

**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO HENRIQUEZ UREÑA**

FACULTAD DE CIENCIAS

FISICA Y TECNOLOGIA
Revista Trimestral

Organo de Difusión del
DEPARTAMENTO DE FISICA
de la
Universidad Nacional
Pedro Henríquez Ureña

Santo Domingo
República Dominicana

AÑO I, NUMERO 1
Marzo de 1975

Director
Ing. Frank Heinsen

Encargado de Publicación
Lic. Luis Mera

Impresión:
Amigo del Hogar

Composición
Diagramación
y Montaje
EDITORIA DE LA SALLE
Ave. Bolívar 173
Santo Domingo
República Dominicana

Editorial



La Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña ha creado una carrera de Física que se inició en agosto de 1973. El objetivo principal de esta carrera es fomentar y contribuir al desarrollo de la ciencia en nuestro país. Así como son importantes la Historia, la Literatura, la Pintura y demás manifestaciones del espíritu y del intelecto, también es importante ese aspecto del acervo cultural de un pueblo que es la Ciencia. Hasta ahora la ciencia ha participado de un modo casi inadvertido en el devenir cultural de la República Dominicana, quizá en parte porque tenemos la creencia de que la ciencia es algo muy elevado, inalcanzable para nosotros. Pero la realidad es que la ciencia se puede "vivir" aún a niveles modestos y creemos que después de iniciado un ambiente que despierte interés por la ciencia, las posibilidades son ilimitadas.

Pero la ciencia no es únicamente uno de los aspectos importantes de las manifestaciones culturales de un pueblo. La ciencia es también la base del desarrollo tecnológico. Y para que podamos aspirar a desarrollar la tecnología, lo primero es fortalecer aquello que es su fundamento. Desarrollo tecnológico no es poseer equipos avanzados sino crear y perfeccionar métodos y equipos que nos permitan utilizar cada vez más y mejor los recursos de que disponemos; y para crear y perfeccionar hace falta una sólida base científica.

Creemos pues, haber dado un gran paso con la creación de la carrera de Física. Pero este impulso debe ser ayudado y promovido y esta revista que hoy sale por primera vez viene a complementar nuestro aporte en pro del desarrollo de un ambiente científico y tecnológico en nuestro país. La revista va dirigida en primer lugar a los jóvenes que cursan el bachillerato, para ayudar a aquellos que pueden encontrar en la ciencia o en la tecnología su vocación para realizarse plenamente a sí mismos y contribuir con el máximo de sus posibilidades al desarrollo de su pueblo. En segundo lugar, a los estudiantes de la carrera de Física, a profesores y maestros de Física en universidades, y escuelas, quienes ya están dedicando parte de su energía vital a la Física, para que encuentren motivación y estímulo para seguir perfeccionándose. Y finalmente, a todos los profesionales e intelectuales que puedan gustar de las aventuras y las aplicaciones prácticas en el campo del pensamiento científico y tecnológico.

Curiosidades de la Física

Por: Luciano Sbriz

HIELO CALIENTE.-

Estamos acostumbrados a pensar que el agua no puede encontrarse en estado sólido a temperaturas mayores de 0°C . No obstante, las investigaciones llevadas a cabo por el físico Bridgman demostraron que esto no es así. Si el agua está sometida a gran presión puede pasar al estado sólido y permanecer en él a temperaturas mayores de 0°C . Bridgman obtuvo el hielo a la presión de 20600 atmósferas y permaneció al estado sólido a la temperatura de 76°C . Es un hielo que si lo tocásemos nos quemaría la mano.

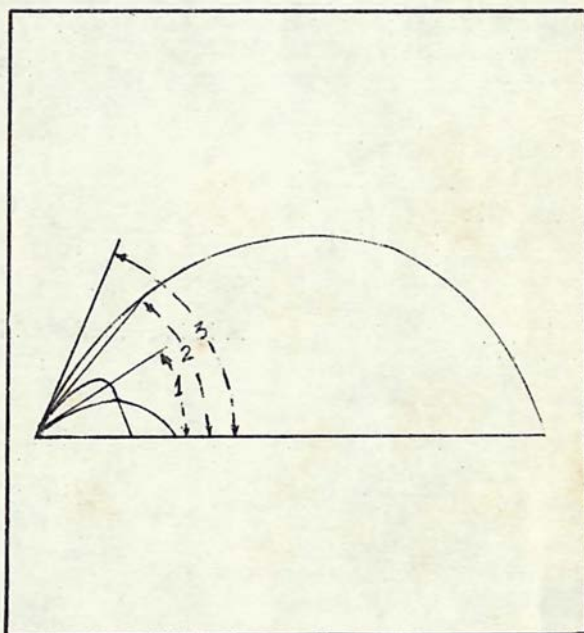
EL CARBON PRODUCE FRIO.-

Lo que se llama "hielo seco" viene producido quemando el carbón en calderas y el humo que produce se depura, con la particularidad de que el anhídrido carbónico que contiene es capturado por una solución alcalina. Luego por calentamiento se desprende al anhídrido carbónico y se somete a enfriamiento y presión hasta que pasa al estado líquido a una presión de 70 atmósferas. El hielo seco se obtiene sometiendo el líquido a una evaporación rápida a baja presión. Su temperatura es de 78°C . bajo cero. Tiene la peculiaridad de que no enhumece en cuanto pasa directamente de estado sólido a estado gaseoso.

TIRO DE GRAN ALCANCE.-

Al final de la 1a. Guerra Mundial (1918) la artillería alemana puso en práctica, por primera vez en la historia, el bombardeo de unidades situadas a más de 100 km. Este sistema fue empleado para batir la capital francesa que se encontraba a más de 110 Km.

del frente. Los alemanes descubrieron este hecho casualmente; ocurrió esto al disparar un cañón con gran ángulo de elevación. Inesperadamente sus proyectiles alcanzaron 40 Km. en lugar de los 20 calculados. Resultó, que estos proyectiles, al ser disparados hacia arriba con mucha inclinación y gran velocidad inicial, alcanzaron las altas capas de la atmósfera, en las cuales la resistencia del aire es insignificante. En este medio poco resistente es donde el proyectil recorrió la mayor parte de su trayectoria, después de lo cual cayó casi verticalmente a tierra. La figura muestra la gran variación que experimentan las trayectorias de los proyectiles al cambiar el ángulo de elevación.



Gracias a esto los alemanes pudieron construir el famoso cañón "Gran Bertha" constituido por un tubo de acero de 34 m. por 1 m. de grueso. Pesaba 750 t. y sus proyectiles 120 Kgr. los cuales venían lanzados con una velocidad inicial de 2,000 m/seg.

Didáctica de la Física

Por: Rubén Ruíz

Cuando nos proponemos enseñar algún aspecto de la Física, siempre nos planteamos una serie de preguntas que ineludiblemente nos conduce al problema metodológico y este a su vez, está subordinado a problemas pedagógicos de orden generales.

Vamos a plantear el esquema propuesto por Loedal en este sentido. ¿Cómo debe enseñarse? ¿Qué debe enseñarse? ¿Para qué debe enseñarse? ¿Cuándo debe enseñarse? ¿A quién debe enseñarse?

Aquí entran como se ve una serie de variables que hay que conjugar muy bien a través del planteamiento de un objeto específico; lo que va a disminuir algunas de las variables y va a permitir relacionar de forma más precisa las restantes; indudablemente que este conjunto de ideas sobre la enseñanza tiene que desembocar en una solución canalizada a través de un método, y para elegir ese método debemos analizar los hasta ahora existentes tanto a la luz de las teorías como de la práctica, primeramente agrupándolos en dos: **Los Métodos Didácticos** es decir los que se refieren a reglas que deben seguirse para comunicar un conocimiento ya establecido; esto es algo sumamente difícil pues se podrían establecer tantos métodos didácticos como Profesores de FÍSICA haya en la tierra pues cada uno podría tener una concepción de como enseñar cada principio naturalmente ajustando los métodos didácticos al método científico, por suerte para nosotros en la actualidad hay una cierta unificación de criterio en cuanto a los métodos didácticos así tenemos el método PSSC, el CEF, el FEUMAN, etc.

Los Métodos Heurísticos: Se entiende por ello el modo como esos conocimientos pudieron ser adquiridos por primera vez; estos métodos son difícilmente aplicables puesto que al tener carácter inductivo más bien se

pueden dar técnicas para llegar a las inducciones, y se usan específicamente para estudiantes que van a dedicarse a la investigación.

De lo que estamos plenamente seguros y esto porque está confirmado por la personalidad científica de los mejores de todos los tiempos, es que sea cual sea el método general que se siga, *la experimentación debe constituir la base de la enseñanza de la FÍSICA*. Ahora eso no quiere decir que vayamos a pretender en cada caso realizar el proceso inductivo que llevó a cada sabio a la formulación de una ley Lirio que los experimentos realizados tengan siempre el carácter de una verificación, de una comprobación. Porque si se prescindiera de toda comprobación experimental lo que se enseñaría no sería ciencia sino dogma, como ocurría antes de Galileo.

“En la enseñanza no basta con instruir; lo fundamental es educar, y es hacer que la personalidad del alumno no se sienta absorbido por el maestro que el motivo de la aceptación de las afirmaciones no sea la autoridad de ésta ni la de los textos escritos; que en cada caso adquiera conciencia de que por sí mismo hubiera podido llegar a tales o cuales resultados que se sienta actor y autor ante los hechos percibiendo con claridad cual ha sido el camino seguido por sus predecesores, que conserve la independencia de su mente y hasta una honrada rebeldía intelectual que haga que sólo se someta a los hechos y a su propio juicio. Qué aprenda a utilizar sus manos y su mente, que sepa del fracaso aleccionador y que sienta en sí mismo la alegría que proporciona la aprehensión del fruto tras un prolongado esfuerzo.

