

EDUCACIÓN en FÍSICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay



Volumen 6 Número 4

Agosto, 2001

Asociación de
Profesores
de Física



del Uruguay

EDUCACIÓN EN FÍSICA

Volumen 6 N° 4

Agosto 2001

Depósito Legal:
299222 / 01

Redactor Responsable:
Sandry Ramírez

Consultores de Redacción:
Uruguay Roviello
Carlos Zamalvide
Mario Guerra
Pablo García
Gustavo Carbonell

Colaboraron en este número:

Adriana Echarte
Adriana Machado
Ana Piccininno
Anna Cossio
Celia Pérez
Ernestina Sánchez
Gustavo González
Laura Ceveda
Maylí Tourn
Néstor Souza
Pablo Garateguy
Sebastián Martínez
Pedro Baldriz

Educación en Física es una revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay, que se distribuye gratuitamente entre sus socios. Precio: U\$S 5

Comisión Directiva de A.P.F.U
Zoraida Viera. Presidenta
Claudia Varaksa
Gustavo González
Federico Manzione
Javier Ávila

Dirección de la Revista
Gaboto 1435 / Of. 002
Montevideo cp 11200
Telefax: 598 2 400 1258
E-mail: rev_apfu@i.com.uy
apfu@adinet.com.uy

Publica: Ediciones IDEAS
Mercedes 1786
11200 Montevideo-Uruguay
Telefax. 408 6985
E-mail: edideas@adinet.com.uy

M.E.C.: Edición amparada por Decreto 218/996



Portada: Composición con imágenes de Auroras Australes

EDITORIAL

Estimados colegas y lectores; ¡al fin! estamos con ustedes nuevamente. Este nuevo siglo ha comenzado con importantes cargas laborales y de todo tipo, pero igualmente, si nuestros esfuerzos valen, continuamos llevando adelante esta publicación.

Pedimos disculpas por la tardanza de este número, razones ajenas a nuestras intenciones conspiraron para tal demora. Agradecemos infinitamente, no nos cansamos de reiterarlo, a quienes de una forma u otra ponen su voluntad y colaboración para que, con aciertos y errores, sigamos llegando a Uds.

Tenemos dos aspiraciones importantes que no han podido concretarse aun, pero, más temprano que tarde, seguro las conseguiremos. Estas son: el sistema de suscripciones, que aunque no se ha pautaado, igualmente estamos llegando a varios países e instituciones privadas de nuestro medio; y el postergado CD de nuestra Asociación con artículos, aplicaciones para laboratorio y clases, entre otras cosas.

Esta edición ha contado con muchas colaboraciones que contribuyeron al refinamiento de la selección de artículos y críticas constructivas. ¡Bienvenidas sean! Para muestra, publicamos una que nos parece importante, referida a los artículos sobre Caos. Siempre hemos tratado de dar cabida, como expresamos en muchas ediciones, a trabajos que incluyen temas tratados en forma introductoria, temas tratados desde ópticas diferentes a lo usual, temas tratados en profundidad, divulgación, etc., tratando de cubrir una amplia gama de aspectos de nuestra materia y todo lo que con ella se relaciona. Todo aporte en ese sentido tiene, para esta revista, un valor inmenso.

Contamos con todos para nuestro **XI Encuentro Nacional de Profesores de Física (ENPF XI)**, desde el 10 al 13 de Octubre próximos. Ánimo y hasta pronto.

La Redacción

CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN

La tan demorada presente edición contiene, como es habitual una selección variada de lo que va llegando a nuestras direcciones y en particular, una carta opinión sobre los artículos de Caos por uno de los autores citados en los mismos.

Se da continuidad aquí a una serie de artículos sobre Percepción Remota, escrita por uno de los mayores exponentes en el tema dentro de Chile y el MERCOSUR; ahora es el turno del *Infrarrojo Térmico*, artículo que lleva un tiempo en nuestra redacción, incluido ahora como prometimos en

la anterior. Concluye en la presente la serie de clases "introductorias", y no tanto, provenientes del curso ofrecido en el Deutsche Schule Montevideo; y también la serie sobre Señales de Sonido para activar la Interfase CASSY; aportes que seguramente se verán aumentados en próximas ediciones.

Gracias a todos los que colaboran, aun anónimamente, para que continuemos el camino y, a los que quieren colaborar *sépanlo* ¡serán bienvenidos!

CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOS

Pueden ser enviados para su publicación, contribuciones de diversos tipos: trabajos prácticos, teóricos, divulgación, tesis de doctorado, notas, comentarios de libros, sugerencias "web", software, consejos prácticos y todo artículo, original o no, que nuestros lectores crean conveniente.

- 1.- Los trabajos deben enviarse por duplicado, archivos de computadora e impresos. En ambas debe figurar el nombre de él o los autores, dirección, lugar de trabajo, un breve currículum y de ser posible, un resumen temático.
- 2.- Las citas bibliográficas se relacionarán al final del trabajo por orden alfabético, indicando:
 - a) para artículos de revista: apellido del autor(es), año, título del artículo encomillado, título completo de la revista, volumen, número y páginas.
 - b) Para libros: apellido del autor(es), año, título del libro subrayado, editorial, lugar, número de páginas y número de edición, en caso de que el libro sea traducción, indicar entre paréntesis autor de la traducción, nombre original de la obra subrayado, editorial y año; dentro del texto las referencias

se indicarán dando apellido(s) y año entre paréntesis.

