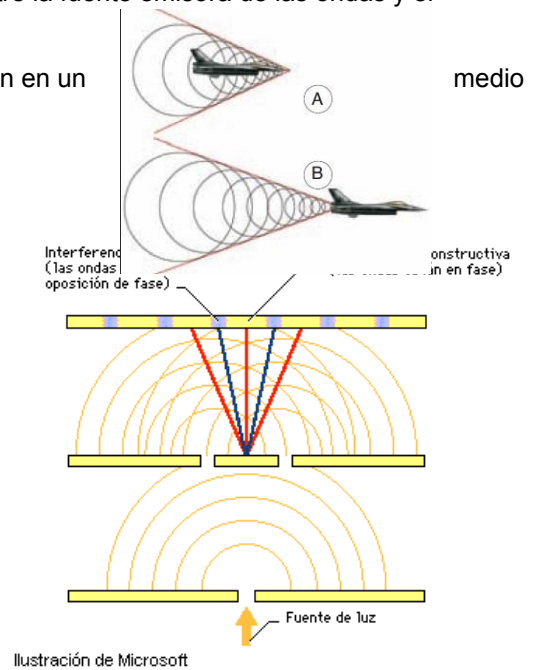
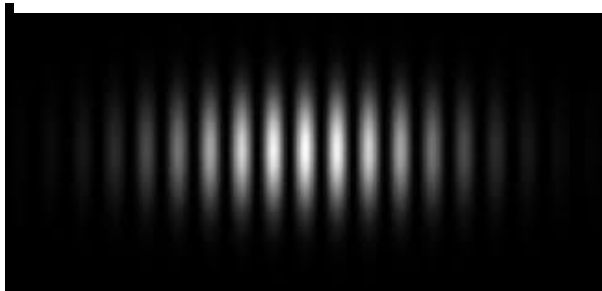


Efecto Doppler: Efecto debido al movimiento relativo entre la fuente emisora de las ondas y el receptor de las mismas.

Onda de choque: Ocurre cuando varias ondas que viajan en un se superponen formando un cono.

Interferencia: Ocurre cuando dos ondas se combinan al encontrarse en el mismo punto del espacio. Al propagarse dos o más ondas por un medio, la perturbación total resultante es la suma de las perturbaciones de ambas ondas. La interferencia puede ser constructiva o destructiva.

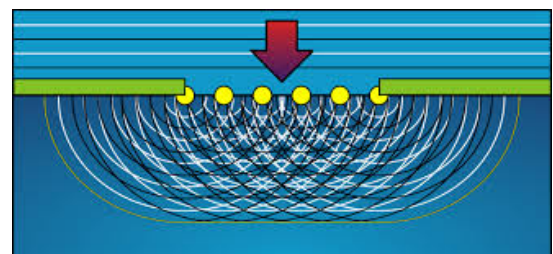
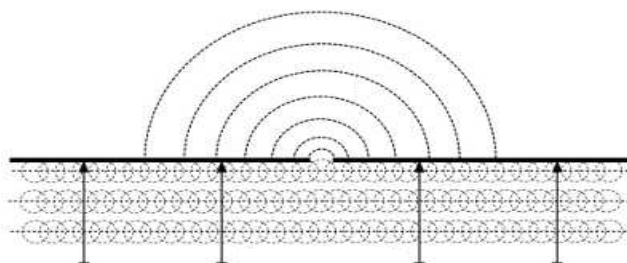
En el caso de una luz pasando por dos rendijas, la interferencia constructiva genera franjas luminosas y las destructivas, franjas oscuras



En la imagen de la derecha se ven dos gotas de agua produciendo ondas donde también se ve claramente el fenómeno de interferencia entre estas ondas.

Difracción:

Consiste en el curvado y esparcido de las ondas cuando encuentran un obstáculo o al atravesar una rendija. Estos efectos de la difracción son solo observables cuando se trata de obstáculos o aberturas comparables en tamaño a la longitud de las ondas consideradas. La consecuencia de esto es similar a lo que ocurre en el fenómeno de interferencia pero con algunas diferencias.



Arriba se muestran dos imágenes, a la izquierda el tamaño de la rendija es lo suficientemente grande como para dar origen a un solo frente de onda. A la derecha una rendija más grande que da origen a más frentes de onda

En el caso de la luz, el fenómeno de difracción tiene lugar cuando las ondas pasan a través de una rendija estrecha de ancho a , y luego incide sobre una pantalla. Las ondas de Huygens que se producen en las distintas partes de la rendija interfieren y forman en la pantalla una figura de interferencia con zonas brillante y oscuras.

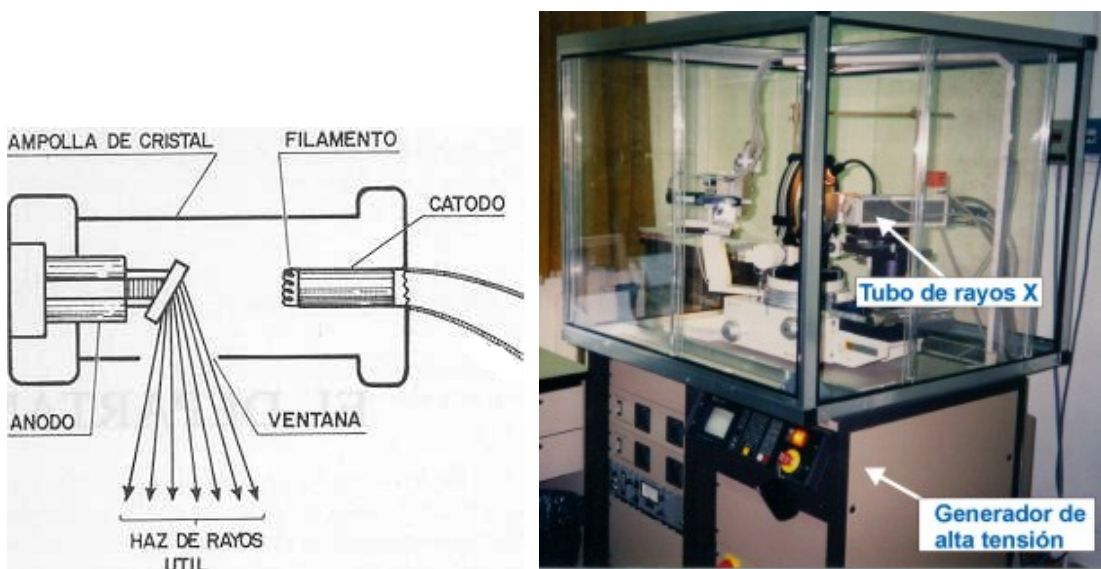


LOS RAYOS X

Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por Röntgen, estos son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen: los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear que se producen por la des-excitación de un nucleón de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos, mientras que los rayos X surgen de fenómenos extra-nucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Los rayos X son una radiación ionizante porque al interactuar con la materia produce la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones).

La longitud de onda de los rayos X varía de 0.1 a 100 Å. Los que más interesan en el campo de la Cristalografía son aquellos que disponen de una longitud de onda alrededor de 1 Angstrom (fundamentalmente los denominados rayos X "duros") ya que tienen longitudes de onda similares a las distancias interatómicas en la materia. Es posible por lo tanto utilizar la difracción de rayos X como un método para explorar la naturaleza de los cristales y otros materiales con estructura periódica.

Los equipos que se utilizan en los laboratorios de Cristalografía para producir estos rayos X disponen de un generador de alta tensión (unos 50.000 voltios), que se suministra al llamado tubo de rayos X, que es realmente donde se produce la radiación

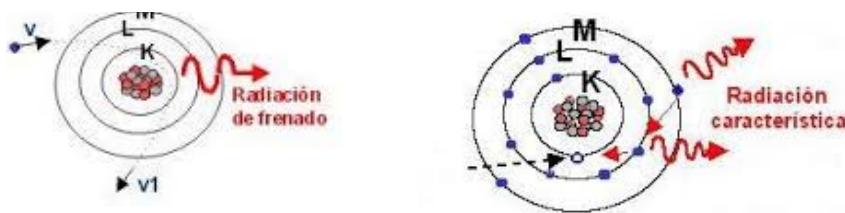


A la izquierda se muestra un esquema de un tubo de rayos x, a la derecha un generador de rayos x

Esos 50.000 voltios se suministran como diferencia de potencial (alto voltaje) entre un filamento incandescente (por el que se hace pasar una corriente i de bajo voltaje, unos 5 A a unos 12 V) y un metal puro (normalmente cobre o molibdeno), estableciéndose entre ambos una corriente de unos 30

mA de electrones libres. Los rayos X son producidos cuando Desde el filamento incandescente (cargado negativamente) saltan electrones hacia el ánodo (cargado positivamente) provocando, en los átomos de este último, una reorganización electrónica en sus niveles de energía debido a la coalición de los electrones con los átomos y el núcleo del ánodo.

Cuando un electrón de alta energía pasa cerca del núcleo se desvía debido a la interacción electromagnética. Como consecuencia de este proceso de desvío, el electrón pierde energía en forma de un fotón X, cuya energía (longitud de onda) puede tomar cualquier valor (hasta el valor que llevaba el electrón incidente) a este tipo de radiación se denomina Bremsstrahlung, o 'radiación de frenado'. Además, los átomos del material metálico emiten también rayos X monocromáticos, lo que se conoce como línea de emisión característica del material: Un electrón de alta energía puede producir la salida de un electrón cercano al núcleo. La vacante así producida se rellena por el salto de otro electrón de una capa superior, con mayor energía. Esa diferencia de energía entre niveles (característica del átomo) se transforma en radiación X característica, con una longitud de onda (energía) determinada



DIFRACCION DE RAYOS X

Tras el descubrimiento de los rayos X, en 1912 von Laue, basándose en tres hipótesis

- el medio cristalino es periódico
- los rayos X son ondas
- la longitud de onda de los rayos X es del mismo orden de magnitud que la distancia que se repite en los cristales)

Confirmó la difracción de rayos X (DRX) y dio la pauta para el comienzo de la ciencia de la Cristalografía de rayos X.

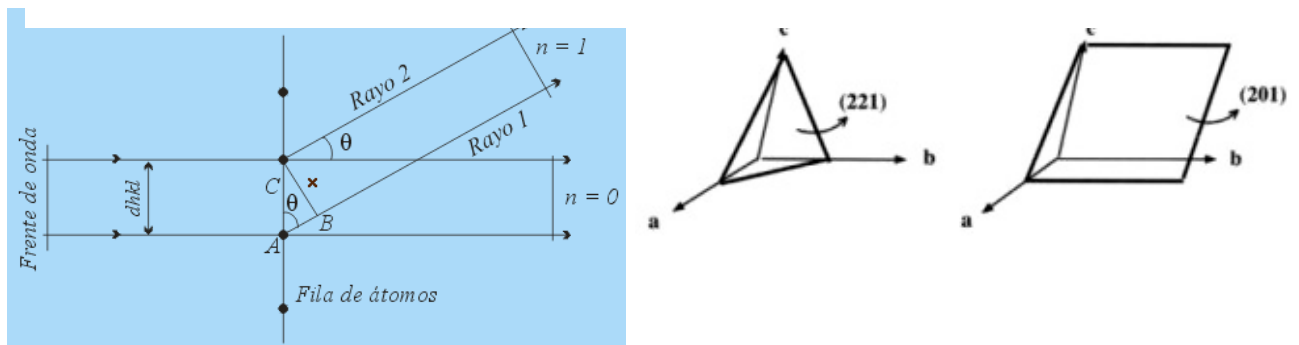
Poco después, Bragg descubrió que la geometría del proceso de DRX es análoga a la reflexión de la luz por un espejo plano. Así, en una estructura cristalina tridimensional, debido a su periodicidad, es posible construir conjuntos de muchos planos que son paralelos entre sí, igualmente espaciados (distancias perpendiculares mínimas) y conteniendo idénticas disposiciones atómicas. El proceso consiste en la difracción de los rayos X por las nubes electrónicas que rodean a los átomos del cristal originando un patrón de difracción regular (al igual que la estructura atómica del cristal), resultado de la interferencia constructiva y destructiva de la radiación dispersada por todos los átomos.

Las circunstancias en las que el resultado de esta interferencia es constructivo vienen reguladas por la ecuación de Bragg, que no suministra más información que la dada por las ecuaciones de von Laue, pero sí facilita enormemente la interpretación del resultado.

El modelo geométrico de la DRX es complicado debido a que las longitudes de onda de los rayos X son aproximadamente comparables a los espaciados entre planos reticulares del cristal. Los patrones de DRX de los cristales ofrecen una cierta representación de la red del cristal, que variará su grado de distorsión según el método utilizado: luz poli-cromática o filtrada, cristal oscilatorio, etc.

Cuando hacemos incidir un haz de rayos X sobre un cristal, éste choca con los átomos haciendo que los electrones que se encuentren en su trayectoria vibren con una frecuencia idéntica a la de la radiación incidente. Estos electrones actúan como fuentes secundarias de nuevos frentes de onda de rayos X con la misma longitud de onda y frecuencia.

Cuando un cristal difracta rayos X, las ondas dispersadas electromagnéticas remitidas interfieren entre sí constructivamente sólo en algunas direcciones. Los rayos 1 y 2 estarán en fase y por tanto se producirá difracción cuando la distancia AB represente un número entero de longitud de onda, esto es cuando $AB = n\lambda$, siendo n un número entero (0, 1, 2, 3...n).