Aclaremos que aunque las explicaciones son bastantes genéricas podemos analizar la

conveniencia de los métodos a través de un par de casos particulares, ya que una próxima vez, vamos a referirnos sólo a casos particulares.

Se da al alumno una balanza hidrostática, un vaso de derrame y un cuerpo atado con un hilo y se le dice:

- 1.— Pese el cuerpo suspendido en el aire.
- 2.— Pese el cuerpo estando totalmente sumergido en agua.
- 3.— Halle la diferencia entre ambas pesadas, esa diferencia se denomina empuje.
- 4.— Llène totalmente con agua, hasta el tubo lateral de la lida, el vaso de derrame.
- 5.— Pese vacío el vaso pequeño.
- 6.— Coloque el vaso pequeño debajo del tubo de salida del otro vaso, y proceda a introducir cuidadosamente el cuerpo;
- 7.— Pese al vasito pequeño con el agua recogida.
- 8.— Halle, por diferencia entre las pesadas 7 y 5 el peso del agua desalojada, por la introducción del cuerpo en el vaso de derrame.
- 9.— ¿Qué observa entre el valor del empuje dado por (3) y el peso del agua desalojado hallado en (8).

¿Cree Ud. que el alumno aprendió de este modo el principio de Arquímedes?

¿Cree Ud. que es ese un método correcto para explicar ese principio físico?

¿Cree Ud. que el alumno hizo una interpretación física de la ley?

Vamos a ilustrar el mismo principio siguiendo otro método didáctico.

Cuando Ud. se coloca en el agua, ¿le resulta más fácil o más difícil levantar un objeto?

Puede Ud. hacer la prueba. ¿Qué resultó? fue más fácil en el agua o no? Claro que si. A que atribuye Ud. la causa de esa diferencia de peso de un medio a otro? Probablemente el agua le ayuda a uno a levantar el cuerpo lo que es lo mismo lo empuja de abajo hacia arriba? Tiene Ud. una idea de cuánta fuerza

empuja el agua, el cuerpo hacia arriba? Vamos a tratar de determinarlo. Pero antes sabe Ud. que dos cuerpos no pueden ocupar un mismo lugar en el espacio al mismo tiempo (esta propiedad general se llama impenetrabilidad). Entonces que pasará si introducimos un objeto cualquiera dentro de un recipiente lleno de agua? Si el agua que se rebota la recogemos en un recipiente y la pesamos.

Obtenemos así el peso del volumen de agua desalojado por el cuerpo.

Si pesamos de algún modo el objeto en el aire y luego lo pesamos en el agua y restamos lo que pesa en el *aire vemos lo que pesa en el agua*, qué habré obtenido? Comparé ese resultado con el anterior. ¿Cuál es su conclusión al respecto? .

Repita todo el procedimiento de nuevo usando objetos diferentes.

¿Se cumples siempre lo mismo?

¿Constituye esto una ley Física?

¿Enuncie esa ley Física?

¿Busque en un libro de FÍSICA y compare para ver si hay una ley como la enunciada por Ud.?

¿Ha llegado Ud. a la misma conclusión que Arquímedes?

¿Será Ud. capaz si le entregamos un resorte, agua, un soporte y una regla llegar a la conclusión anterior trate de probar?

¿Cree Ud. que el alumno aprendió de este modo el principio de Arquímedes? En caso afirmativo estamos de acuerdo y entonces este es el mejor método para enseñar esa ley de la FÍSICA, eso si repito de nuevo que esos métodos sean didácticos o Heurísticos deben revisarse bajo los pasos del método científico. Por lo que probablemente casi todos estaremos de acuerdo en que en el campo de la FÍSICA todos caminos son formas diferentes de un mismo método.

Si con esto hemos logrado nuestro objetivo sobre algo de didáctica de la FÍSICA nos sentimos conformes; si no lo hemos logrado también nos sentimos conforme pues cuando los científicos norteamericanos lanzaron un

(Pasa a la Página 16)

La Naturaleza de la Luz

(UN DEBATE TELEVISADO)

Por: Antonio Fernández

Moderador:

La poesía tiene sus licencias. Es hora de que también a la ciencia se les concedan. Cometeremos pues, con permiso de Uds., el pecado de anacronismo presentándoles a dos físicos de renombre mundial que tienen teorías encontradas sobre la naturaleza de la luz.

A mi derecha, Sir Isaac Newton, nacido en Inglaterra en 1642. Sir Isaac es conocido como físico por sus leyes sobre la gravitación universal, dispersión de la luz, movimiento de los cuerpos e innumerables aportaciones a otros campos de la física. Como matemático puso las bases del cálculo infinitesimal. Es defensor de la naturaleza corpuscular de la luz.

A mi izquierda, el físico holandés Christian Huygens, quien es a la vez un geómetra y astrónomo notable. Nació en 1629. Defiende la teoría ondulatoria de la luz.

Estos son los actores, señores televidentes. Antes de darle la palabra, se me ha asignado a mí presentar el tema de la discusión y los hechos experimentales que tratarán luego de ser explicados por nuestros ilustres huéspedes en sus teorías respectivas.

¿Qué es la luz? ¿Qué es ese "algo" que emiten los cuerpos, ya por derecho propio (cuerpos luminosos), ya por reflexión (cuerpos iluminados), que llega a nuestros ojos y nos hace visibles a esos objetos? Tenemos dos posibilidades para escoger: la onda o la partícula. Tradicionalmente el mundo físico queda agotado con estas dos opciones. Unos fenómenos se explican por el transporte de masa: estos son los fenómenos corpusculares. Otros fenómenos se explican mediante la simple propagación de energía: estos son los fenómenos ondulatorios. Es bueno advertir que la onda no transporta

materia. Cuando dejamos caer una piedra en un estanque las moléculas de agua vibran subiendo y bajando a medida que les alcanza el pulso producido, pero no se trasladan hacia la orilla. Hágase la prueba con un corcho en el agua y se comprobará.

Sabemos que la luz se propaga en línea recta, se refleja sobre un espejo o superficie pulida, se refracta al pasar de un medio óptico transparente a otro, etc. etc. Vamos a exponer algunos de estos fenómenos y dejar su explicación a nuestros dos físicos.

1. **Reflexión.** Si hacemos incidir un rayo fino de luz sobre una superficie pulida, el rayo incidente, el reflejado y la normal se mantienen en un mismo plano y además el ángulo de incidencia (el que forma la normal a la superficie con el rayo incidente) es siempre igual al ángulo de reflexión (el que forma la normal con el rayo reflejado). Por fin, la velocidad de la luz es la misma en su incidencia y en su reflexión.

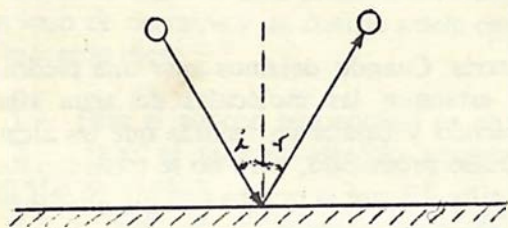
Doy la palabra a Sir Isaac Newton.

Newton:

Gracias, Señor Moderador. Es evidente que este fenómeno y todos los demás conocidos sobre la luz se explican perfectamente con mi teoría corpuscular. Yo sostengo que la luz consiste en un flujo de partículas que emite el cuerpo luminoso. Estas partículas son de masa extraordinariamente pequeña y perfectamente elásticas y por eso no son afectadas por el campo gravitatorio y mantienen su velocidad constante y rectilínea. El fenómeno de la reflexión en particular se explica bien corpuscularmente.

Cuando lanzamos una bola de acero sobre una superficie de acero bien lisa y hacemos mediciones cuidadosas, vemos que ambas trayectorias forman con la normal un mismo

plano y que los ángulos de incidencia y reflexión son iguales. Agradeceré al camarógrafo que muestre la figura número 1 a los televidentes.



¿Tiene Ud. alguna pregunta, Sr. Huygens?

Sí, muchas gracias. ¿Ha verificado Ud., Sr. Newton, si la velocidad de la bola después de la reflexión se mantiene con el mismo valor que antes?

Newton:

En realidad las velocidades no son estrictamente iguales, pero es explicable puesto que los proyectiles no tienen ni la elasticidad ni la pequeñez que atribuyo a los corpúsculos luminosos.

Sr. Huygens, ¿puede su teoría ondulatoria explicar la reflexión?

Indudablemente. Permítame, sin embargo, antes de nada exponer los conceptos primordiales de mi teoría. Defiendo que la luz es una onda. Una onda no es más que un movimiento vibratorio que se transmite sucesivamente, a cierta velocidad, a las partículas del medio, a partir de la fuente donde se originó la perturbación. Estamos familiarizados con ondas lineales, es decir las que se transmiten en una dirección, como las ondas en una cuerda o en un resorte. Por cierto que llamaré rayo a la dirección de propagación. También conocemos las ondas superficiales, es decir las que se propagan sobre un plano, ya sean en una sola dirección (ondas planas) ya radialmente a partir del centro de perturbación (ondas circulares). Por ejemplo las ondas que se producen sobre un estanque cuando tiramos sobre él una piedra son ondas superficiales circulares.

La luz es una onda que se propaga en las tres dimensiones a partir de la fuente. Los frentes de onda no serán círculos como en el caso de las ondas en el agua, sino esferas concéntricas. Los rayos serán en este caso los infinitos radios de la esfera pues en todas esas direcciones radiales se propaga la onda que sale de la fuente.

Newton:

Excúseme la interrupción, pero si la luz es una onda, ¿cómo explica Ud. que se transmita en el vacío, por ejemplo en el espacio que hay desde el sol —fuente de nuestra iluminación— hasta nuestro planeta?

Huygens:

Sí, la objeción es seria, puesto que no puede haber onda si no existe algo que ondule. Pero respondo que hay que postular la presencia en el vacío de una sustancia sutil que llamaremos éter.

Newton:

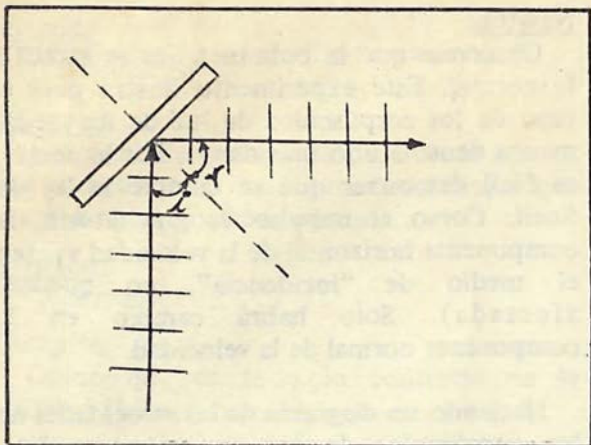
Uhmmm...

Sr. Huygens, tal vez nos estamos apartando del punto en cuestión, a saber, ¿puede la teoría ondulatoria explicar la reflexión de la luz?

Huygens:

Sí. Las ondas se reflejan. Usemos un estanque o mejor aún, tomemos una cubeta poco profunda, de fondo plano, llena de agua. Formemos ondas planas, a saber cuyos frentes de ondas sean rectas. Esto se puede hacer perfectamente haciendo girar a un rodillo dentro del agua. Si en otro punto de la cubeta ponemos un estorbo, por ejemplo un listón de madera, las ondas que avanzan perpendicularmente a su frente de ondas, se reflejan. Véase la figura No. 2.

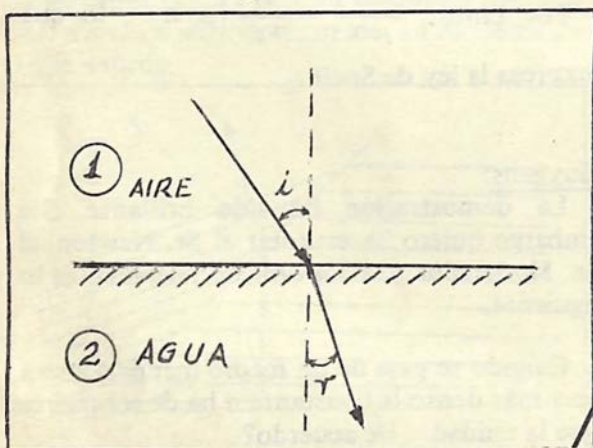
Es de notar que el rayo incidente (dirección de propagación de la onda incidente), el rayo reflejado y la normal están en un mismo plano. Además, las mediciones hechas de los ángulos de incidencia y de reflexión demuestran que éstos son siempre iguales. Por otro lado la velocidad de propagación de las ondas antes y después de la reflexión es la



misma, lo cual es lógico, pues mientras la onda permanezca en el mismo medio mantendrá la misma velocidad. Bien sabemos que la velocidad de la onda queda expresada por $v = \lambda f$, es decir por el producto de su longitud de onda y su frecuencia. Como es evidente que no cambia ninguno de los factores por el hecho de la reflexión, no variará su velocidad.

Creo que el primer punto está claro. Pasemos al segundo.

2. Refracción. Cuando un rayo fino de luz pasa de un medio transparente a otro, no sigue en la misma dirección. Este fenómeno se llama refracción y tiene sus leyes. En primer lugar el rayo incidente, la normal a la superficie de separación y el rayo refractado están en un mismo plano. En segundo lugar, cuando el paso es de un medio menos denso (p. ej. el aire) a uno más denso (p. ej. el agua o el vidrio), el rayo refractado se acerca a la normal. Véase la fig. 3.



Si pasa en cambio de un medio más denso a uno menos denso sucederá lo contrario, es decir se alejará de la normal.

En tercer lugar, hay una relación matemática, descubierta por el físico Snell que establece: el seno del ángulo de incidencia ($\text{sen } i$) dividido entre el seno del ángulo de refracción ($\text{sen } r$) es un valor constante (que llamaremos n) para cada par de medios en cuestión.

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = n$$

A esta cantidad constante se llama índice de refracción relativo del segundo medio con respecto al primero (al de incidencia). Es evidente que cuando la incidencia ocurre del medio menos denso al más denso n será mayor que la unidad, puesto que i es mayor que r y por tanto el cociente de los senos será mayor que la unidad. En el caso contrario naturalmente n será menos que la unidad.

Tiene la palabra el Señor Newton.

Lo importante en el fenómeno de la refracción es el hecho de que el rayo se desvía. Yo atribuyo esa desviación (en mi teoría corpuscular) al hecho de que los corpúsculos de luz al llegar a la superficie de separación de los dos medios, reciben un impulso hacia el interior del medio más denso, perpendicular a la superficie de separación de los medios.

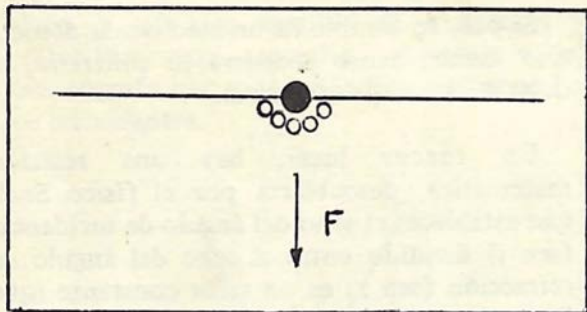
Huygens:

¿De dónde saca Ud. ese impulso, ese "deus ex machina"?

Newton:

No, no es un "deus ex machina". Es una hipótesis razonable. Tenga en cuenta que cuando un corpúsculo toca el medio más denso se encuentra rodeado por un lado (el del medio más denso) por una serie de moléculas que lo atraen. Véase la figura 4.

Por simetría es evidente que la fuerza resultante será hacia el interior del medio



denso y perpendicular a la superficie de separación.

Huygens:

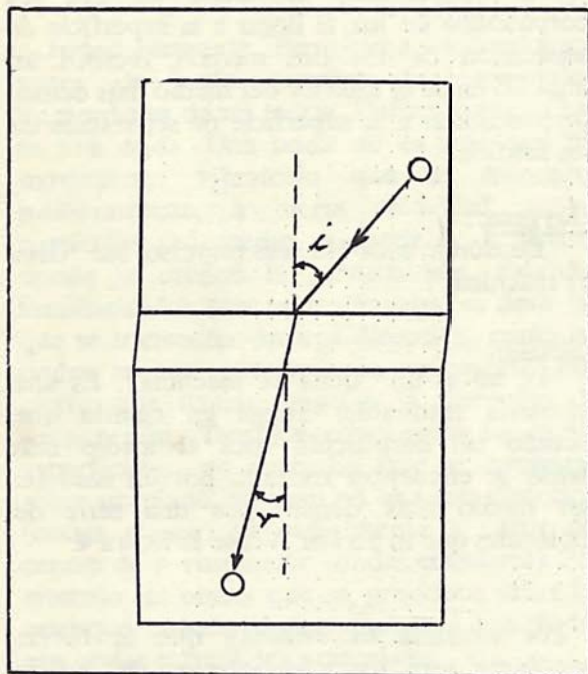
Uhm. . .

Newton:

Pues bien, cuando por algún medio se logra dar este impulso a corpúsculos en movimiento, se comportan de tal modo que se desvían de su trayectoria. Yo logré esto utilizando dos mesas, una más alta que la otra, separadas por un plano inclinado: este plano inclinado es necesario en el dispositivo para que consigamos el impulso mencionado.

Véase la figura del dispositivo.

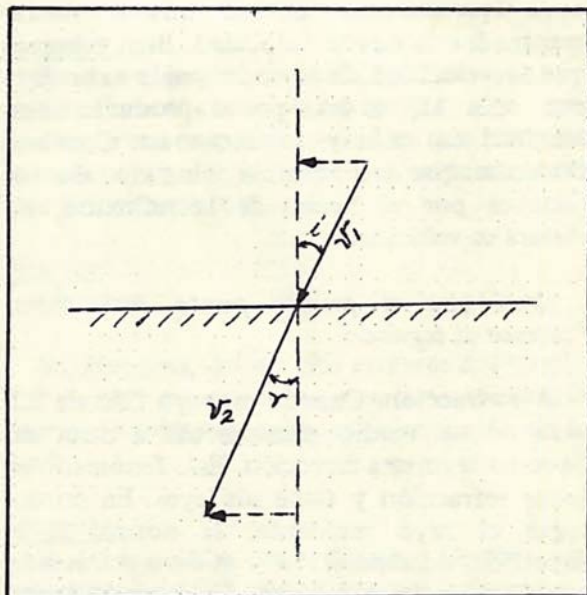
Por favor, camarógrafo, enfoque la fig. número 5.



Newton:

Obsérvese que la bola metálica se acerca a la normal. Este experimento ilustra pues el paso de los corpúsculos de luz de un medio menos denso a uno más denso. Por lo demás, es fácil demostrar que se cumple la ley de Snell. Como el impulso es gravitatorio, la componente horizontal de la velocidad v_1 (en el medio de "incidencia", no quedará afectada). Solo habrá cambio en la componente normal de la velocidad.

Haciendo un diagrama de las velocidades de los corpúsculos de luz en ambos medios, tendremos:



$v_1 \text{ sen } i = v_2 \text{ sen } r$, pues según lo dicho esta componente permanece constante.