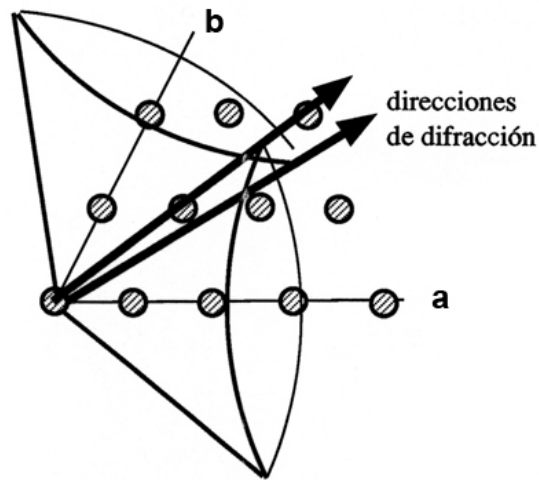
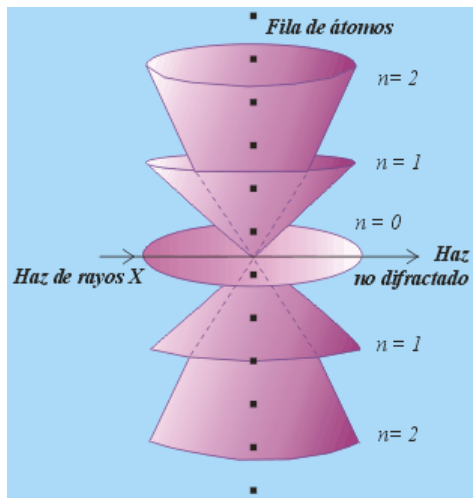


Aclaración: Un sólo plano, como el de la figura superior derecha, expresado por el triplete de números que denominamos *índices de Miller*, representa y describe todo el conjunto de familias de planos paralelos que pasan por cada uno de los elementos del objeto. Así, en una estructura cristalina, hay tantos conjuntos de familias de planos como posibles tripletes de números enteros que sean primos entre sí (que no tengan un divisor común). La representación genérica de los índices de Miller es mediante el triplete de letras hkl.

Aclaración 2: Cualquier plano puede caracterizarse, por un vector ($\underline{\sigma}_{hkl}$) perpendicular a él. Por lo tanto, la proyección del vector de posición de cualquier punto del plano sobre esta perpendicular es constante e independiente del punto; es la distancia al origen de ese plano, es decir, su *espaciado* (d_{hkl}).

Para cada n el ángulo q es constante y el conjunto de los rayos difractados forma un cono cuyo eje central está formado por una fila de átomos. Ese cono tiene otro simétrico al otro lado del haz incidente.

(En la figura ha quedado representado cada cono formado por un conjunto de haces difractados correspondientes a cada n)



Para que la difracción tenga lugar en las tres dimensiones de un cristal es necesario que se satisfagan las siguientes tres ecuaciones conocidas como **ecuaciones de Laue**:

$$a(\cos a_1 - \cos a_2) = h\lambda \text{ (eje X)}$$

$$b(\cos b_1 - \cos b_2) = k\lambda \text{ (eje Y)}$$

$$c(\cos g_1 - \cos g_2) = l\lambda \text{ (eje Z)}$$

Donde:

a, b y c son las distancias reticulares en las tres dimensiones;

h, k, l son números enteros;

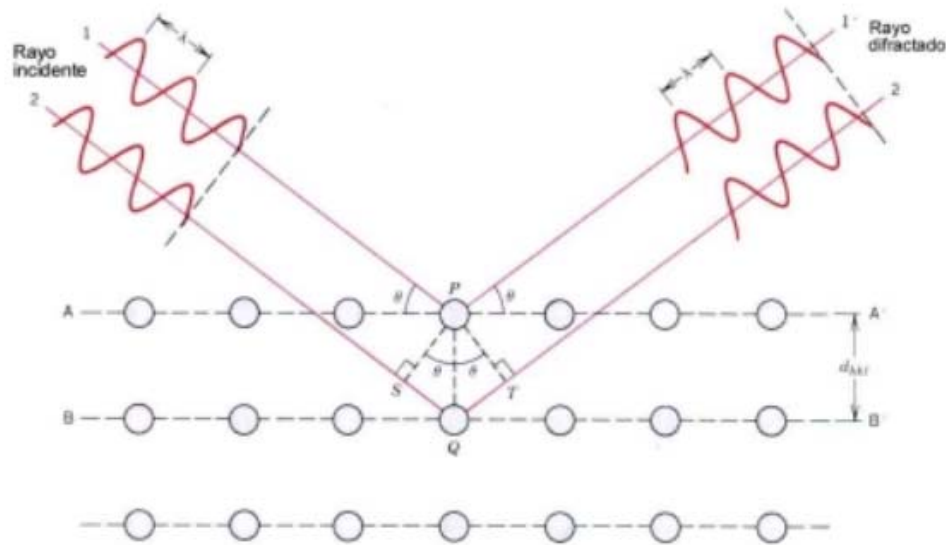
(a, b, g)₁ representa el ángulo entre el haz incidente y la fila de átomos y (a, b, g)₂ entre ésta y el haz difractado en cada una de las dimensiones.

Así para que se produzca un haz difractado es necesario que tres conjuntos de conos representantes de tres posibles soluciones de las ecuaciones de Laue deban intersectarse a lo largo de tal dirección. Esto sucede en rarísimas ocasiones por lo que en la práctica se utiliza la ecuación propuesta por Bragg.

Bragg propuso que los rayos X dispersados por todos los puntos de la red en un plano (hkl) debían estar en fase para que las ecuaciones de Laue se vieran satisfechas y aún más, la dispersión a partir de sucesivos planos (hkl) debían estar así mismo en fase. Para una diferencia de fase igual a cero las leyes de la simple reflexión deben mantenerse para un plano sencillo y la diferencia de camino para reflexiones de planos sucesivos debe ser un número entero de longitudes de onda .

Consideremos ahora las condiciones necesarias para la difracción de rayos-X por un arreglo periódico de átomos. Si se tienen dos planos de átomos A-A' y B-B' (como se muestra en la Figura de abajo), que poseen los mismos índices de Miller h,k y l (Un plano cristalográfico se designa por medio de símbolos llamados índices de Miller (hkl). Donde hkl son el inverso de las intersecciones del plano con los ejes x, y, z. Los planos se denotan mediante los índices dentro de paréntesis redondos, mientras que para una familia de planos se utiliza corchetes {hkl}) y están separados por la distancia interplanar d_{hkl}. Asumiendo que un haz de rayos-X de longitud de onda λ, paralelo, monocromático y coherente (en fase) incide en estos dos planos con un ángulo θ, dos rayos de este haz (1 y 2), son dispersados por los átomos P y Q. Ocurrirá una interferencia constructiva entre los rayos dispersados (1' y 2') a un ángulo θ de los planos, si la diferencia de la longitud del camino recorrido entre 1-P-1' y 2-Q-2' (p.ej., SQ +QT) es igual a un número n, de longitudes de onda. Esta es la condición de difracción:

$$n\lambda = \overline{SQ} + \overline{QT}$$



Difracción de rayos-X por los planos de átomos A-A' y B-B'

W. L. Bragg visualizó la difracción de rayos-X en término de reflexiones provenientes de los planos de un cristal, dando como resultado la simple relación (conocida como la Ley de Bragg):

$$n\lambda = 2 d_{hkl} \sin \theta$$

Para que una familia de planos cristalográficos difracte, la diferencia del camino recorrido por ondas dispersadas sea un múltiplo entero de la longitud de onda:

$$(\overline{SQ} + \overline{QT}) = n\lambda = (d_{hkl} \sin \theta + d_{hkl} \sin \theta) = 2 d_{hkl} \sin \theta$$

Cuando esta condición no se cumple, se obtiene interferencia destructiva.

La difracción de rayos-X de cristales cúbicos está condicionada de la siguiente manera:

- cúbica P.- todos los planos difractan
- cúbica F.- los índices hkl son todos pares o impares
- cúbica I.- la suma de los índices hkl sea un número par

$$F = \sum_{i=1}^n f_i \exp(-2\pi i(x_i h + y_i k + z_i l))$$

Bragg encontró que las trayectorias de difracción en los cristales podían explicarse como si hubieran producido por reflexión de rayos X por planos hkl, pero sólo cuando la ecuación se satisface.

La mayor aplicación de la ley de Bragg se encuentra en la interpretación de diagramas de difracción de rayos X de cristales completamente pulverizados (diagramas de polvo). A partir del método de difracción del polvo se determinan los parámetros de la red y en algunos casos las estructuras cristalinas a partir de las intensidades de difracción.

MÉTODOS UTILIZADOS EN DIFRACCIÓN DE RAYOS X

La información que proporciona el patrón de difracción de Rayos X, se puede ver como dos aspectos diferentes pero complementarios: por un lado, la geometría de las direcciones de difracción (condicionadas por el tamaño y forma de la celdilla elemental del cristal) nos ofrecen información sobre el sistema cristalino. Y por otro lado la intensidad de los rayos difractados, están íntimamente relacionados con la naturaleza de los átomos y las posiciones que ocupan en la red, tal que su medida constituye la información tridimensional necesaria para conocer la

Estructura interna del cristal. Existen tres grandes métodos de difracción de rayos X utilizados

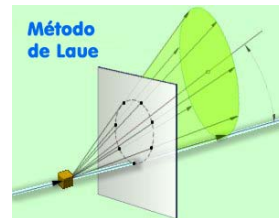
- **Método de Laue**
- **Método de movimiento o Rotación total o parcial del cristal**
- **Método del Polvo**
- **Método Weissenberg**

METODO DE LAUE

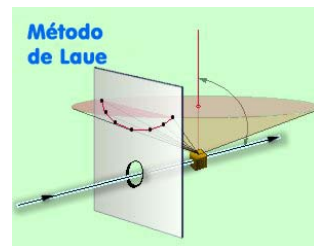
Históricamente fue el primer método de difracción. Se utiliza un Poli-cromático de Rayos X que incide sobre un cristal fijo y perpendicularmente a este se sitúa una placa fotográfica plana encerrada en un sobre a prueba de luz. El haz directo produce un ennegrecimiento en el centro de la película y por lo tanto, se pone un pequeño disco de plomo delante de la película para interceptarlo y absorberlo. En sus primeros experimentos usó radiación continua incidente sobre un cristal estacionario. El cristal generaba un conjunto de haces que representan la simetría interna del cristal. El diagrama de Laue es simplemente una proyección estereográfica de los planos del cristal

Existen dos variantes de dicho modelo, dependiendo de la posición del cristal respecto a la placa fotográfica, y puede ser:

Método de Laue en modo transmisión. La película se coloca detrás del cristal para registrar los rayos que son transmitidos por el cristal. Un lado del cono de reflexiones de Laue es definido por el rayo de transmisión. La película cruza el cono, de manera que las manchas de difracción generalmente se encuentren sobre una elipse.



Método de Laue en modo reflexión. La película es colocada entre la fuente de rayo X y el cristal. Los rayos que son difractados en una dirección anterior son registrados. Una parte del cono de reflexiones de Laue es definido por el rayo transmitido. La película cruza el cono, de manera tal que las manchas de difracción se encuentran generalmente están sobre una hipérbola.



Aplicaciones: En la actualidad, este método se utiliza para determinar la simetría: si un cristal se orienta de tal manera que el haz incidente sea paralelo a un elemento de simetría, la disposición de las manchas en la fotografía revela su simetría. Una fotografía según este método de un mineral tomado con el haz incidente paralelo al eje binario de un cristal monoclinico, mostrará una disposición binaria de manchas; si el haz es paralelo al plano de simetría, la fotografía presentará una línea de simetría; si es un cristal rómbico mostrará una distribución doble de las manchas, con dos ejes de simetría.

METODO DE ROTACIÓN TOTAL O PARCIAL DEL CRISTAL Ó METODO DEL CRISTAL GIRATORIO

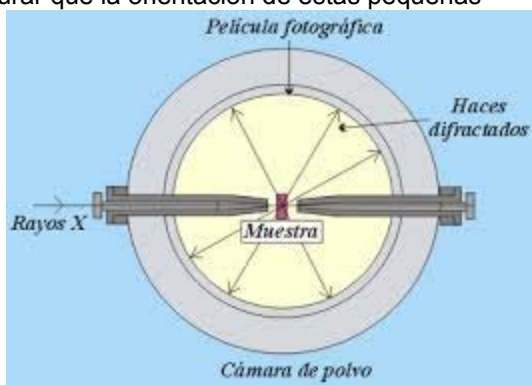
Se emplea un mono-cristal. El cristal se orienta de tal manera que puede hacerse girar según uno de los ejes cristalográficos principales. La cámara es un cilindro de diámetro conocido, coaxial con el eje de giro del cristal, y lleva en su interior una película fotográfica protegida de la luz por una cubierta de papel negro

Cuando se toma una fotografía de rotación, el cristal gira alrededor de una de las filas reticulares principales, generalmente un eje cristalográfico. Esta fila reticular es perpendicular al haz incidente, y por lo tanto los rayos difractados estarán siempre contenidos en conos cuyos ejes son comunes con el eje de rotación del cristal. Este eje es el de la película cilíndrica, por lo que la intersección de los conos sobre la película será una serie de círculos, que al revelar la película y aplanarse aparecerá como líneas rectas paralelas. Cada una de ellas es una línea de capa, que corresponde a un cono de rayos difractados para los cuales n tiene un cierto valor entero. De esta forma, la línea de capa que incluye el rayo incidente se denomina capa cero o ecuador, la primera línea es la que cumple $n = 1$, la segunda $n = 2$ y así sucesivamente. Las líneas de capa no son continuas puesto que las distintas manchas de difracción aparecen solo cuando los tres conos se cortan.

La separación de las líneas de capa viene condicionada por los ángulos de los conos, que a su vez depende de la periodicidad de la fila reticular alrededor de la cual se hace girar el cristal. Por lo tanto, conociendo el diámetro de la película cilíndrica, la longitud de onda de los rayos X y la distancia de la capa n sobre el ecuador en la película, podemos determinar el espaciado o periodo de identidad a lo largo del eje de rotación del cristal. Si en el método del cristal giratorio se toman fotografías de rotación con el cristal girando alrededor de cada uno de los tres ejes cristalográficos, podemos determinar las dimensiones de la celda unidad, de modo que los periodos de identidad determinados al girar el cristal sucesivamente son las aristas de la celda unidad, lo cual es cierto sea cual fuere la simetría del cristal

METODO DEL POLVO

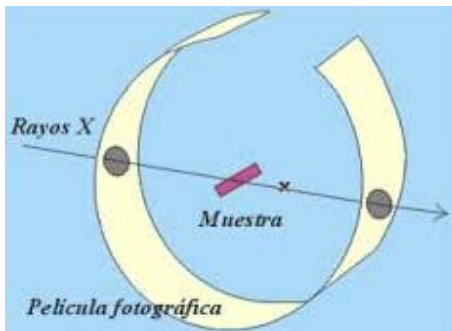
Debido a la escasez de los cristales verdaderamente bien formados y la dificultad de llevar a cabo la precisa orientación requerida por los métodos de Laue y de cristal giratorio llevaron al descubrimiento del método del polvo en la investigación de la difracción por rayos X. En este método la muestra se pulveriza tan finamente como sea posible y se asocia con un material amorfo, en forma de eje acicular de 0.2 a 0.3 mm de diámetro. Esta aguja o muestra de polvo está formada idealmente por partículas cristalinas en cualquier orientación; para asegurar que la orientación de estas pequeñas partículas sea totalmente al azar con respecto del haz incidente, la muestra generalmente se hace girar en el haz de rayos X durante la exposición. La cámara de polvo es una caja plana en forma de disco con una aguja ajustable en el centro de la misma para montar la muestra. La pared cilíndrica está cortada diametralmente por un colimador y un obturador del rayo opuesto a aquel. Se sitúa la película dentro de la cámara, con dos agujeros perforados, de modo que el tubo del colimador y del obturador pasan a través de ellos una vez que la película se adapta adecuadamente a la superficie interna de la cámara.



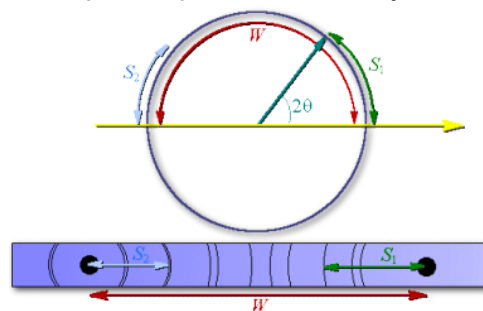
Un fino haz de rayos X monocromáticos se hace pasar por el sistema colimador e incide sobre la muestra, que está cuidadosamente centrada en el eje corto de la cámara, de tal manera que la muestra permanece en el haz mientras gira durante la exposición. Los rayos que no han sido desviados pasan a través y alrededor de la muestra y pasan por el obturador antes de salir de la cámara. Los máximos de difracción de un conjunto de planos determinados forman 2 conos simétricos cuyo eje coincide con el haz incidente. El ángulo entre el haz no difractado y los haces difractados que constituyen los conos es de 2θ y valores enteros n , dando lugar a conjuntos diferentes de conos de haces difractados. La intersección de cada cono de haces difractados con la película fotográfica produce dos arcos simétricos con respecto a dos centros que representan el lugar de entrada y salida del haz de rayos X de la cámara

La película se coloca de manera envolvente en la cámara (de manera circular) tal que registra el patrón de difracción. Cada cono que cruza la película da la línea de difracción, que son vistas como arcos

Cuando la película se despliega se observa una serie de arcos concéntricos y simétricos con respecto a los dos orificios.



Así, por ejemplo consideraremos el modelo en polvo de un cristal de una muestra de la cual se sabe tiene estructura cúbica, pero se desconoce cuál. Aplicando este método, obtenemos la tira de película de la cámara de Debye después de la exposición, desarrollamos y fijamos. De la tira medimos la posición de cada línea de difracción. De los resultados es posible asociar la muestra con un tipo particular de estructura cúbica y también determinar un valor para su parámetro de enrejado. Cuando la película es puesta el punto S_1 puede ser medido. Esto es la distancia a lo largo de la película, de una línea de difracción, al centro del agujero para el rayo transmitido directo. Para reflexiones traseras, por ejemplo con $2\theta > 90^\circ$ puede medirse S_2 como la distancia del punto de entrada de rayo



Determinando dichas cantidades y utilizando la ley de Bragg y lo que se conoce sobre los planos de la red recíproca, se obtiene, por analogía (hay valores compilados por el *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* que se pueden usar para comparar), el tipo de cristal que es.

APLICACIONES DE LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Los rayos X poseen una gran variedad de utilidades y aplicaciones nombraremos algunas:

Identificación de fases

Una fase cristalina dada, siempre produce un patrón de difracción característico, tanto en estado puro o en una mezcla. Este hecho es la base para el uso de la difracción como método de análisis químico. El análisis cualitativo se realiza mediante la identificación del patrón de esa fase. Para este tipo de análisis, se utiliza una base de datos que contiene toda la información necesaria, cristalográfica para fases cristalinas de distintos tipos de materiales, ya sean inorgánicos, minerales, orgánicos, etc

A partir del difractograma de una muestra la búsqueda se realiza mediante ordenador y consiste en identificar los patrones que mejor se ajustan a los picos del difractograma imponiendo restricciones en la composición química de la fase (si se conocen) o mediante los picos de mayor intensidad en el difractograma

Pureza de muestras.

En una mezcla de compuestos cada fase cristalina presente va a contribuir al patrón de difracción de rayos x. Esto puede utilizarse para identificar el grado de avance de una reacción y la pureza del producto. Si el producto posee impurezas, se pueden detectar, sin embargo, la impureza debe ser cristalina, además la capacidad para detectar una impureza depende de la capacidad de ésta para dispersar la radiación

Análisis cuantitativo.

Los métodos de análisis cuantitativos basados en la difracción de rayos x pueden clasificarse en dos grandes grupos: métodos que emplean picos seleccionados y métodos que utilizan todo el difractograma.

Dentro de los métodos basados en picos seleccionados se encuentran:

- **método de difracción-absorción:** se basa en la relación de intensidades de un pico en la fase pura y en la mezcla.
- **método de la adición estándar:** en la mezcla debe existir una fase de referencia (i) con un pico no solapado con ningún pico de la fase a analizar (j). La metodología consiste en la adición de una cantidad conocida de fase pura j, c_j' .
 $I_{ij}/I_{ii} = K(c_j' + c_j)$ donde I_{ij}/I_{ii} es la relación entre las áreas integradas de los picos seleccionados para la fase analizada y la referencia, K es la pendiente de la recta de I_{ij}/I_{ii} frente a la cantidad añadida y c_j es la fracción en peso de j inicial.

Dentro de los métodos que utilizan todo el difractograma se encuentran:

- **método de descomposición del difractograma:** Se basa en la separación del difractograma en los difractogramas individuales de cada componente de la mezcla, una vez separados se asignan las áreas integradas a cada componente y se aplican las metodologías anteriores

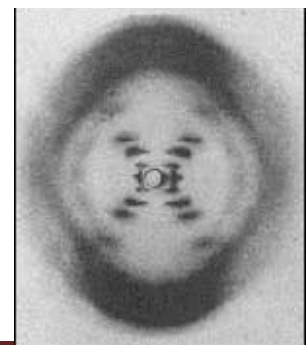
Estudio de texturas.

En un agregado poli cristalino, un grano (o conjunto de moléculas) normalmente tiene una orientación cristalográfica diferente a la de sus vecinos los granos pueden estar aleatoriamente distribuidas o pueden tender a agruparse, en mayor o menor grado alrededor de una o varias orientaciones particulares. Cualquier agregado caracterizado por esta condición se dice que posee orientación preferente o textura. La orientación preferente puede tener una gran influencia sobre las intensidades de los picos de difracción. La orientación preferente es un fenómeno muy frecuente, en metales, materiales cerámicos, películas semiconductoras y recubrimientos en general entre otros. Al conocer estas orientaciones y sus picos, se pueden fabricar materiales con los tipos de textura deseados o averiguar la textura de una muestra y saber si sirve o no para el fin deseado.

La importancia industrial de la textura se debe al efecto que tiene sobre las propiedades macroscópicas del material, por ejemplo aceros para usos magnéticos deben tener los granos orientados con los planos {100} paralelos a la capa de la superficie mientras que si es un acero para perforaciones las mejores prestaciones se obtienen con los planos {111} paralelos a la superficie

Aporte de la difracción de Rayos X al estudio de ADN.

Los datos de difracción de rayos-X colectados por Rosalind E. Franklin (1920-1958) durante su investigación de la estructura de las formas A (cristal) y B (cristal líquido) del ácido desoxirribonucleico (ADN, resultaron una información clave para la elaboración del modelo molecular del ADN en forma de una doble hélice, propuesto a inicios de 1953 por J. D.



Watson y F. H. C. Crick (entonces, ambos en Cambridge). La figura muestra la ahora famosa 'Foto 51' de difracción de rayos-X de la forma B del ADN obtenida por Rosalind

La imagen muestra la foto de la difracción de rayos x obtenida por Rosalind, cuyo aspecto en forma de cruz es la signatura de una molécula con la arquitectura de una hélice. Esta estructura permitía explicar las propiedades vitales en el proceso de la herencia de replicarse a si misma y de mutar que poseían las moléculas de ADN

Análisis de minerales

La cristalografía de rayos X se utiliza no solo para obtener estructuras desconocidas, sino también para determinar la composición de muestras de suelos o minerales, así como para la identificación de metales y otros elementos. Cada sustancia mineral forma cristales con una celda unidad y simetría determinada, que resulta en un patrón de difracción característico. La difracción por el método de polvo es muy usada para este tipo de aplicaciones, por ser sencillo comparar el espaciado entre los anillos de difracción con los valores compilados por el *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS). http://es.wikipedia.org/wiki/Cristalograf%C3%ADa_de_rayos_X_-_cite_note-ined-drx-87 Las proporciones relativas de dos o más minerales presentes en una misma muestra se obtienen comparando las intensidades de sus respectivas líneas con aquellas de muestras de composición conocida. Un ejemplo de esta aplicación es la identificación de minerales arcillosos, la fracción del suelo cuyas partículas minerales tienen un tamaño inferior a dos μm .

Para entender la importancia de esto, cabe destacar que el vehículo explorador Curiosity, que aterizó en Marte en 2012 para estudiar la superficie del planeta, cuenta entre sus instrumentos científicos con un difractómetro compacto equipado con un generador de rayos X y un detector de área. http://es.wikipedia.org/wiki/Cristalograf%C3%ADa_de_rayos_X_-_cite_note-95 En octubre de 2012, transmitió las primeras imágenes de difracción, que demostraron la presencia de minerales como feldespato, piroxeno y olivina en el suelo marciano, mezclados con material amorfo, a semejanza de los terrenos basálticos de los volcanes de Hawái. http://es.wikipedia.org/wiki/Cristalograf%C3%ADa_de_rayos_X_-_cite_note-96

Diseño de fármacos

Desde finales de siglo XX se ha empezado a diseñar nuevos fármacos y medicamentos basados en inhibidores y sustratos naturales de diversas proteínas y enzimas involucradas en ciclos celulares y metabólicos. El conocimiento de la estructura de la parte de la proteína (la forma y la distribución de cargas electrostáticas) que liga estos compuestos facilita este proceso, gracias a la mejor comprensión de las interacciones entre la proteína y el ligando de interés; esto permite concentrarse en el diseño de fármacos con las características específicas deseadas. Uno de los ejemplos más importantes de esta aplicación es el compuesto vemurafenib, diseñado para bloquear una enzima mutante presente en el 60 % de los casos de melanoma.

Rayos X y premios nobel

La siguiente lista es de Premios Nobel de Química que emplearon o desarrollaron métodos estructurales por difracción de rayos-X para poder ver que tan importantes son para este campo:

1954 Linus Carl Pauling (USA, 1901 - 1994): Estudios sobre la naturaleza de los enlaces químicos (estructura molecular de proteínas).

1962 John Cowdery Kendrew (Inglaterra, 1917-1997), Max Ferdinand Perutz (Inglaterra, Austria, 1914 - 2002): Estudios sobre la estructura de proteínas globulares.

1964 Dorothy Crowfoot-Hodgkin (Inglaterra, 1910-1994): Determinación de la estructura de sustancias biológicamente importantes por medio de rayos X.

1976 William N. Lipscomb (USA, 1919): Estructura de boranos.

1982 Aaron Klug (Inglaterra, 1926): Desarrollo de métodos cristalográficos para la determinación de complejos proteícos de ácidos nucleícos biológicamente importantes.