Por tanto: $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_1}{v_2} = n$, lo que expresa la ley de Snell.

Huygens:

La demostración ha sido brillante. Sin embargo quiero hacer notar al Sr. Newton, al Sr. Moderador y a los amigos televidentes lo siguiente.

Cuando se pasa de un medio menos denso a uno más denso la constante n ha de ser mayor que la unidad. ¿De acuerdo?

Newton:

¡De acuerdo!

Huygens:

Eso significa que la velocidad de la luz v_2 (en el medio más denso) ha de ser mayor que v_1 (en el medio menos denso).

Newton:

¡Correcto!

Huygens:

Opino que es todo lo contrario en la realidad física.

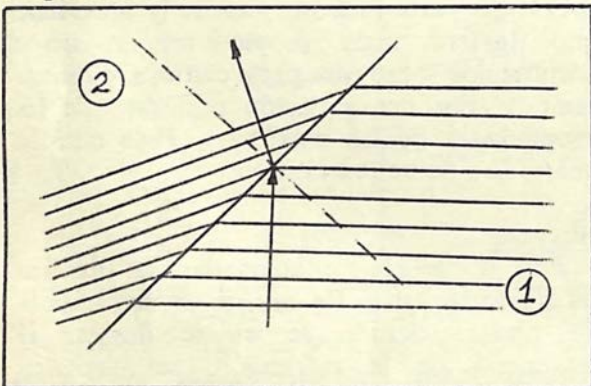
Sugiero al Sr. Huygens que espere su turno normal cuando tendrá oportunidad de demostrarlo.

Newton:

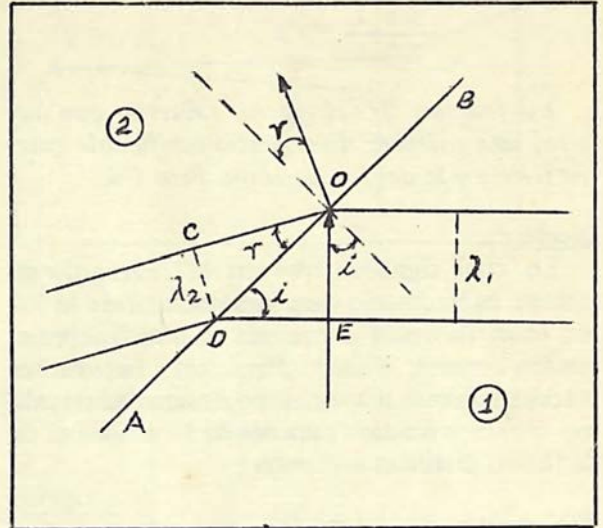
Yo he terminado.

Bien. Sr. Huygens, puede Ud. ahora explicarnos cómo su teoría de que la luz es una onda concuerda con los hechos de la refracción de la luz.

Gracias. Manos a la obra. Cuando una onda pasa de un medio a otro se refracta. He usado en el experimento una cubeta de ondas. No he podido usar medios distintos, por ejemplo agua y aceite, porque la superficie de separación entre ellos no se mantendría. Sin embargo he empleado un artificio equivalente: en una región de la cubeta he disminuído la profundidad de agua colocando un vidrio en el fondo. Así, la parte más honda correspondería al medio menos denso y la otra al medio más denso. He producido ondas planas en el primer medio. El dibujo que ven Uds. ahora en sus televisores es un esquema de lo que sucede.



He dibujado un rayo en ambos medios (la perpendicular a los frentes de ondas). Véase cómo el rayo se acerca a la normal en la refracción. En la siguiente figura he dibujado solamente dos frentes de ondas para poder hacer varias consideraciones geométricas.



Ante todo, permítaseme observar que la frecuencia de las ondas en ambos medios es la misma: el mismo número de frentes de ondas que inciden en la línea de separación AB son refractadas. Véase en cambio cómo la longitud de onda λ_1 es mayor que λ_2 , es decir, al pasar al medio "más denso" disminuye la longitud de onda.

Observando la geometría del dibujo vemos que el ángulo ODE es igual al ángulo de incidencia i (por tener sus lados respectivamente perpendiculares). Por la misma razón el ángulo COD es igual al ángulo de refracción r .

En el triángulo ODE, es evidente que

$$\text{sen } i = \frac{\lambda_1}{OD}$$

En el triángulo OCD, es evidente que

$$\text{sen } r = \frac{\lambda_2}{OD}$$

Dividiendo miembro a miembro:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Pero $\lambda_1 = v_1/f$, $\lambda_2 = v_2/f$

Por tanto: $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_1}{v_2}$ Como este último

cociente es una constante, llegamos a la ley de Snell:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = n$$

Lo felicito, Sr. Huygens. Observo que hay aquí una primera divergencia verificable entre su teoría y la del Sr. Newton. Para Ud.

Newton:

Lo cual significa que en la teoría de mi colega es necesario que la velocidad de la luz en el medio más denso sea menor que en el medio menos denso. Para mí, ha de ser necesariamente mayor. Pero desgraciadamente no tenemos medios para medir la velocidad de la luz en distintas sustancias.

Huygens:

En efecto, todo se resolvería si pudiésemos medir la velocidad de la luz, pero esto no se ha logrado en nuestro tiempo.

Afortunadamente, Señores, desde el tiempo de Uds. para acá ha llovido mucho. A mediados del siglo XIX Fizeau hizo las primeras mediciones de la velocidad de la luz en varios medios. En el vacío es de cerca de 300,000 Kms. por segundo. Hoy día podemos afirmar que la luz DISMINUYE su velocidad al pasar a un medio más denso.

Newton:

¡Qué velocidad tan asombrosa! Pero ¿está Ud. seguro, Sr. Moderador, de sus afirmaciones?

Sí, eso es algo que pertenece hoy día al acervo de los conocimientos comunes.

Newton:

Bien, eso significa que mi teoría es insostenible. Creo que el debate ha terminado.

Huygens:

En efecto. ¿Para qué seguir discutiendo si es evidente el triunfo de mi teoría ondulatoria?

No, no. . . En primer lugar he de advertirles a Uds. —para consuelo del Sr. Newton y para temperar con un toque de modestia la satisfacción del Sr. Huygens— que los descubrimientos de este siglo reivindican en gran parte la teoría corpuscular de la luz. Hoy día se habla de los fotones como de partículas luminosas. En realidad, después de la teoría mecánico—cuántica se admite que toda partícula tiene una onda asociada y viceversa toda onda tiene una cuantificación energética que se representa por una masa cinética. Como esto no está al nivel que pretendemos en este programa, no abundaré sobre el asunto.

En segundo lugar solicito a los participantes en este debate que sigamos examinando otros fenómenos ópticos a la luz de sus dos teorías para bien de los televidentes. Es claro que se entiende mejor un fenómeno cuando se le somete a un análisis como el que Uds. hacen.

Newton:

De acuerdo. Sigamos discutiendo.

Huygens:

De acuerdo.

Someto a la consideración de Uds. el fenómeno de la reflexión y refracción simultáneas. Es un hecho experimental que cuando un rayo de luz incide sobre una superficie, p. ej. de vidrio, en parte se refleja y en parte se refracta. ¿Qué dicen Uds.?

Newton:

Confieso que ese es un punto que siempre me preocupó. En la teoría corpuscular se explicaría solo si unos corpúsculos incidiesen sobre una parte microscópica de la superficie que tuviera unas propiedades y otros corpúsculos sobre otra parte distinta, o quizás también por una variación periódica de las propiedades de las partículas. Pero admito que es una pobre respuesta.

Huygens:

En la teoría ondulatoria se explica satisfactoriamente. De hecho en una cubeta de ondas, cuando se quiere ilustrar el fenómeno de la refracción, se obtienen

también ondas reflejadas. Es claro que parte de la energía pasa al segundo medio y parte regresa al primero.

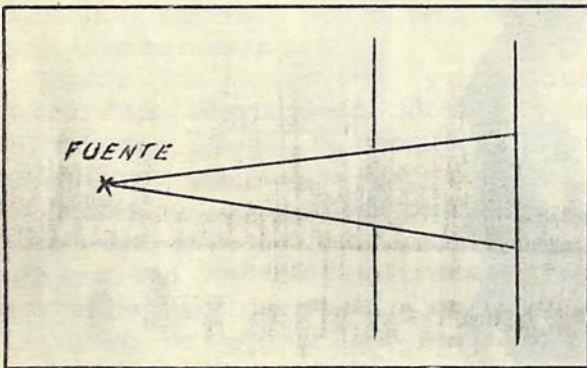
Por fin, Señores, quiero que hagan Uds. sus comentarios respecto a un último fenómeno que consideraremos hoy: la-difracción de la luz al pasar por una rendija.

Newton:

Excúseme, Sr. Moderador, pero yo he intentado la difracción de la luz en rendijas cuando todavía no me había decidido por ninguna teoría y nunca pude lograrla. En realidad, esa fue una de las razones por las cuales me decidí por la teoría corpuscular. Si la luz no sufre difracción, me dije, siendo un fenómeno típicamente ondulatorio, no podía ser una onda.

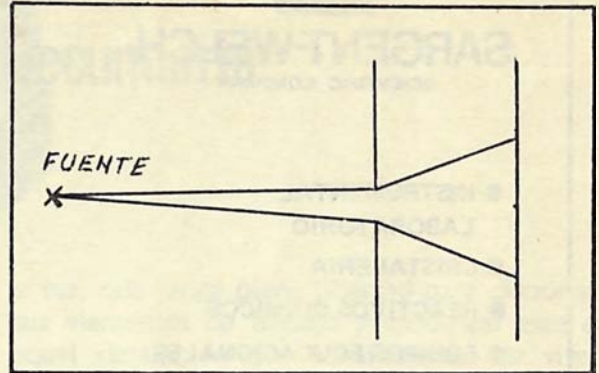
Sin embargo la luz se difracta, Sr. Newton. Si Ud. nunca lo logró será por razón de técnica experimental que a lo mejor puede aclararle el Sr. Huygens. En todo caso dejenme explicar este fenómeno a los televidentes para que puedan seguir el debate con ilustración y conocimiento de causa.