1985 Herbert A. Hauptman (USA, 1917) y Jerome Karle (USA, 1918): Desarrollo de métodos directos para la determinación de estructuras cristalinas.

1987 Donald J. Cram (USA, 1919 - 2001), Charles J. Pedersen (USA, 1904 - 1989) y Jean-Marie Lehn (Francia, 1939): Desarrollo de moléculas con interacción estructural específica de alta selectividad.

1988 Johann Deisenhofer (Alemania, 1943), Robert Huber (Alemania, 1937) y Hartmut Michel (Alemania, 1948): Determinación de la estructura tridimensional de un centro de reacción fotosintética.

1997 Paul D. Boyer (USA, 1918) y John E. Walker (UK, 1941): Dilucidación del mecanismo enzimático que subyace la síntesis del trifosfato de adenosina (ATP), y Jens C. Skou (Dinamarca, 1918): Descubrimiento de una enzima que transporta iones, la Na⁺, K⁺-ATPase.

2003 Peter Agre (USA, 1949): Descubrimiento de canales para el intercambio de agua (acuaporinas) a través de membranas celulares y Rod MacKinnon (USA, 1956): Estudios estructurales y mecanicistas del intercambio iónico a través de membranas celulares.

2006 Roger D. Kornberg (USA, 1947): Estudios estructurales sobre las bases moleculares de la transcripción eucariota.

2009 Venkatraman Ramakrishnan (India, 1952), Thomas A. Steitz (USA, 1940) y Ada E. Yonath (Israel, 1939): Estudios de la estructura y función del ribosoma.

Conclusión

Es muy interesante ver como la física nos ayuda a comprender y revelar el mundo microscópico. Como se ha explicado en este informe, la utilización de los rayos X encuentran su fundamento en la física; sin esta, a mi entender, no se los podría usar como se los usa actualmente, ya que no se podría entender cómo aplicarlos.

Gracias a la física, los rayos X han sido de gran utilidad desde que se descubrieron, siendo su principal función la de revelar la estructura de compuestos desconocidos y determinar la composición de compuestos. Es de uso común en una gran variedad de disciplinas científicas, como la mineralogía, la química, la biología molecular, la farmacología, la geología, la física aplicada y la ciencia de materiales. También es importante destacar que las diferencias en el patrón de difracción de diversos materiales, sean minerales, drogas, pigmentos, etc. con aspectos y composiciones químicas similares son de mucha utilidad en la industria y campos sin relación directa con la investigación científica básica o el desarrollo tecnológico, como la ciencia forense o la historia del arte.

Lamentablemente, la limitación fundamental de la difracción de rayos X consiste en que sólo puede aplicarse a sustancias susceptibles de formar cristales. Aunque las técnicas cristalográficas pueden utilizarse también para determinar la estructura de otros materiales con periodicidad espacial y cuasicristales (una forma estructural que es ordenada pero no periódica), resulta imposible estudiar gases, líquidos y sólidos desordenados por este método. Además, la obtención de cristales no es siempre suficiente para obtener la estructura de interés.

Bibliografía:

Giancoli Douglas C. "Física". 3º Edición

<http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/> (Curso sobre difracción de rayos X, elaborado por el Instituto de Química-Física "Rocasolano", Departamento de Cristalografía, CSIC (Madrid)).

<http://www.ehu.es/imacris/PIE04> (Práctica guiada sobre caracterización de rayos X por difracción de rayos X en muestras poli cristalinas.)

<http://www.slideshare.net/mtrodavidmaciasferrer/difraccion-de-rayos-x> (trabajo hecho por Mtro David Macias Ferrer, Ingeniero Químico at Tecnológico de Cd Madero)

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm> (Curso Interactivo de Física en Internet; autor Ángel Franco García. Profesor de Fundamentos Físicos de la Ingeniería y de un Curso de Lenguaje Java Doctor en Ciencias Físicas. Profesor Titular de Universidad del País Vasco
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/intro/autor/autor.html)

http://www.upct.es/~dimgc/webjoseperez/DOCENCIA_archivos/Aplicaciones_DRX_Apuntes_y_ejercicios.pdf (autor: José Pérez, profesor titular de la universidad Politécnica de Cartagena. Área de química inorgánica)

http://www.rpsqualitas.es/documentacion/downloads/instrumental/tecnicas_de_difraccion_de_rayos_x.pdf (consultora química y medioambiental, RPS-Qualitas)

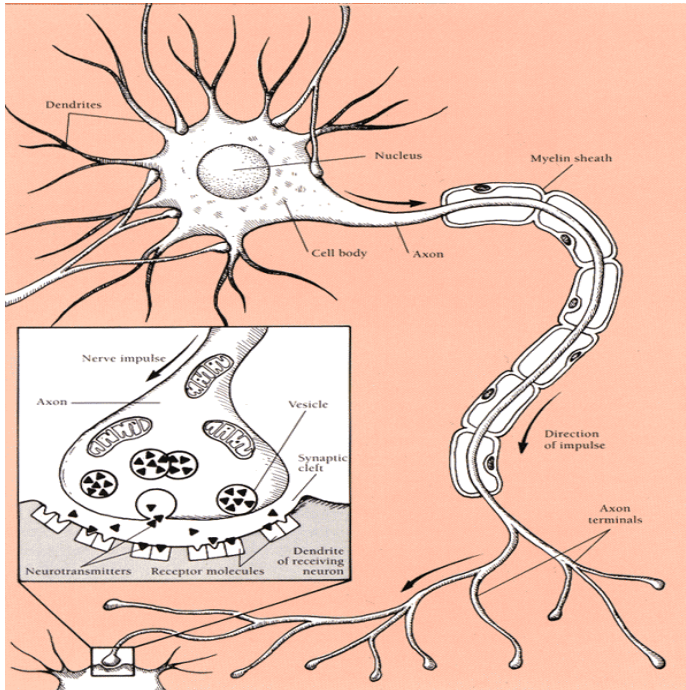
<http://www0.unsl.edu.ar/~cornette/Bolilla11.pdf> (apuntes de física de la cátedra)

<http://deconceptos.com/ciencias-naturales/refraccion> (imagenes)

<http://www.nobelprize.org/educational/physics/x-rays/>

http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/known_11/emspectrum.html

CONSTITUCION DE LAS CELULAS NERVIOSAS INDIVIDUALES: LAS NEURONAS Y LOS CONCEPTOS FISICOS EN SU APLICACION.



Alumna: Quiróz Eva Ayelén.

Carrera: Profesorado en Biología.

Materia: Física.

Profesor: Hugo Velazco.

Año: 2014.

❖ INTRODUCCION- CONCEPTOS INTRODUCTORIOS

El sistema nervioso de los mamíferos es el producto de millones de años de evolución.

- ¿Cuáles son los aspectos de este sistema que lo hacen altamente adaptativo? Una respuesta es que el sistema nervioso hace posible la comunicación y la coordinación entre los millones de células que conforman los cuerpos de los grandes animales. Para apreciar las ventajas de un sistema nervioso sólo se tienen que comparar organismos que lo poseen con organismos que carecen de él, Pero la posibilidad de comunicación rápida y coordinada sólo es parte del cuento.

El complejo sistema nervioso de los mamíferos es el fundamento de la flexibilidad de respuesta que caracteriza a los organismos inteligentes. No son la rapidez y la inevitable respuesta del reflejo, con toda su velocidad, las que proporcionan las bases para la inteligencia.

Más que eso, es la capacidad para responder o no responder, lo cual depende de factores como la naturaleza de la situación, su similitud o diferencia con situaciones pasadas, y su significado potencial para el futuro del organismo. Para comprender esta capacidad del sistema nervioso para la modulación la capacidad para responder de manera flexible a nuestro ambiente, tomando en consideración un complejo arreglo de factores, se debe examinar el sistema nervioso a nivel micro y considerar la célula nerviosa individual y las conexiones entre las células nerviosas. El sistema nervioso central está conformado por un vasto número de células nerviosas individuales, conocidas como neuronas.

Las neuronas son las células fundamentales y básica del sistema nervioso poseen determinadas particularidades que hacen de ellas unidades funcionales muy especial.

El tema te lleva a conocer aspectos biológicos que son interesantes desde el punto en que se los estudie, y mi interés fue la relación con los conceptos físicos y lo excepcional que es la relación entre estos.

- ELECTROSTÁTICA: parte de la física que estudia las cargas eléctricas en reposo.

- Ley de Coulomb: la fuerza eléctrica entre dos cargas es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$F = Kq_1q_2/r^2 \quad (K = 9.109 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2})$$

- El campo eléctrico es la fuerza por unidad de carga que se ejerce sobre una carga q colocada en una región de espacio donde experimenta una fuerza

eléctrica F:

$$E = F/q \quad \text{generado por una carga } Q: \quad E = K Q/r^2$$

- La energía potencial eléctrica de una configuración de cargas es el trabajo que debe realizarse para traer las cargas, a velocidad constante, desde el infinito hasta la posición que ocupan.

$$U_E = K Qq/r \quad \text{Potencial eléctrico:} \quad V = U_E/q$$

Unidades: Volt = Joule/Coulomb.

- CORRIENTE ELECTRICA: es el flujo de cargas a través de un conductor. Las cargas se mueven debido a una diferencia de potencial aplicada a los extremos del conductor. Se necesita una fuente de energía para mantener en el tiempo esta diferencia de potencial. La intensidad de la corriente depende de la diferencia de potencial aplicada y de las características del conductor, que determinan el valor de la resistencia del mismo.
- Las resistencias pueden ser:
 1. Resistencias en serie: la corriente a través de cada una de ellas es la misma y el voltaje total es la suma de los voltajes individuales.
La resistencia equivalente es la suma de resistencias individuales.
 2. Resistencias en paralelo: la diferencia de potencial en los extremos de cada resistencia es la misma.
La inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de las resistencias individuales.

Potencia en un circuito: el generador es responsable de convertir algún otro tipo de energía en energía potencial eléctrica. Ésta se transforma en el circuito en alguna clase de energía, por ejemplo calor.

La diferencia de potencial entre sus extremos es:

V: si es una batería

i R: si es una resistencia

El cambio de la energía potencial que ha sufrido esta carga es:

$$\Delta U_E = V \Delta Q$$

Este cambio de energía es el trabajo realizado por el elemento sobre la carga dividiéndolo por el tiempo resulta la potencia suministrada o disipada en el circuito:

$$P = i V = \Delta W / \Delta t$$

En un generador con fuerza electromotriz \mathcal{E} , la potencia suministrada es: $P = \mathcal{E} i$

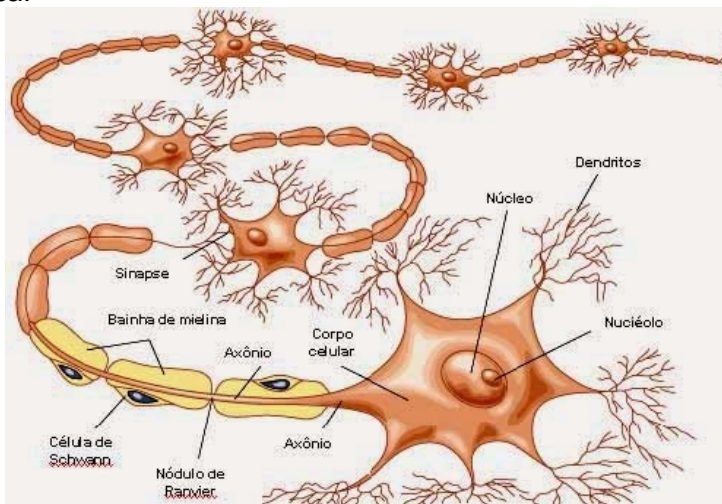
En el caso de una resistencia la potencia disipada es: $P = i^2 R$

DESARROLLO

➤ CONDUCCION NERVIOSA

. Las neuronas son estructural y funcionalmente unidades celulares, tienen la característica de recibir estímulos nerviosos provenientes de otras neuronas, ya sean excitatorios o inhibitorios, y conducir el impulso nervioso, poseen dos grandes y notables propiedades como son: la irritabilidad, que le confiere a la célula la capacidad de respuesta a agentes físicos y químicos con la iniciación de un impulso y la conductibilidad, la cual le proporciona la capacidad de transmitir los impulsos de un sitio a otro. El grado en que estén desarrolladas estas dos propiedades protoplasmáticas, junto con la gran diversidad de formas y tamaños de los cuerpos celulares y la longitud de sus prolongaciones distingue a este tipo de células de otras

El cerebro humano contiene alrededor de 10^{11} células nerviosas o neuronas. Aunque el cerebro humano contiene una cifra extraordinaria de estas células, que pueden clasificarse al menos en mil tipos diferentes, todas ellas comparten una misma estructura básica.



El cuerpo celular (soma) es el centro metabólico de la célula. Contiene el núcleo, que almacena los genes de la célula, así como el retículo endoplásmico, una extensión del núcleo donde se sintetizan las proteínas de la célula. El cuerpo celular habitualmente es el origen de dos clases de prolongaciones: varias dendritas cortas y un único axón largo, tubular. Las dendritas se ramifican como un árbol y son el aparato principal de recepción de señales procedentes de otras neuronas.

Por el contrario, el axón sale del cuerpo celular y es la principal unidad de conducción de señales a otras neuronas. La mayoría de los axones del sistema nervioso central son muy finos (entre 0.2 y 20 μm de diámetro) comparados con el diámetro del cuerpo celular. Muchos axones están aislados por una vaina de mielina grasa, interrumpida con intervalos regulares por los nódulos (anillos) de Ranvier.

Cerca de su terminación, el axón tubular se divide en finas ramas que forman los lugares de comunicación con otras neuronas. El punto en que se comunican dos neuronas se conoce como sinapsis. La neurona que transmite una señal se denomina célula presináptica. La que recibe la señal, célula postsináptica. La neurona presináptica transmite señales de las ramas engrosadas de su axón, conocidas como terminales presinápticas. Sin embargo, una célula presináptica no tiene contacto real o anatómico con la neurona postsináptica, porque ambas células están separadas por un espacio, la hendidura sináptica.

La mayoría de las terminales presinápticas terminan en las dendritas postsinápticas, pero las terminales pueden acabar sobre el cuerpo celular, menos a menudo, al principio o al final del axón de la célula receptora.

➤ RESISTENCIA Y CAPACIDAD ELECTRICA DE UN AXON:

Podemos comprender muchas de las propiedades eléctricas de un axón con la ayuda de un modelo que lo asimila a un cable eléctrico recubierto con un aislante. El axón consiste en una membrana cilíndrica que contiene un líquido conductor, el axoplasma. La corriente puede viajar a lo largo del axón en este fluido y también puede escapar a través de la membrana.

Las propiedades eléctricas del axón vienen determinadas por ciertas magnitudes. La resistencia R, la corriente i(axón) a lo largo del axón es proporcional a la resistividad del axoplasma, (ρ_a). La resistividad de la unidad de área de la membrana a la corriente de pérdida se denomina R_m .

$$R = \rho_a l/A$$

La membrana también tiene capacidad eléctrica, ya que ambos lados de la misma se acumulan cargas eléctricas de signo opuesto. Permite utilizar la fórmula de la capacidad eléctrica de un condensador plano. Una longitud L de membrana tiene un área superficial de $A = 2\pi r l$. Como la capacidad por unidad de área es C_m , la capacidad de un trozo de axón de longitud L es:

$$C = C_m (2\pi r l)$$

Como una membrana no es un aislador perfecto la carga se escapa del axoplasma al fluido intersticial a través de ella. Si la resistencia a las corrientes de pérdida a través de la unidad de área de la membrana de área A tiene una resistencia $R' = R_m/A$. Para un axón de longitud L, el área superficial de la membrana: $A = 2\pi r l$. La resistencia axial es:

$$R' = R_m/2\pi r l$$

1cm de longitud de un axón sin mielina tiene una resistencia de pérdida que es menos del 1 por ciento de la resistencia del axoplasma R. Por consiguiente la mayor parte de la corriente que entra en un segmento de axón se pierde a través de las paredes en mucho menos de 1 cm. Utilizando las ecuaciones de la resistencia y de la

capacidad eléctrica: $\lambda = \sqrt{\frac{R_m}{R}} = \sqrt{\frac{R_m}{\rho_a} \cdot \frac{2}{2}}$ $\rho \lambda = \sqrt{\frac{R_m}{\rho_a}}$

La distancia λ , denominada parámetro espacial; indica que distancia recorre una corriente antes de que la mayor parte de ella se pierda a través de la membrana. Mide la eficiencia de la propagación pasiva de los cambios de voltaje a lo largo de neurona, o conducción electrotonica. La eficiencia de esta conducción electrotonica tiene dos efectos importantes sobre la función neuronal:

1. Influye en la suma espacial, proceso por el cual los potenciales sinápticos generados en diferentes regiones de la neurona se suman en la zona desencadenante, que es el componente de la neurona donde se toman las decisiones.
2. La conducción electrotonica es un factor de la propagación del potencial de acción. Una vez que la membrana ha sido despolarizada, se genera un potencial de acción en esa región, en respuesta a la apertura de los canales de Na^+ sensibles al voltaje. Esta despolarización local se propaga electrotonicamente axón abajo, y hace que la

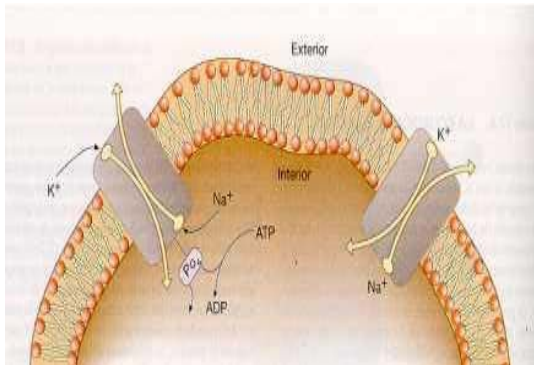
región adyacente de la membrana alcance el umbral para generar un potencial de acción.

En general, los axones con el diámetro más grande tienen el umbral más bajo para la corriente extracelular. Cuanto mayor sea el diámetro del axón, menor será la resistencia axial al flujo de corriente longitudinal, debido al mayor número de transportadores (iones) de carga intracelular por unidad de longitud del axón. Por ello, en el axón más grande penetra mayor fracción de corriente total, por lo que se despolariza con mayor eficiencia que un axón más pequeño.

➤ Transmisión de la información

Canales iónicos

La señalización en el cerebro depende de la capacidad de las neuronas para responder a pequeños estímulos produciendo variaciones rápidas de la diferencia de potencial eléctrico a través de las membranas neuronales. Estas alteraciones rápidas del potencial de la membrana se producen gracias a los canales iónicos.



Los canales iónicos son proteínas que abarcan el espesor de la membrana celular. La membrana plasmática de todas las células, incluidas las neuronas, tiene un espesor de 6-8 nm y consiste en un mosaico de lípidos y proteínas. La superficie de la membrana está formada por una doble capa de fosfolípidos. En esta capa de lípidos están las proteínas integrales de la membrana, entre ellas los canales iónicos. La bicapa lipídica es por sí misma casi completamente impermeable a los iones, por lo que los iones sólo atraviesan la membrana a través de poros o aberturas especializadas de la membrana, como los canales iónicos, en los que el equilibrio energético favorece el movimiento de los iones.

Los canales iónicos poseen tres propiedades importantes:

- Conducen iones (a altas velocidades): en un solo canal pueden llegar a pasar hasta 100 millones de iones por segundo.
- Reconocen y seleccionan iones específicos: cada tipo de canal solo permite el paso de un ion o de unos pocos tipos de iones.
- Muchos canales iónicos están regulados; se abren y se cierran en respuesta a diversos estímulos. Así, los canales regulados por voltaje obedecen a las variaciones de voltaje, los canales regulados por ligando, lo hacen a transmisores químicos y los regulados mecánicamente a la presión o el estiramiento.

Además de los canales regulados, existen los no regulados que están normalmente abiertos con la célula en reposo y que contribuyen significativamente al potencial en reposo.

➤ Potencial de membrana.

Cada neurona tiene una separación de cargas a través de su membrana celular, que consiste en una fina nube de iones positivos y negativos diseminados por la superficie interna y externa de la misma. En reposo, la célula nerviosa tiene un exceso de cargas

positivas en la parte externa y un exceso de cargas negativas en la parte interna de la membrana.

De los cuatro iones que se encuentran en mayor cantidad a ambos lados de la membrana, el Na^+ y Cl^- son los más concentrados fuera de la célula, y el K^+ y los aniones orgánicos (aminoácidos y proteínas) los más concentrados dentro de ella. Las células nerviosas son permeables a los iones de Na^+ , K^+ y Cl^- . De las numerosas clases de iones presentes en las células nerviosas sólo las proteínas y los aminoácidos son incapaces de penetrar en la membrana celular.

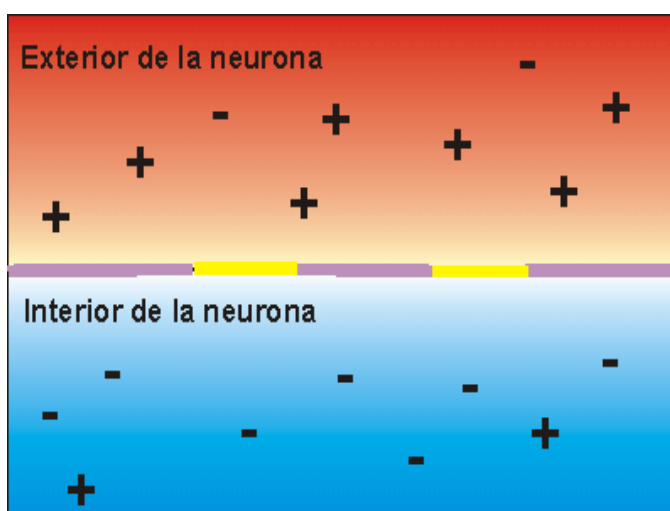
Para que una célula tenga un potencial de membrana en reposo constante, la separación de carga a través de ésta debe mantenerse también constante a lo largo del tiempo. Es decir, el flujo de carga positiva hacia dentro debe estar equilibrado por la carga negativa hacia fuera.

Todos los envíos de señales eléctricas implican cambios a partir del potencial de membrana en reposo, debido a alteraciones en el flujo de corriente eléctrica a través de la membrana celular como consecuencia de la apertura y el cierre de los canales iónicos. La corriente eléctrica que fluye hacia adentro y hacia fuera de la célula es transportada por iones, ya sean cargados positivamente (cationes) o negativamente (aniones). La dirección del flujo de corriente se define convencionalmente como la del movimiento neto de la carga positiva. Por lo tanto, en una solución iónica los cationes se mueven en la dirección de la corriente eléctrica, y los aniones en la dirección opuesta.

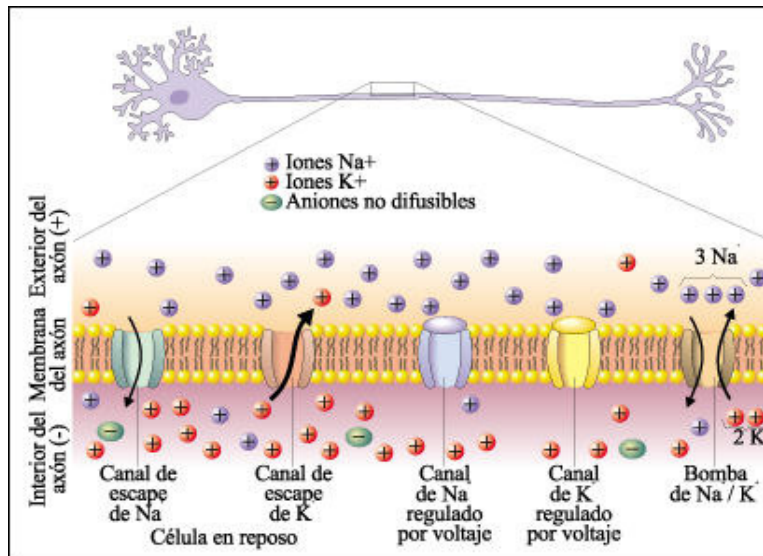
Una reducción de la separación de carga, que da lugar a un potencial de membrana menos negativo, recibe el nombre de despolarización.

Un aumento de la separación de carga, que induce a un potencial de membrana más negativo, recibe el nombre de hiperpolarización.

Las respuestas hiperpolarizantes son casi siempre pasivas (potenciales electrotonicos), es decir, no provocan la apertura de los canales iónicos, al igual que las pequeñas despolarizaciones. Sin embargo, cuando la despolarización se aproxima a un nivel crítico, denominado umbral, la célula responde activamente con la apertura de los canales de iones sensibles al voltaje, que en el umbral produce un potencial de acción todo o nada.



➤ CONCENTRACIONES IONICAS Y POTENCIAL DE REPOSO



La separación de carga da lugar a una diferencia de potencial eléctrico denominado potencial de membrana. El potencial de membrana, V_m , se define como:

$$V_m = V_i - V_e$$

donde V_i es el potencial en la parte interna de la célula y V_e el potencial de la parte externa.

El potencial de la membrana de una célula en reposo recibe el nombre de potencial de membrana en reposo. Dado que, por convención, el potencial fuera de la célula se define como cero, el potencial de reposo, V_r , es igual a V_i . En las neuronas oscila normalmente entre -60 y -70 mV.

El potencial de membrana en reposo viene determinado por los canales iónicos en reposo.

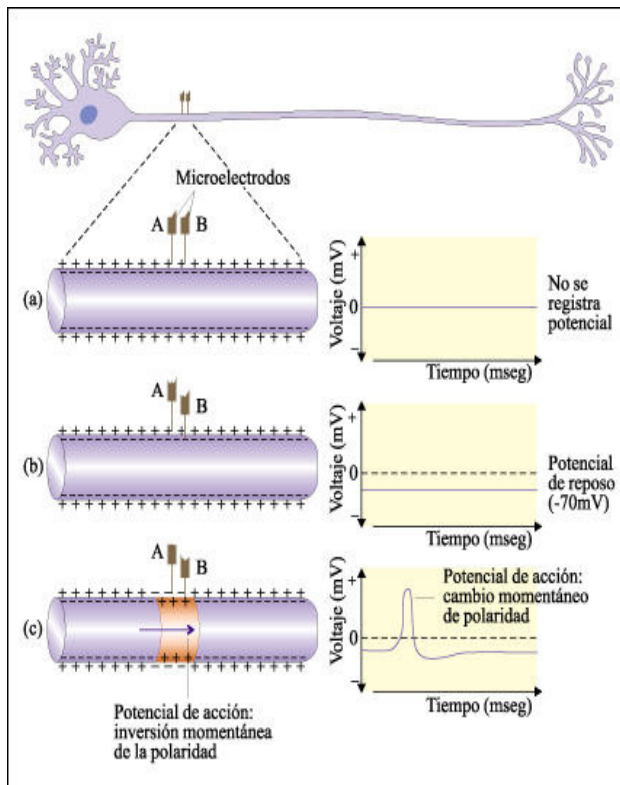
- Una célula tiene relativamente pocos canales de reposo de Na^+ , de forma que, en estado de reposo, la conductancia para el Na^+ es muy baja.
- En contraste, como hay muchos canales de reposo de K^+ , la conductancia de membrana para el K^+ es relativamente grande.