Todos sabemos que la luz se propaga en línea recta. Si iluminamos una pantalla con luz y ponemos un obstáculo intermedio, detrás del obstáculo habrá sombra, es decir oscuridad. O viceversa, si ponemos un obstáculo grande con una rendija solo aparecerá iluminada la pantalla en la región que corresponde a la rendija. Véase el diagrama.



Però si el tamaño de la rendija es muy pequeño, la luz sorpresivamente deja de propagarse únicamente en línea recta e

ilumina regiones adyacentes de la pantalla. Véase el diagrama:



Newton:

No tengo nada que decir. La teoría corpuscular no tiene explicación para la difracción. Los corpúsculos o pasan a través de una rendija o no pasan. Y si pasan, seguirán en la misma dirección que llevaban.

Huygens:

Las ondas se difractan. El mismo Sr. Newton lo admite. Puedo añadir que si él no logró difractar la luz posiblemente se debió a que no usó una rendija bien fina. En mis experimentos con ondas de agua sólo conseguía difracción si la rendija era suficientemente pequeña, a saber del orden de magnitud de la longitud de onda de la perturbación producida. Para lograr difracción con la luz es por tanto necesario que la rendija usada sea sumamente pequeña puesto que la longitud de onda de la luz visible considero que es de unas pocas micras.

Newton:

Gracias, Sr. Huygens, esa es posiblemente la explicación de mis fracasos.

Señores, por hoy creo que es suficiente. No queda agotado el tema pero hemos sacado en consecuencia que la teoría ondulatoria es más acertada. Aunque, repito, hoy día se aceptan elementos de la teoría corpuscular. Esto último tal vez pueda ser tema para otro debate televisado a nivel superior.

Solo me falta dar las gracias a Uds. Sr. Newton y Sr. Huygens por su amabilidad al dejarse molestar en su descanso para presentarse a este programa. (Pasa a la Pág. 16)

Producción de equipos de Laboratorio de bajo costo para la Enseñanza Primaria y Secundaria

Por el prof. Arismendy Rodríguez H.

La metodología o técnica de la enseñanza, exige que el profesor se preocupe en cada clase, de organizar lo que va a enseñar, disponiéndolo y presentándolo de modo que cumpla plenamente su función informativa y formativa, que sea ciencia y experiencia, conocimiento y sedimento; saber y estructurar; adquisición y organización; todo lo cual es todavía más importante en las materias experimentales. Ninguno de los objetivos mencionados arriba, podrían ser logrados si el profesor no dispone de los equipos necesarios, ya que este último debe formar parte de un plan para la enseñanza de la ciencia y además que aparezca como un cuerpo docente coherente de conocimiento en permanente expansión, y en la que se le de a los estudiantes la oportunidad de desarrollar los hábitos de pensamiento y los métodos de trabajo que son típicos de la ciencia.

Una característica que debe tener todo equipo de bajo costo es que forme parte de un currículum y que sea diseñado de acuerdo a éste. Para nuestra situación trabajamos con el currículum elaborado para la reforma de la educación en nuestro país.

Todos los materiales y equipos acompañados de una guía de laboratorio para el profesor y una guía de laboratorio para el estudiante; advertimos que, con estos materiales y equipos, a pesar de su simplicidad, se pueden hacer mediciones con una precisión aproximada, evitando con esto caer en la física recreativa, ni en el simple manipuleo del material por parte de los alumnos, ya que uno de los propósitos que perseguimos es hacer que la situación del alumno sea muy similar a la del investigador,

o sea, que tenga plena libertad para disponer sus elementos de trabajo y modificar este o aquel detalle; lo que consideramos de vital importancia para habitar a los alumnos en la práctica del método científico, a elaborar juicios propios y amar la verdad.

Los materiales y equipos presentan una serie de ventajas.

Primero.— Bajo costo, atendiendo así a cómo se desenvuelve desde el punto de vista económico nuestra educación primaria y secundaria.

Segundo.— Durabilidad, simplicidad y eficiencia.— Garantizamos la durabilidad por el estricto control de calidad que mantendremos. La simplicidad resulta una cualidad muy importante, ya que ejerce en el espíritu del educando una influencia poderosa. Citamos como ejemplo, la comprobación de una ley, la determinación de un fenómeno con un dispositivo armado con sus propias manos o construido por él; no podrá compararse jamás con la impresión que recibe frente a un equipo más o menos complejo y completo que él no ha contribuido a armar o construir.

Tercero.— Asesoramiento. Como observación general señalamos que el problema de utilización de equipos de bajo costo es en la etapa actual del desarrollo de la tecnología educativa, un problema ligado fundamentalmente al entrenamiento de profesores: el equipo sólo es útil si existe un grupo de profesores preparados para transmitir una actitud científica a los alumnos; razón por la cual las instituciones que adquieran nuestros equipos recibirán

cursos de entrenamiento para los profesores que vayan a usarlos.

Cuarto.— Compras. Sobre este aspecto, todos sabemos los problemas que se presentan cuando se trata de adquirir un equipo en el exterior, por ejemplo, divisas, tramites burocráticos, etc., etc. Y los que pueden adquirirse en nuestro país no se ajustan al curriculum diseñado, teniendo en muchas ocasiones que venir del equipo adquirido al curriculum diseñado; siendo esto fatal en todo proceso educativo.

Quinto.— Mantenimiento. Para las instituciones educativas que se sirvan de nuestros materiales y equipos, recibirán mantenimiento, garantizándole así que dichos equipos funcionen eficientemente, eliminando de esa forma la dificultad que presenta la adquisición de repuestos, ya que todos sabemos que en muchas ocasiones dejan de ser usados por la rotura de una pequeña pieza y quedan abandonados.

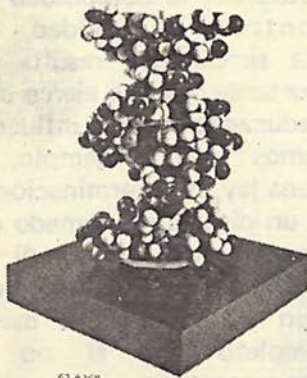
DIDACTICA. . . (Viene de la Pág. 6)

satélite que pasó cerca de Marte para tomar fotografías de ese planeta, los reporteros preguntaron si se aclararían las antiguas interrogantes sobre Marte, o si sólo se darían origen a unas preguntas. La respuesta fue: "Esperamos que estas fotografías hagan las dos cosas". Es decir ¿No es el trabajo de toda ciencia formular unas preguntas de las que se pueden contestar? No es así como progresa la ciencia?

NATURALEZA. . . (Viene de la Pág. 13)

A los señores televidentes: gracias por su atención. Esperamos que hayan aprendido mucho. Se les invita a los próximos programas. A la misma hora, en su televisora amiga.

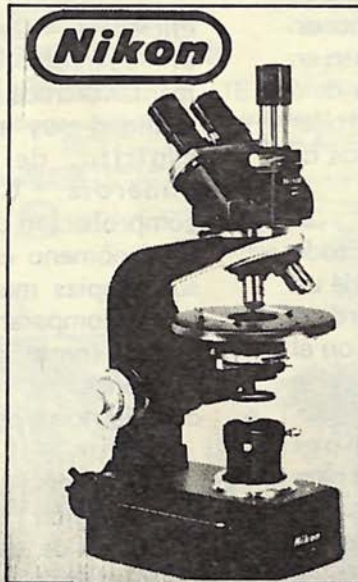
Buenas noches.



67 4268

Ealing
Scientific

● ESTRUCTURAS MOLECULARES



● MICROSCOPIOS



HUBBARD

● MATERIAL EDUCATIVO
● PELICULAS EDUCACIONALES



REPRESENTANTES PARA REPUBLICA DOMINICANA

IMPROFARMA SdL

TEL 566-1466

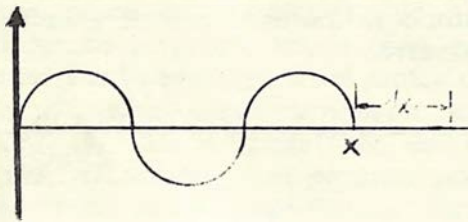
LOPE DE VEGA No.62 P.O. BOX 434 SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

Que transporta el Movimiento Ondulatorio?

Por Prof. Arismendy Rodríguez

El concepto de onda es parte fundamental de la física contemporánea; razón por lo cual ha jugado un papel extraordinariamente importante en el desarrollo de la física teórica y experimental.

Es muy importante comprender claramente que es lo que se propaga como una onda en un movimiento ondulatorio. La respuesta más amplia pero talvés la más abstracta es: Lo que se propaga en una condición física generada en algún lugar y que, como consecuencia de la naturaleza del fenómeno, puede ser transmitida a otras regiones. Vamos a hacer una formulación en términos más concretos. Como el frente de una onda mecánica que avanza pone en movimiento materia, que estaba previamente en reposo, debe haber un flujo de energía asociado con el movimiento de la onda. Consideremos una fuente que ha estado generando una onda durante cierto tiempo; de forma que la onda alcance el punto x (Fig. 1) en un tiempo adicional dt .