Como resultado de ello, la pequeña fuerza neta hacia fuera que actúa sobre K^+ con el potencial de membrana en reposo es suficiente para producir un flujo de K^+ hacia fuera igual al de Na^+ hacia dentro, dando lugar a un potencial de reposo de unos -65mV.

Dicho potencial está lejos del potencial de equilibrio de Na^+ (55mV) y es sólo ligeramente más positivo que el potencial de equilibrio del K^+ (-75mV).

Como hemos visto, el movimiento pasivo de K^+ hacia fuera de la célula a través de los canales de reposo equilibra el movimiento pasivo de Na^+ hacia el interior de la célula.

La disipación de los gradientes iónicos se evita gracias a la bomba de sodio-potasio, que mueve estos iones contra sus gradientes electroquímicos netos, extrayendo Na^+ de la célula e introduciendo en ella K^+ . La bomba requiere por tanto, energía para funcionar. Esta energía procede de la hidrólisis de ATP. Así pues, con el potencial de membrana en reposo la célula no está en equilibrio sino más bien en un estado estable: hay un



En un axón en reposo, el efecto de la diferencia de concentraciones de K^+ es mayor que el de la diferencia de potencial y hay un flujo neto hacia afuera de iones K^+ . Como en el caso de sodio, ha de haber algún mecanismo que devuelva el potasio hacia el interior de la célula y mantenga desequilibradas las concentraciones. En cambio no hay movimiento neto de los iones Cl^- , ya que en su caso el efecto de la diferencia de concentraciones se ve exactamente contrarrestado por la diferencia de potencial en reposo.

Para la diferencia de potencial de equilibrio para un ion puede obtenerse de la ecuación de Nerst., se basa de un modelo que trata los iones de una disolución diluida como un gas ideal. Habrá equilibrio cuando la energía potencial de un ion de carga q , $q(V_i - V_0)$, sea igual al trabajo necesario para transportarlo a la zona de mayor concentración. Este trabajo es $kBT \ln(c_0/c_i)$, kB es la constante de Boltzmann, T es la temperatura, c_0 es la concentración exterior, c_i es la concentración interior.

➤ Propagación de señales: el potencial de acción.

- Características principales.

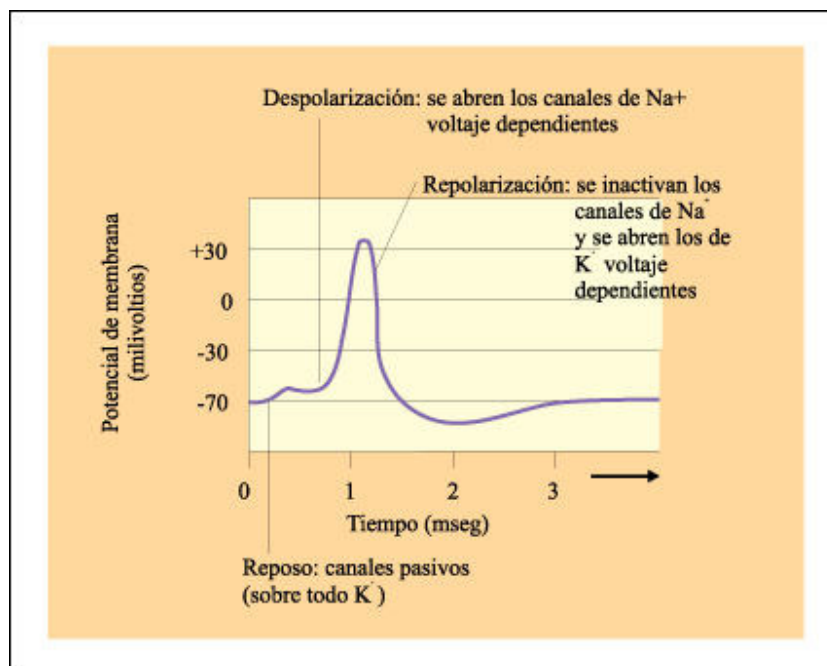
Los potenciales de acción:

1. Son impulsos nerviosos rápidos, con amplitud de 100mV y duración aproximada de 1 ms.

2. Se originan en el origen del axón (montículo del axón), y se propagan a lo largo de éste sin interrupciones ni distorsiones a una velocidad de entre 1-100 m/s.
3. Su amplitud a lo largo del axón permanece constante ya que se regenera con intervalos regulares a lo largo del axón.
4. Constituyen las señales mediante las cuales el cerebro recibe, analiza y transmite la información.
5. La información transmitida por un potencial de acción no está determinada por la forma de la señal sino por la vía que recorre el cerebro.
6. Es una señal todo o nada: los estímulos subumbrales no producen señales y todos los estímulos que superen el umbral, aunque varíen en intensidad o duración, producen la misma señal en cuanto a amplitud y duración se refiere.
7. Sólo dos características de la señal de conducción transmiten información:
 1. El número de potenciales de acción.
 2. Los intervalos de tiempo entre ellos.

- **Generación del potencial de acción**

El potencial de acción es el resultado de los cambios en el flujo de iones a través de los canales de la membrana. El flujo hacia dentro de Na^+ es el responsable de la fase de elevación del potencial de acción. La fase de caída del potencial de acción está causada por un aumento posterior de la permeabilidad para el K^+ .



Un potencial de acción implica la siguiente secuencia de fenómenos. La despolarización de la membrana determina que los canales de Na^+ se abran rápidamente, lo que genera una corriente de Na^+ hacia dentro de la célula. Esta corriente, al descargar la capacitancia de la membrana, causa mayor despolarización, con lo que abre más canales de Na^+ , lo que induce un mayor aumento de la corriente hacia dentro.

Este proceso regenerativo lleva al potencial de acción hacia el Na, lo que crea la fase de aumento del potencial de acción. El estado de despolarización del potencial de acción limita entonces la duración de éste de dos maneras:

1. Inactivando de forma gradual los canales de Na⁺.
2. Abriendo, con cierto retraso, los canales de K⁺ sensibles al voltaje.

En consecuencia, la corriente de Na⁺ hacia dentro va seguida de una corriente de K⁺ hacia fuera que tiende a repolarizar la membrana.

En la mayoría de las células nerviosas, el potencial de acción va seguido de una hiperpolarización transitoria, el potencial posterior.

El potencial de acción va seguido también de un breve período de menor excitabilidad, o refractario, que puede dividirse en dos fases:

1. El período refractario absoluto: se produce inmediatamente después del potencial de acción; durante ese período es imposible excitar la célula, por grande que sea la corriente de estimulación que se le aplique.
2. El período refractario relativo: durante éste es posible desencadenar un potencial de acción pero sólo aplicando estímulos mayores que los requeridos normalmente para alcanzar el umbral.

Estos períodos refractarios, en conjunto, no duran más de unos milisegundos y están causados por la inactivación residual de los canales de Na⁺ y la mayor apertura de los de K⁺.

➤ Transmisión local de señales. Propiedades eléctricas pasivas de la neurona.

Todas las células del organismo tienen un potencial de membrana, pero sólo las neuronas generan señales eléctricas que pueden ser conducidas rápidamente a largas distancias.

Las neuronas tienen tres propiedades eléctricas pasivas que son importantes para la transmisión de señales eléctricas:

1. La resistencia de la membrana en reposo.
2. La capacidad de la membrana.
3. La resistencia axial intracelular a lo largo de los axones y dendritas.

La diferencia entre los efectos de las propiedades pasivas y activas de las neuronas puede demostrarse mediante la inyección de pulsaciones de corriente en el cuerpo celular.

➤ Respuesta a estímulos débiles.

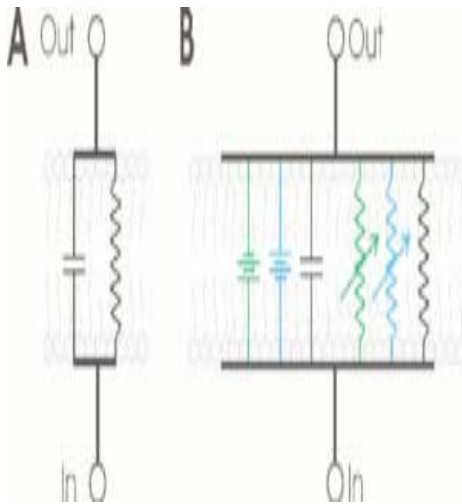
Estos estímulos son eléctricos ya que pueden controlarse fácilmente y no perjudican a la célula si son suficientemente débiles. Para un estímulo eléctrico menor que un cierto valor umbral crítico, la respuesta del axón es similar al de una red análoga de resistencias y condensadores. Específicamente, si se aplica un estímulo débil en algún punto de axón, no se presentan cambios significativos en el potencial del axón más allá de unos pocos milímetros a partir de este punto. Al contrario un estímulo superior al umbral produce un pulso de corriente que recorre la longitud del axón sin atenuación.

Si se inyecta una carga negativa, se aumenta la separación de carga a través de la membrana, lo que determina que el potencial de la membrana se haga más negativo, o hiperpolarizado. Cuanto mayor sea la corriente negativa, mayor será la hiperpolarización.

En la mayoría de las neuronas existe una relación lineal entre el tamaño de la corriente negativa y la hiperpolarización en estado estable. La relación entre corriente y voltaje define una resistencia, R_{en} , la resistencia de entrada a la neurona.

De igual forma, cuando se inyecta una carga positiva en la célula y se produce una despolarización, la neurona se comporta como una simple resistencia pero sólo para unos valores de voltaje limitados. Una corriente positiva suficientemente grande producirá una despolarización que superará el umbral, o punto en que la neurona genera un potencial de acción. Cuando esto sucede, la neurona ya no se sigue comportando como una sencilla resistencia. La resistencia de la célula a la entrada de corriente determina el grado de

➤ La capacidad de la membrana.



La capacitancia de la membrana prolonga la duración temporal de las señales eléctricas. Una verdadera resistencia responde a una modificación gradual de corriente con un cambio similar de voltaje, pero la neurona no responde así, sino que muestra una respuesta de voltaje que aumenta y disminuye más lentamente que el cambio gradual de corriente. Esta propiedad de la membrana se debe a su capacitancia. Para comprender cómo la capacitancia reduce la respuesta del voltaje, es preciso recordar que el voltaje a través de un condensador es proporcional a la carga almacenada en éste:

$$V=Q/C$$

En la que Q es la carga en culombios y C la capacitancia en faradios. Para alterar el voltaje, debe añadirse o retirarse carga del condensador:

$$V= Q/C$$

El cambio de carga (Q) es el resultado del flujo de corriente a través del condensador (I_c). Como la corriente es el flujo de carga por unidad de tiempo ($I_c=Q/t$), podemos calcular el cambio de voltaje a través de un condensador como una función de la corriente y del tiempo durante el cual fluye la corriente (t):

$$V= I_c \times t/C$$

La capacitancia es directamente proporcional al área de las placas del condensador. Cuanto mayor sea el área de las placas del condensador, más carga almacenará aquel para una diferencia de potencial dada. El valor de la capacidad también depende del medio de aislamiento y de la distancia entre las placas del condensador. Como todas las membranas biológicas están compuestas por bicapas lipídicas con propiedades de aislamiento similar, que proporcionan una separación parecida entre las dos placas (4nm), la capacitancia específica por unidad de área de todas las membranas biológicas, C_m , tiene el mismo valor, aproximadamente $1 \mu F/cm^2$.

La capacitancia de la membrana tiene como efecto una reducción de la velocidad a la que cambia el potencial de membrana en respuesta a una pulsación de corriente. Si la membrana sólo tiene propiedades de resistencia, una pulsación gradual de corriente hacia fuera que pase a través suyo cambiará el potencial de la membrana de forma instantánea. Por otra parte, si la membrana sólo tiene propiedades capacitivas, el potencial de membrana cambiará de forma lineal con el tiempo en respuesta a la misma pulsación gradual de corriente. Como la membrana tiene ambas propiedades en paralelo, la variación real del potencial de membrana combina rasgos de las dos respuestas puras. La pendiente inicial de la relación entre V_m y el tiempo refleja un elemento puramente capacitivo, mientras que la pendiente final y la amplitud reflejan un elemento puro de resistencia.

➤ Velocidad de propagación del potencial de acción

La propagación pasiva de la despolarización durante la conducción del potencial de acción no es instantánea. De hecho, la conducción electrotónica es un factor que limita la velocidad de propagación del potencial de acción.

El tiempo que emplea la despolarización en propagarse a lo largo del axón viene determinado tanto por la resistencia axial, como por la capacitancia por unidad de longitud del axón. La velocidad de propagación varía de forma inversa al producto $ra.C_m$. Si este producto está reducido, la velocidad de diseminación pasiva aumenta y el potencial de acción se propaga más rápido.