La onda le comunica a una longitud dx de masa pdx un movimiento armónico simple. La energía de pdx será: (1) $dE = 1/2 pdx \times V^2 m$

Donde V_m es la velocidad máxima transversal.

$$(2) y = A \text{ sen } (Kx - \omega t)$$

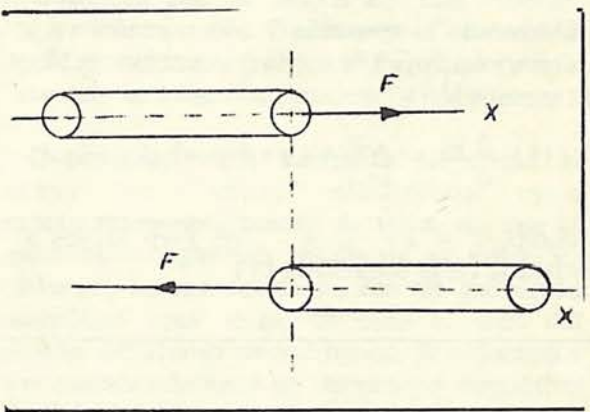
Derivando la ecuación 2 con respecto a t .

$$(3) V_y = A\omega \cos(kx - \omega t); \text{ de donde} \\ V_m = -A\omega \quad (4)$$

Sustituyen la ecuación (4) en la ecuación (1)

$$dE = 1/2 P dx \times A^2 \omega^2 ; \text{ Haciendo: } A = \xi_0 \\ (5) E = 1/2 m \omega^2 \xi_0^2 \dots$$

Ahora consideremos el caso de las ondas elásticas longitudinales que se propagan a lo largo de una barra. En una sección transversal particular que se desplaza con velocidad $\frac{\partial \xi}{\partial t}$ (Fig. 2) El lado derecho de la barra tira del lado izquierdo con una fuerza F y el lado derecho con una fuerza $-F$



Por lo tanto la potencia (trabajo por unidad de tiempo) que el lado izquierdo transmite al lado derecho de cualquier sección que se considere es:

$$(6) \frac{\partial W'}{\partial t} = (-F) \frac{\partial \xi}{\partial t}$$

Cuando la perturbación pasa de una sección transversal a otra, esta potencia se trasmite. Si la onda se progaga de izquierda a derecha

debe suministrarse energía al extremo de la barra. Cuando se suministra energía durante un tiempo corto, estamos en presencia de una perturbación o pulso. Como queremos que se produzca un tren continuo de onda debemos suministrarle energía en forma continua al extremo izquierdo. Para mejor comprensión del fenómeno, tomemos una onda elástica sinusoidal.

$$(7) \quad \xi = \xi_0 \sin(kx - \omega t)$$

Derivando la ecuación 7 con relación al tiempo.

$$(8) \quad \frac{\partial \xi}{\partial t} = \omega \xi_0 \cos(kx - \omega t)$$

Sustituyendo la ecuación 8 en la ecuación 6:

$$(9) \quad \frac{\partial W}{\partial t} = F \omega \xi_0 \cos(kx - \omega t)$$

Como $F = \gamma A \frac{\partial \xi}{\partial x}$ Vamos a sustituirla en la ecuación 9:

$$(10) \quad \frac{\partial W}{\partial t} = \gamma A \omega \xi_0 \frac{\partial \xi}{\partial x} \cos(kx - \omega t)$$

Derivando la ecuación 7 con relación a x y sustituyéndola en la ecuación (10), obtenemos:

$$(11) \quad \frac{\partial W}{\partial t} = \gamma \omega^2 \xi_0^2 \cos^2(kx - \omega t)$$

como $\omega = kv$ y $v = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}}$ vamos a sustituirla en la ecuación (11)

$$(12) \quad \frac{\partial W}{\partial t} = \gamma \omega^2 \xi_0^2 \cos^2(kx - \omega t)$$

Como puede apreciarse en la ecuación 12, como la potencia media

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \gamma \omega^2 \xi_0^2 \cos^2(kx - \omega t)$$

Como $\cos^2(kx - \omega t) = 1/2$; tenemos:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial W}{\partial t} = v \left[\frac{\gamma \omega^2 \xi_0^2}{2} \right]$$

Recordando la ecuación (5); que es la energía para un oscilador armónico; por comparación podemos escribir:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial W}{\partial t} = vE$$

$$\frac{1}{A} \frac{\partial W}{\partial t} = I$$

I.- Es definida como la intensidad de la onda. La cual es conocida como flujo de energía por unidad de área y por unidad de tiempo.

Resultando finalmente:

$$I = vE$$

De esta última ecuación se puede ver claramente que en un movimiento ondulatorio se transmite energía y cantidad de movimiento.

¿QUE SERA UNA FERIA DE CIENCIAS?

RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR

Por: Gustavo Pathe

En el año 1946 Edward Purcell en la Universidad de Harvard y Félix Bloch en la universidad de Stanford anunciaron casi simultáneamente, un importante descubrimiento: Ellos encontraron una maera de poner en resonancia el campo magnético dibido al spin del núcleo de los átomos, con un campo magnético externo. El trabajo fue considerado suficientemente importante como para que les fuese otorgado el Premio Nobel a Purcell y Bloch en el año 1952.

El fenómeno en cuestión, denominado "resonancia magnética" atrajo, y atrae cada día más, el interés de científicos de diferentes áreas del conocimiento, como químicos, físicos, biólogos, etc. Las técnicas que se han creado alrededor de este fenómeno poseen una versatilidad tan grande que pueden utilizarse tanto, por ejemplo, para la medición del campo magnético terrestre, para analizar estructuras moleculares, como para estudiar la química de los organismos vivos.

La idea general del fenómeno que estamos estudiando es la siguiente: Es sabido que el proton tiene una carga eléctrica positiva y que además posee un movimiento de "spin" alrededor de su propio eje, al igual que el electrón. Por lo tanto, ya sea el protón como el electrón debido a este movimiento de giro generan un campo magnético; en otras palabras, el protón o el electrón pueden considerarse como pequeñísimos imanes. Purcell y Bloch investigaron entonces la posibilidad de manipular el spin del protón o del electrón contenidos en un trozo de materia, aplicando campos magnéticos externos. Si aplicamos un campo magnético vertical a un protón o un electrón que está girando sobre su propio eje, la partícula se comportará de la misma manera que lo hace un giróscopo o un trompo sometido a la acción del campo gravitacional de la tierra, es

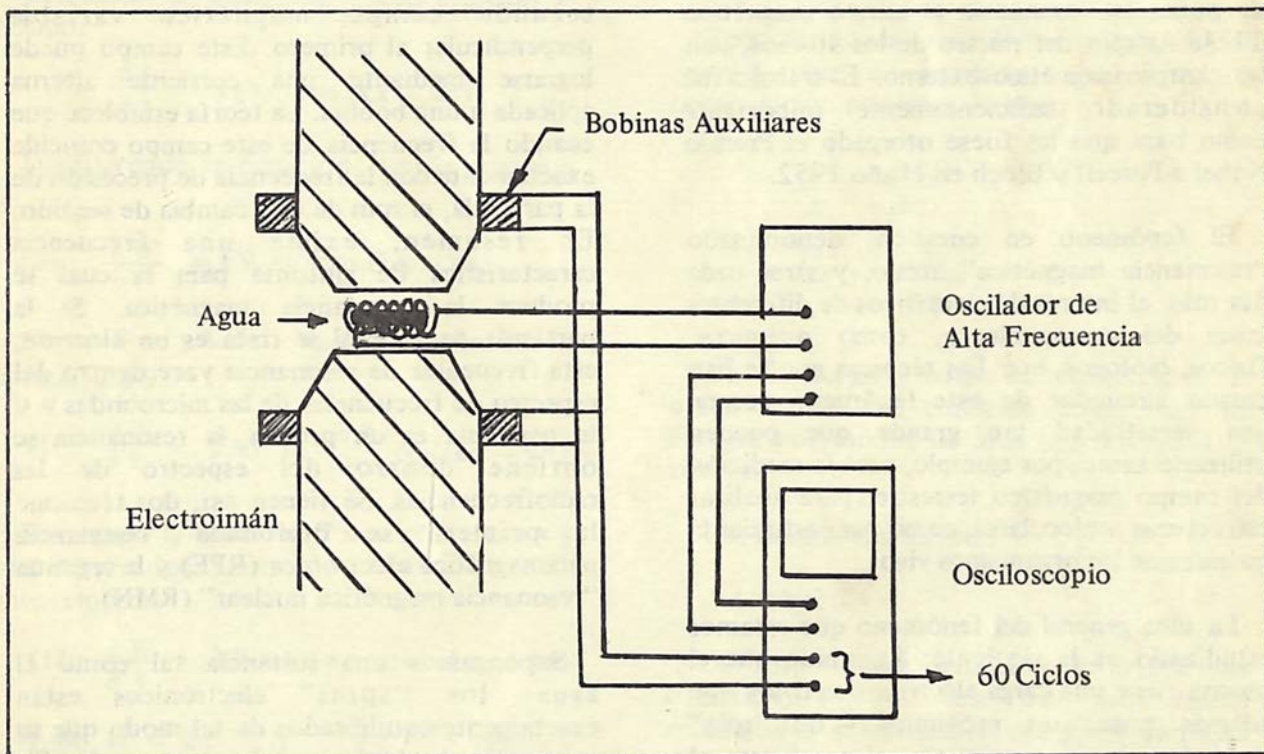
decir, que el eje del mismo realizará un movimiento de precesión o sea que girará alrededor de la dirección del campo aplicado.

Supongamos ahora que aplicamos un segundo campo magnético variable perpendicular al primero. Este campo puede lograrse mediante una corriente alterna aplicada a una bobina. La teoría establece que cuando la frecuencia de este campo coincide exactamente con la frecuencia de precesión de la partícula, el spin de ésta cambia de sentido. En resumen, existe una frecuencia característica de sintonía para la cual se produce la resonancia magnética. Si la partícula de la cual se trata es un electrón, esta frecuencia de resonancia yace dentro del espectro de frecuencias de las microondas y si la partícula es un protón, la resonancia se obtiene dentro del espectro de las radiofrecuencias. Se tienen así, dos técnicas: la primera se denomina "resonancia paramagnética electrónica (RPE) y la segunda "resonancia magnética nuclear" (RMN).