La propagación rápida del potencial de acción es funcionalmente importante y han evolucionado dos mecanismos distintos para que aumente:

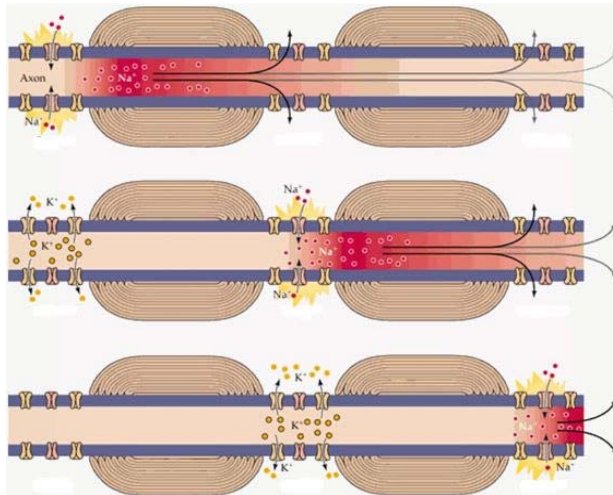
1. Aumentar la velocidad de conducción mediante el aumento del diámetro de la parte interna del axón.

2. Mielinización del axón: este proceso es funcionalmente equivalente al aumento del grosor de la membrana axonal multiplicado por 100.

En una neurona con axón mielinizado, el potencial de acción se desencadena en el segmento no mielinizado, situado en el cono axónico. La corriente de entrada que fluye a través de esta región de la membrana queda disponible para descargar la capacitancia del axón mielinizado que queda por delante de ella. La cantidad de corriente que fluye por el núcleo axonal desde la zona desencadenante no es suficiente para descargar la capacitancia de toda la longitud del axón mielinizado. Para evitar que el potencial de acción se agote, la vaina de mielina está interrumpida cada 1 o 2 μm por zonas de membrana axonal desnudas de unas 2 μm de longitud, los nódulos de Ranvier. Estos nódulos distribuidos de forma regular aumentan la amplitud del potencial de acción de forma periódica.

El potencial de acción, que se propaga muy rápidamente a lo largo de los internodos debido a la baja capacitancia de la vaina de mielina, disminuye su velocidad cuando cruza la región de la capacitancia de cada nódulo desnudo. En consecuencia, según desciende

el potencial de acción por el axón, va saltando rápidamente de nódulo en nódulo. Por esta razón se dice que el potencial de acción se mueve en un axón mielinizado en forma de conducción de saltos.



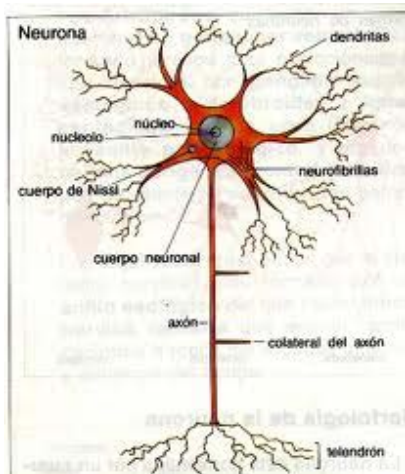
Axón mielinizado.

En un axón sin mielina, el potencial de acción va acompañado de cambios espectaculares de la permeabilidad de la membrana al Na^+ y al K^+ . Cuando el potencial V_i en un axón sin mielina aumenta por encima del umbral del potencial de acción en algún punto, la permeabilidad del Na^+ aumenta súbitamente en un factor mayor que 1000. Ello provoca un rápido flujo hacia adentro de iones Na^+ que cambian el signo de V_i de negativo a positivo. Tras 0,3 ms, el potencial se aproxima al potencial de equilibrio del Na^+ , que viene determinado por la ecuación de Nernst, y el flujo de Na^+ hacia adentro disminuye. También la permeabilidad del sodio empieza a disminuir hacia su bajo nivel normal. Entre tanto la permeabilidad del potasio ha aumentado en un factor de 30. Los iones de potasio empiezan a fluir rápidamente hacia el exterior de la célula y V_i se hace de nuevo negativo. V_i llega a alcanzar en efecto un valor por debajo del potencial de reposo, próximo al potencial de equilibrio del K^+ , que es algo más negativo que el potencial de reposo. En un periodo de un milisegundo aproximadamente, el potencial vuelve a un valor próximo al potencial de reposo, debido a cambios en la permeabilidad del K^+ y no a los efectos de la bomba de Na^+ y de K^+ , que actúa mucho más lento. La bomba restablece gradualmente las concentraciones de Na^+ y K^+ que se alteraron ligeramente durante el pulso del potencial de acción.

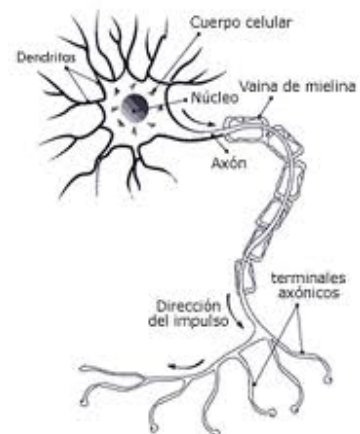
Los iones positivos se mueven hacia este extremo en el exterior de la membrana y se apartan del mismo en el interior de ella. Esto hace disminuir las cargas en la cara adyacente de la membrana, de forma que el potencial del axoplasma se hace menos negativo y crece hasta el umbral del potencial de acción. Esto provoca un aumento de la permeabilidad del sodio, que conduce un flujo entrante de sodio y un potencial en la porción adyacente de la membrana. De esta forma, el potencial de acción se propaga de punto a punto a lo largo de toda la longitud del axón.

El término amplificación se refiere al proceso que ocurre cada vez que se genera un potencial de acción en algún punto del axón, porque allí es donde se consume energía. La bomba $\text{Na}^+\text{-K}^+$ está manteniendo continuamente el potencial de reposo y las concentraciones iónicas de no equilibrio de Na^+ y K^+ a través de la membrana. Al hacer esto se almacena una cantidad considerable de energía potencial eléctrica en la membrana, de forma parecida a la retención de agua en un dique. La aparición de un

potencial de acción se debe a los aumentos de permeabilidad de la membrana a los iones Na^+ y K^+ . Los aumentos de permeabilidad son análogos a la apertura de una compuerta en un dique. Hay un flujo repentino de iones el que proporciona la corriente de un potencial de acción. La bomba que repone el agua en la parte superior de la presa. Como la bomba del dique, la bomba Na-K requiere más tiempo para establecer los iones que el que transcurre durante el potencial de acción.



Neurona sin mielina.



Neurona con mielina.

CONCLUSIÓN

A partir de este trabajo, llegué a concluir la enorme complejidad de los factores que determinan el concepto, funciones y fines de una neurona. En la conexión entre dos neuronas "sinapsis" dentro del espacio de milisegundos, podemos darnos cierta idea de la enorme complejidad del sistema nervioso humano. Este panorama de los procesos integradores realizado al nivel de la neurona individual representa en miniatura la tarea de la toma de decisiones que confronta todo el sistema nervioso.

Existe mucho más que podría decirse acerca de todos los procesos involucrados al nivel de la neurona individual, pero esto ya proporciona un marco adicional para explorar, ya que solo hemos visto cómo se propagan las señales dentro de la neurona, desde sus dendritas hasta el terminal axonal. El tema personalmente me atrajo desde el momento en que lo encontré, y es satisfactorio los conceptos que me quedaron.

BIBLIOGRAFIA

www.med.ufro.cl/Recursos/neuroanatomia/archivos.

Libro: Joseph W. Kane- física, ciencias de la vida.

Anatomía del Sistema Endocrino

<http://www.mmhs.com/clinical/adult/spanish/endocrin/anatomy.htm>.

<http://www.une.edu.ve/electronica/neurona.htm>.

La visión de los insectos



Universidad Nacional de San Luis

Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia

Asignatura: Física.

Profesor: Hugo Velasco.

Alumno: Guaycochea, Santiago Daniel.

Carrera: Licenciatura en Biología Molecular.

Fecha de entrega: 27/06/2014

Índice.

❖ Introducción.....	3
❖ Conceptos físicos:	
Luz.....	3
Refracción de la luz.....	3
Índice de refracción.....	3
Reflexión total interna.....	4
Lentes.....	4
❖ La visión de los insectos:	
El omatidio como unidad básica.....	5
Adaptación a diferentes condiciones de luz.....	6
Características de los ojos compuestos.....	7
❖ Conclusión.....	10
❖ Bibliografía consultada.....	10

Introducción

La física, por ser una ciencia natural, encuentra campos de aplicación y de interés en una amplia variedad de procesos referidos al funcionamiento de los seres vivos y que han inspirado avances en diversos campos de la ciencia. En este trabajo se intenta utilizar la física para comprender mejor mecanismos biológicos como los que se llevan a cabo en la visión de los insectos. También se buscará comparar su sentido de la vista con el de los humanos, con el fin de aprender un poco más sobre la importancia que tiene para un insecto, ya que para nosotros la vista es un sentido fundamental al momento de relacionarnos con el medio que nos rodea.

Conceptos físicos:

Luz:

La luz es una onda electromagnética transversal, con campos eléctricos y magnéticos variando perpendicularmente entre si y a la dirección de propagación.

Refracción de la luz:

Cuando los rayos de luz pasan de un medio a otro de distinto índice de refracción, algunos se doblan o refractan, otros se reflejan y parte se absorbe.

Existe una relación entre las direcciones de los rayos incidentes y los refractados, esta relación se conoce como Ley de Snell y propone lo siguiente:

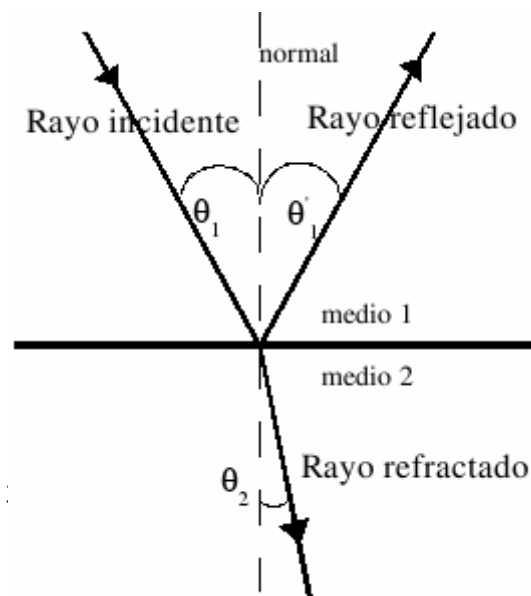
Si los índices de refracción de los medios son n_1 y n_2 , y si el ángulo de incidencia θ_1 y el ángulo de refracción θ_2 se miden con respecto a la normal a la superficie, se establece que

$$n_1 \text{ sen}\theta_1 = n_2 \text{ sen}\theta_2$$

Índice de refracción:

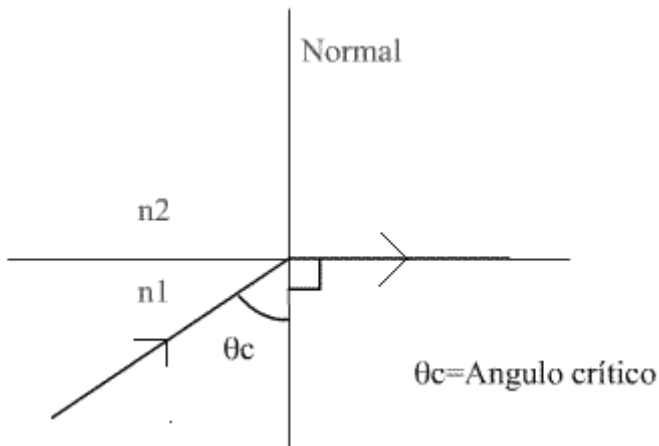
Se denomina índice de refracción n , al cociente entre la velocidad de la luz en el vacío, c , y la velocidad de la luz en algún medio material, v .

$$n = c/v$$



Cuando la luz pasa de un medio de menor índice de refracción a uno mayor, se dice que el segundo medio es ópticamente más denso.

Reflexión interna total:

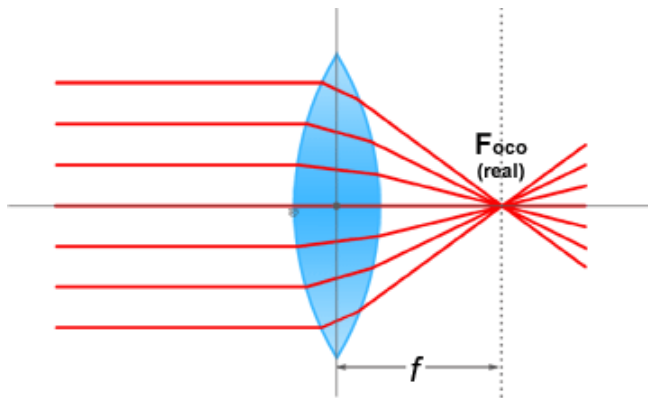


En el caso de que el rayo atraviese un medio de mayor índice de refracción a uno de menor índice, el rayo refractado se aleja de la normal, y a medida que se aleja de la normal pierde intensidad, ganando intensidad el rayo reflejado, hasta que cuando el ángulo de refracción es 90° la intensidad se hace cero.