Supongamos una sustancia tal como el agua: los "spins" electrónicos están exactamente equilibrados de tal modo que su momento magnético resultante es nulo. Sin embargo, las moléculas poseen un momento magnético muy débil debido al spin del protón del átomo de hidrógeno. Si colocamos una muestra de agua en un campo magnético H dirigido por ejemplo en sentido vertical, como los protones pueden tener "spin" + 1/2 ó - 1/2 habrá dos posibles estados de energía. En el estado de equilibrio térmico hay más protones en el estado de energía más bajo o sea con sus momentos magnéticos paralelos al campo. Si colocamos ahora la muestra de agua en un campo magnético polarizado circularmente en un plano horizontal, o sea en campo magnético horizontal oscilante producido por una pequeña bobina, se

inducirán transiciones entre los dos estados de energía. Como hay un número un poco mayor de protones en el estado energético más bajo, habrá una *absorción* de energía de la bobina. La absorción de energía es muy pequeña, pero mediante un amplificador Electrónico adecuado se puede observar perfectamente el pico de absorción en el osciloscopio.

En la figura No. 1 puede observarse un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente las características del aparato.



Como se observa en la fig. No. 1 el oscilador de radio frecuencia se conecta a la pequeña bobina que rodea el tubo de ensayo que contiene la muestra, por ejemplo, agua. Esta está colocada entre los polos de un electroimán. Se conectan además dos pequeñas bobinas auxiliares por las cuales se hace pasar una corriente de 60 ciclos por segundo. Estas bobinas crean un campo magnético paralelo al campo constante externo aplicado por el electroimán, de modo que éste queda modulado por el primero en una cantidad muy pequeña. Por ejemplo, si el campo del electroimán fuere de 1450 gauss, las

bobinas pueden producir una variación de ± 1 gauss alrededor de ese valor.

Para el caso del agua si se coloca el oscilador de radio frecuencia a una frecuencia de 6,1 megaciclos por segundo, se encontrará la resonancia protónica cada vez que el campo barra 1450 gauss.

En la práctica, es más cómodo fijar la frecuencia del oscilador y variar la corriente que circula por el electroimán hasta obtener la resonancia. De paso sea dicho que el método

puede utilizarse para determinar intensidades de campo magnético cuando se conoce la frecuencia de resonancia de una dada sustancia. Entonces el aparato puede utilizarse como magnetómetro.

TEORIA

Es un resultado bien conocido de la mecánica cuántica que el momento angular total de un sistema está cuantificado de modo tal que si denominamos con J el momento angular y con J_Z su proyección sobre el eje Z sus valores propios están dados por:

$J^2 = j(j+1) \hbar^2$ con: ($j = 0, 1/2, 1, 3/2, \dots$)
 y donde $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ siendo h la constante de Planck.

Además: $J_Z = m\hbar$ con ($m = -j, -j+1, \dots, j-1, j$)

Para un electrón el momento angular de spin corresponde a $j = 1/2$. Para un núcleo atómico el momento angular de spin nuclear depende del estado de energía del núcleo. Sin embargo, cuando se da el valor del spin de un núcleo se acostumbra referirse al estado fundamental, así el número cuántico de spin de C^{12} es cero, $1/2$ para H , 1 para el Deuterio, etc.

Es conocido también que existe una relación de proporcionalidad entre el momento magnético y el momento angular, o sea:

(1) $\mu = \gamma j$ donde γ es una constante que se denomina "razón giromagnética"

Dijimos que tanto un electrón como un protón debido a su spin podía considerarse como un pequeño imán de momento magnético μ . Si colocamos la partícula en un campo magnético de intensidad H la energía de interacción está dada por:

$E = -\mu \cdot \mathcal{H} = -\gamma j \cdot \mathcal{H}$ o lo que es igual:
 $E = -\gamma J_Z H$ y si el campo magnético se coloca en la dirección del eje de las Z , esto es, si hacemos:

$H = H_Z = H_0$ será
 $E = -\gamma J_Z H_0$ pero $J_Z = m\hbar$ y entonces:

(2) $E_m = -m\hbar \gamma H_0$

La frecuencia de la radiación absorbida en una transición de un nivel al inmediatamente próximo está dada por:

$\Delta E = E_{m-1} - E_m = h\nu$ o sea:

$\gamma \hbar H_0 = h\nu$ de donde:

$$(3) \quad \nu = \frac{\gamma}{2\pi} H_0$$

Este valor de ν da la frecuencia de resonancia. Por ejemplo, para el protón, la razón giromagnética es:

$\gamma = 2,675 \times 10^4 \text{ seg.}^{-1} \cdot \text{gauss}^{-1}$; esto corresponde a una frecuencia de resonancia de 60 megaciclos por segundo, para su campo magnético de 14,100 gauss.

Estudiaremos ahora como un sistema de partículas con spin, interactuando con un campo magnético homogéneo y otro campo variable perpendicular al primero se aproxima al estado de equilibrio en los siguientes dos casos: (1) las partículas son libres y (2) ellas interactúan también con el medio en el cual están sumergidas. Supondremos que las partículas tienen, como lo hemos considerado anteriormente, spin $1/2$. Sabemos que cada partícula tiene dos estados de energía estacionarios separados entre sí en una magnitud $h\nu = \hbar \omega$. Al estado superior lo indicaremos con el símbolo $(-)$ y al inferior con el símbolo $(+)$. En el instante de tiempo t habrán $N_+(t)$ partículas en el estado inferior y $N_-(t)$ en el superior. La suma $N = N_+ + N_-$ es una constante.

Consideramos primero los cambios en la población debidos a la acción del campo magnético variable y dejemos de lado por el momento la interacción con el medio. Supondremos que si una partícula se encuentra en el estado $(+)$ en el instante t , la probabilidad de que esa misma partícula se encuentre en el estado $(-)$ en el instante posterior $t + dt$ está dada por:

$W_- dt$ y la probabilidad de pasar del estado $(-)$ al estado $(+)$ será $W_+ dt$; Entonces tendremos que:

(4) $\frac{dN_+(t)}{dt} = N_-(t) W_+ - N_+(t) W_-$

$$\frac{dN_{-}(t)}{dt} = N_{+} W_{+} - N_{-}(t) W_{+}$$

Admitiendo que las probabilidades para emisión o absorción de energía son iguales, esto es si $W_{+} = W_{-} = W$ y haciendo:

$N(t) = N_{+}(t) - N_{-}(t)$ es fácil ver que las ecuaciones anteriores pueden escribirse ahora de la siguiente forma:

$$\frac{dN(t)}{dt} = -2WN(t)$$

La solución de esta última ecuación es:

$$(5) \quad N(t) = N_0 e^{-2Wt}$$

con la cual puede verse que toda diferencia inicial entre las poblaciones tiende a desaparecer.

Consideramos ahora la misma asamblea de N partícula sin el campo oscilante pero interactuando con el medio que se encuentra a una temperatura T . En el estado final de equilibrio término con el medio debe cumplirse, de acuerdo con la estadística de Boltzman que:

$$(6) \quad \frac{N_{-}(\infty)}{N_{+}(\infty)} = e^{-\hbar W/KT} \quad \text{donde } K \text{ es}$$

la constante de Boltzman.

Si al comienzo las partículas no están en equilibrio, habrá un mecanismo mediante el cual el sistema se aproxime al equilibrio. Denominemos con W_a y W_b las probabilidades de las transiciones de (+) a (-) y de (-) a (+) respectivamente. Tendremos ahora análogamente que en el caso anterior:

$$(7) \quad \frac{dN_{+}(t)}{dt} = W_b N_{-}(t) - W_a N_{+}(t)$$

$$\frac{dN_{-}(t)}{dt} = W_a N_{+}(t) - W_b N_{-}(t)$$

Contrariamente al caso anterior aquí las dos probabilidades W_a y W_b no son iguales.

Esto puede probarse teniendo en cuenta que en el estado estacionario los derivados que figuran en el primer miembro de las ecuaciones anteriores son iguales a cero. Teniendo en cuenta la relación (6) se obtiene:

$$\frac{W_b}{W_a} = e^{\hbar W/KT} \quad (8)$$

Las dos ecuaciones (7) pueden de nuevo reducirse a una sola ecuación haciendo de nuevo:

$$N(t) = N_{+}(t) - N_{-}(t) \quad \text{o sea:}$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = N(W_b - W_a) - n(W_b + W_a) \quad (9)$$

Introduzcamos ahora la cantidad:

$$N_0 = \frac{W_b - W_a}{W_b + W_a} N \quad (10)$$

Y el "tiempo de relajación" T_1 : (11)

$$T_1 = (W_b + W_a)^{-1}$$

Entonces la ecuación (9) puede escribirse

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N_0 - n(t)}{T_1} \quad (12)$$

Su solución es:

$$N(t) = N_0 + e^{-t/T_1} \quad (13)$$

donde es una constante de integración.