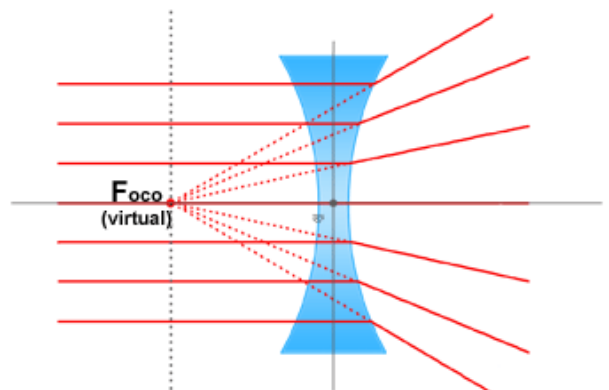
Lentes

Una lente es una pieza de material transparente capaz de enfocar un haz de luz transmitido y que converge en algún punto del espacio y así formar una imagen.

Una lente convergente es más gruesa en el centro que en los lados. Lo que hace este tipo de lente es desviar los rayos hacia su foco, de forma que todos los rayos paralelos convergen en un punto formando así una imagen real.



Una lente divergente es más gruesa en los lados y más fina en el centro. En este caso los rayos son refractados lejos de su eje por lo que la imagen será virtual y se formará con la prolongación de los rayos refractados.



La visión de los insectos



El omatidio como unidad básica

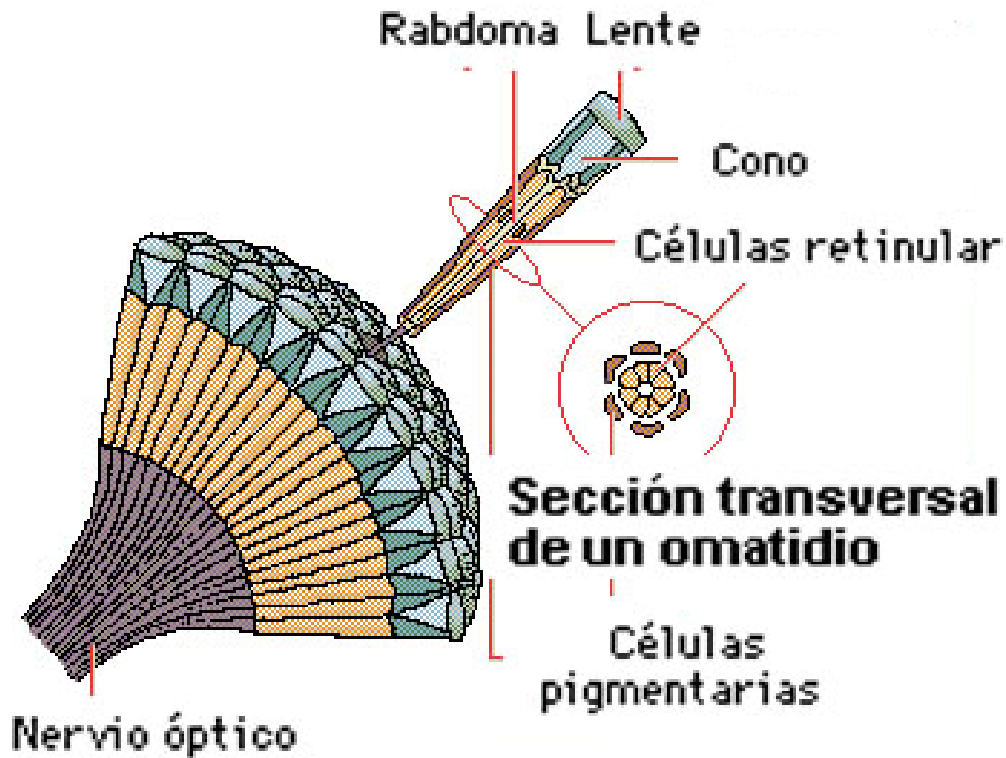
Los insectos tienen una clase de ojo llamado compuesto, porque está formado por numerosas unidades cilíndricas largas que poseen todos los elementos necesarios para la recepción de la luz. Esta unidad u omatidio está cubierta en su extremo externo por una córnea translúcida derivada del exoesqueleto, cuya superficie externa es cuadrada o hexagonal y recibe el nombre de "faceta".

Detrás de la córnea se encuentra el cono cristalino, que funciona como segundo cristalino. Este suele estar formado por cuatro células. Tanto la córnea como el cono cristalino derivan del esqueleto y por ello proporcionan un foco fijo, sin posibilidad alguna de enfocar.

El extremo basal del omatidio está formado por la retínula que es el elemento receptor, en cuyo centro se ubica el rabadoma que es un cilindro translúcido que tiene alrededor las células fotorreceptoras o retinulares que contienen gránulos de pigmentos negros o pardos que comprenden el pigmento retiniano próximo. Estas células tienen sus superficies internas formando pliegues tubulares llamados rabadómeros.

Distalmente el omatidio está rodeado por cierto número de células pigmentarias que forman el pigmento retiniano distal.

El ojo compuesto actúa como fibra óptica, transportando los rayos desde la lente hasta el rabdómero y “eliminando” los rayos que son demasiado oblicuos, es decir, cuyo



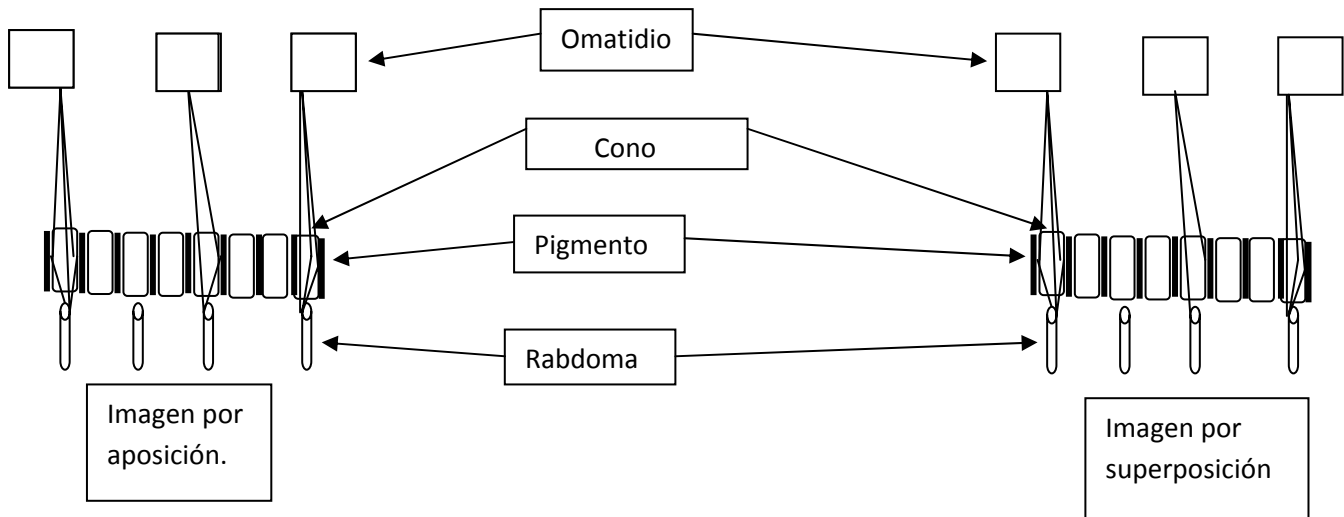
ángulo de incidencia es menor al ángulo crítico.

Adaptación a diferentes condiciones de luz

- Imagen de aposición: Cuando la luz ingresa en el omatidio de forma oblicua a la faceta, los pigmentos retinulares proximal y distal se extienden y actúan como una pantalla para evitar que la luz pase de un omatidio a otro, de modo que los rayos de luz están confinados a la región axial del cono cristalino y posteriormente a un determinado rabdómero.

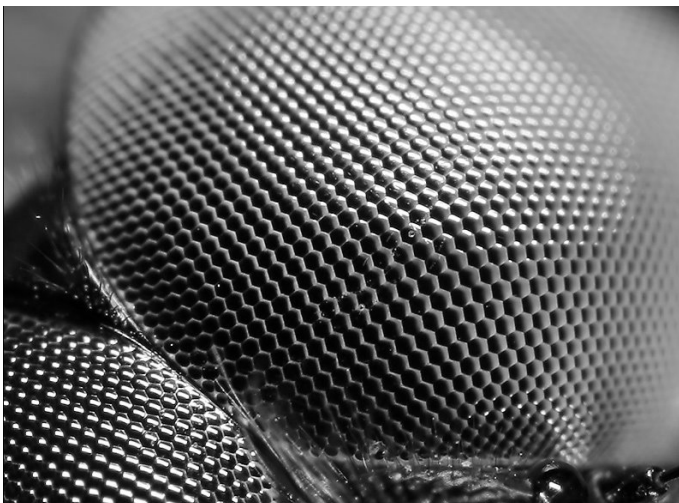
Una propiedad del cono cristalino es que es un cilindro formado por laminillas concéntricas. Las laminillas exteriores tienen índice de refracción inferior a las

centrales y funcionan refractando los rayos oblicuos para eliminarlos y dirigir los más axiales hacia el rabdoma.



- Imagen de superposición: Cuando hay escases de luz, el pigmento está retraído de modo que no se produce efecto pantalla. Entonces la luz pasa de un omatidio a otro y un solo rabdoma responde a los rayos de luz que atravesaron varias facetas adyacentes.

Características de los ojos compuestos.



tamaño de las facetas es mayor que en los diurnos.

El ojo de la libélula puede tener hasta 10000

- La imagen total formada por el ojo compuesto resulta del número de omatidios excitados. Por lo que se designa como imagen en mosaico, ya que resulta de pequeñas piezas puestas juntas para formar una imagen.
- La cantidad de omatidios que posee un insecto varía enormemente, pero en general los insectos voladores poseen el mayor número de facetas, en tanto que los parásitos y cavernícolas prácticamente son ciegos. En insectos nocturnos el

El ojo humano recibe y transmite estímulos de forma similar, pero la diferencia la hace la resolución, que en el hombre es mucho mayor ya que el mosaico está compuesto por puntos más finos y más numerosos.



Visión del hombre



Visión de un insecto

- Otra característica importante de los ojos de los insectos es que la superficie de su cornea es mucho más convexa, lo que se traduce en un amplio campo visual.
- A esto se le suma la sensibilidad al movimiento que otorgan los ojos compuestos y la característica de tener una velocidad de centelleo superior a los humanos, es decir, que ven “más lento” el movimiento. Estos tres factores le permiten al insecto tener un mayor control sobre lo que pasa a su alrededor (por eso es tan difícil por ejemplo, tratar de atrapar una mosca), ya sea para cazar o para huir de los depredadores.
- Los receptores pigmentarios de los insectos están mucho más desplazados hacia el ultravioleta (longitudes de onda del orden de los 300nm), lo que permite que varias especies vean este tipo de radiación invisible para el ojo humano. También pueden diferenciar tonos de azul y verde-amarillo pero sin mayor detalle.
- En el caso de las abejas, la gama de color se extiende desde el ultravioleta (300 nanómetros) hasta el amarillo-anaranjado (650 nm.) mostrando picos de sensibilidad para el ultravioleta, azul y verde. Las abejas son muy sensibles al ultravioleta y por otro lado son ciegas para el rojo (no distinguen colores por encima de los 650 nm).



- Los insectos poseen una agudeza visual aproximadamente de 1° , lo que significa que es muy inferior a la de los humanos que es alrededor de los 0.03° . Si un insecto mira una serie de barras que están paralelas pero separadas por una distancia menor a lo que el percibe, no podrá distinguir cada una de las barras y verá todo como un solo objeto.

Conclusión

La clase Insecta es la más grande en cuanto a cantidad de especies de animales que alberga, por lo que se pueden enumerar miles de adaptaciones y formas de vida diferentes, entonces generalizar se hace casi imposible. Se puede concluir que los insectos ven peor que los humanos, pero esto no quiere decir que todas las especies dejen la visión en un segundo plano, sino que depende del ámbito en el que desarrollan su vida.

También se puede decir que los insectos presentan adaptaciones muy interesantes y únicas así como similitudes extraordinarias con nosotros, en el caso de la vista aunque

parecen estructuras sumamente diferentes, los principios físicos que rigen su funcionamiento son prácticamente los mismos.

Para un científico (de cualquier disciplina) resulta de suma importancia comprender como los diferentes campos de la ciencia pueden y deben complementarse para el desarrollo del conocimiento y para la comprensión de diversos fenómenos que no encuentran su explicación en solo una rama de la ciencia, también es importante destacar que el trabajo conjunto de diferentes campos permite un avance significativo al momento de llevar acabo algún tipo de investigación o descubrimiento. En el presente trabajo se dejó en evidencia como algo tan “biológico” como un exoesqueleto o una célula, llevan a cabo en conjunto procesos netamente físicos que generalmente se estudian en un laboratorio con lentes y pantallas, pero que difícilmente son relacionados con la vida cotidiana. Cuando en realidad resulta de sumo interés trasladar lo aprendido durante el curso hacia el mundo que nos rodea y así mejorar su entendimiento.

Bibliografía

- **Edward E. Ruppert, Robert D. Barnes.** Zoología de los invertebrados. 6^o edición.
- **R. Eckert, D Randall, G. Augustine.** Fisiología animal: mecanismos y adaptación. 3^o edición.
- **J. W. Kane, M. M. Sternheim.** Física. 2^o edición.
- **Apuntes de física.**
- http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_18/B18-010-027.pdf