La inversa del tiempo T_1 representa la probabilidad total de inversión del spin debido a la interacción térmica con el medio. Podemos ahora combinar las dos velocidades de transición dN/dt que hemos calculado y encontrar así la velocidad de transición que corresponde a los dos procesos en conjunto, o sea la transiciones debidas a la interacción con el medio y las debidas al efecto de un campo magnético oscilante aplicado. Obtendremos así:

$$\frac{dN}{dt} = -2WN(t) + \frac{N' - N(t)}{T_1} \quad (14)$$

Obviamente aquí debemos reemplazar N' por N_0 pues el valor de $N(t)$ en el estado de equilibrio será ahora distintos que anteriormente. En el estado de equilibrio la ecuación (14) muestra que:

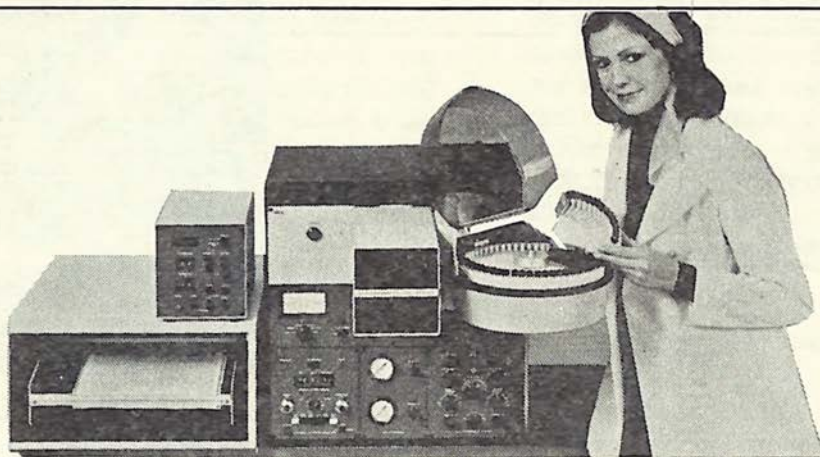
$$N_0 = \frac{N'}{1 + 2WT_1} \quad (15)$$

La velocidad de absorción de la energía, o sea la potencia absorbida estará dada entonces por:

$$\frac{dE}{dE} = N_0 h \nu \quad W = N' h \nu \frac{W}{1 + 2WT_1} \quad (16)$$

Se puede demostrar que W es proporcional al cuadrado del campo magnético oscilante aplicado. Entonces la ecuación (16) nos dice que se puede aumentar la potencia absorbida por los núcleos aumentando la amplitud del campo variable, siempre que se cumpla que:

$$2WT_1 \ll 1$$



TEL. 566-1466



varian Instrument Applications

Equipos Científicos de:

- ABSORCIÓN ATÓMICA
- NMR - ESR
- CROMATOGRÁFO DE GASES
- CROMATOGRÁFO DE LÍQUIDOS
- ESPECTROFOTOMETRO UV - VIS

Representantes Exclusivos:



IMPROFARMA S.A.

LOPE DE VEGA No.62 P.O. BOX 434
SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

(Continuación de Resonancia Magnética Nuclear)

Es posible obtener algunas aplicaciones químicas muy importantes cuando los núcleos estudiados forman parte de moléculas. La circulación electrónica en la proximidad de un núcleo A de una molécula modifica el campo a que está sujeto el núcleo. Este efecto se conoce con el nombre de "apantallamiento" y se denota con la letra

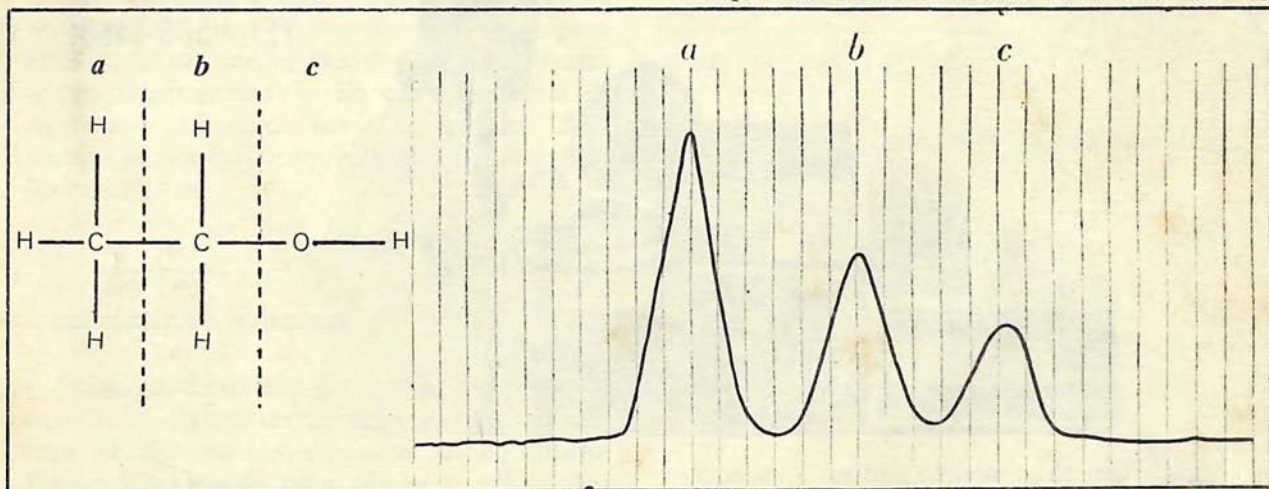
Entonces podemos escribir:

Los núcleos que tienen la misma constante de apantallamiento se denominan "químicamente equivalentes". Así por ejemplo, aún cuando el campo magnético sea el mismo para todos los átomos de hidrógeno de una molécula de CH_3OH la distribución de

alcohol etílico como se muestra en la Fig. No. 2

Cada uno de los picos de resonancia corresponde a cada uno de los tres grupos: CH_3 , CH_2 y OH que constituyen la molécula.

El espectro de resonancia de una molécula nos sólo permite su identificación sino que también enseña mucho acerca de su estructura. Se puede comprender así el gran interés que tiene para los químicos y los biólogos la espectroscopia de resonancia magnética. Esto se refleja en el hecho de que varias universidades importantes del mundo, ofrecen cursos de perfeccionamiento en esta disciplina. Han habido también varios simposios internacionales alrededor de la



los electrones en los enlaces: $\text{C} - \text{H}$ y $\text{O} - \text{H}$ apantallan al protón de cada enlace diferentemente, razón por la cual pueden encontrarse varios picos de resonancia. Se puede tener así un verdadero espectro de resonancias de la molécula. Este espectro sirve para identificar la molécula y de allí que se le haya dado el nombre de "fingerprint", en inglés, o sea huella dactilar. Por ejemplo, Arnold y Packard trabajando con un campo magnético extremadamente uniforme, obtuvieron el espectro de resonancia del

misma cuestión. En la actualidad varias empresas comerciales construyen para la venta, aparatos muy perfeccionados y de elevado poder de resolución.

Finalmente debemos decir, como algo particularmente interesante, que en los laboratorios de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, se ha construido un aparato de resonancia magnética de acuerdo a un diseño J. Strong aparecido en la revista "SCIENTIFIC AMERICAN". La construcción
(Pasa a la Pág. 25)

MINIBIOGRAFIA

GALILEO GALILEI

Nació en Pisa en el año de 1564. En dicha ciudad inició sus estudios, primero en humanidades y después en medicina. A escondido de su padre estudió geometría en los textos de Euclides y Arquímedes.

Terminados sus estudios se trasladó a Florencia, donde escribió un tratado sobre el centro de gravedad de los sólidos e inventó la balanza hidrostática.



Sus dos últimos trabajos le abrieron la Universidad de Pisa (1589). Entonces comenzó los trabajos que inician la dinámica moderna. Desde lo alto de la Torre de Pisa dejó caer cuerpos de diferentes pesos, de-

mostrando que caían con la misma velocidad. Con estos experimentos demostró la falsedad de la dinámica aristotélica.

Sus éxitos le valieron el odio de sus colegas y tuvo que emigrar a Venecia. Allí demostró

que la trayectoria de un proyectil es una parábola. Más tarde consiguió una cátedra en Padua.

En 1610 publicó su célebre "Mensajero Celeste" en el que describió el nuevo mundo estelar que le reveló el telescopio. Inició la observación de Saturno; descubrió las fases de Venus; descubrió las manchas solares y demostró que eran propias de la atmósfera del astro.

En 1623 publica "El Arquero", obra maestra de crítica científica. En 1632 apareció su "Diálogo sobre los dos mayores sistemas" en el que insistió sobre las discrepancias del sistema de Tolomeo con las nuevas observaciones. Este libro fue prohibido por la Inquisición. A los 70 años enfermó y casi ciego fue citado ante un temible tribunal y fue condenado a arresto domiciliario. Allí redactó los "Discursos y demostraciones en torno a dos nuevas ciencias (1636), obra considerada como la iniciadora de la dinámica moderna.

Galileo murió en Arcetri en el año de 1642, pero su obra fue continuada por sus discípulos Gavalieri, Torricelli, Castelli y Borelli en la Academia del Cimiento.

(Viene de la Pág. 24)

y puesta a punto de este equipo forma parte de la tesis del estudiante de término de la Licenciatura en Física: Luis Mera, bajo la dirección del suscrito y contando con la muy valiosa colaboración del Técnico en Electrónica Guillermo Grullón. En dicho

aparato se ha podido obtener la curva de resonancia protónica para el caso del agua. Trabajando, 6, 1 megaciclos. No obstante, todavía se encuentra en una etapa de ajustamiento y ensayos.

INDICE

EDITORIAL	3
CURIOSIDADES DE LA FISICA	4
DIDACTICA DE LA FISICA	5
FISICA ELEMENTAL	
La Naturaleza de la Luz	7
PRODUCCION DE EQUIPOS DIDACTICOS	
Producción de Equipos de Laboratorio para la Enseñanza Primaria y Secundaria	15
FISICA GENERAL	
¿Qué transporta el Movimiento Ondulatorio?	17
FISICA SUPERIOR	
Resonancia Magnética Nuclear	19
MINIBIOGRAFIA	25