- 3.- Los archivos pueden ser enviados por correo electrónico a la dirección de la revista o a la de la Asociación; enviando el texto con los objetos incrustados y los objetos por separado, mapa de bits (8 bits) o 256 tonos de gris, en lo posible se respetarán los formatos originales, pudiendo variar a criterio editorial y en función de necesidades de compaginación, los tamaños de las ilustraciones.
- 4.- Para simplificar el proceso de armado, sería conveniente que los trabajos llegaran por la vía mencionada en 3.-, enviados por correo común o alcanzados a la Revista acompañados del archivo informático correspondiente, debidamente etiquetado.

Esperamos sus trabajos, consejos, críticas y sugerencias en

La dirección de A.P.F.U.

apfu@adinet.com.uy

La dirección de la revista

rev_apfu@i.com.uy

EL INFRARROJO TÉRMICO EN PERCEPCIÓN REMOTA

Roberto Richardson Varas. Universidad de Santiago de Chile
Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Geográfica

Introducción

Con el propósito de detectar un objeto cualquiera o una superficie dada, se debe tener una característica de la radiación que difiere de sus alrededores, debe ser una temperatura diferente o una emisividad distinta, o bien una combinación de las dos. Así también, resultará útil saber si esta diferencia es constante durante todo el día, o bien existe una variación cíclica de su magnitud. Para ciertos tipo de detección, es importante saber hasta qué punto las condiciones meteorológicas (nos referimos a los cambios de presión, vientos, humedad, bruma, etc.) realzan o degradan el contraste térmico del objeto de interés comparado con su entorno.

Desarrollo

La radiación de la superficie debe pasar a través del espesor de la atmósfera ante que llegue al detector, es conocido que la atmósfera tiene una temperatura y contribuye con la radiación térmica de sus moléculas componentes. Sin embargo en la ma-

yoría de los casos se puede hacer caso omiso de esta contribución, al menos en un sentido práctico.

La atmósfera también tiene sus ópticas, además absorbe o transmite selectivamente las distintas longitudes de onda de energía electromagnética, en ella hay dos zonas (ventanas) a la que es bastante transparente, estas son de longitudes de onda de 3 a 5 micrones y de 8 a 14 micrones, a temperaturas normales de la superficie terrestre (-50°C hasta $+50^{\circ}\text{C}$) se emite mas energía en longitudes de onda de 8 a 14 micrones que en otro rango, considerando que estas son longitudes de onda a la que la atmósfera es transparente.

El descubrimiento que actualmente conocemos con el nombre de energía infrarroja se atribuyo a Sir William Herschel quien, en 1800, midió el valor calórico de los diferentes colores de las luz visible. El pasó de la luz a través del prisma para obtener una representación espectral y dentro de cada una de las bandas de colores sucesivos, violeta en el extremo de la longitud de la onda corta hasta el rojo en el extremo de la

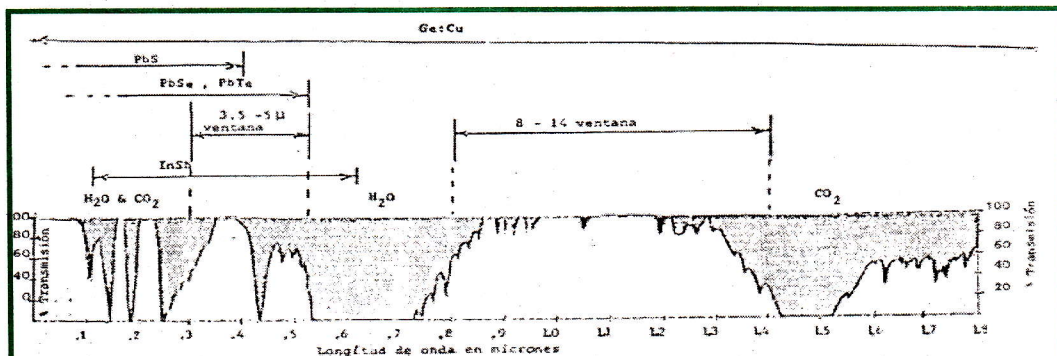


Figura 1 Representación esquemática del espectro electromagnético que indica las propiedades de transmisión de la atmósfera, las ventanas más importantes y la gama de sensibilidad de algunos detectores, (es un bosquejo simplificado de las características de transmisión infrarroja a través de la atmósfera para una longitud de trayectoria horizontal de 300m a nivel del mar). *Apuntes de Percepción Remota J.N. Rinker U.S Army Engineer Topographic Laboratories, Fort Belvoir, 1987*

onda larga, colocó un termómetro y registro el aumento en la temperatura. La temperatura siguió aumentando cuando paso de violeta al rojo y luego el termómetro se colocó en la región negra mas allá del borde rojo su temperatura aumento más aún, gran sorpresa para la época por que nada visible incidía en el termómetro. Estos resultados constituyeron una prueba positiva de que alguna forma de radiación invisible con longitudes de ondas más largas o frecuencias más bajas, que la luz roja si existían y se le llamo infrarrojo.

Durante los siguientes 100 años, muchos investigadores, incluyendo al hijo de Sir William, John, continuaron con las experiencias; a medida que se perfeccionaron las fuentes de energía y los termómetros, se fueron detectando radiaciones de longitudes de onda cada vez más largas. Con el transcurrir del tiempo se conocieron personas que trabajaban con sistemas de radio que seguían una tendencia opuesta, investigadores que generaban ondas hertzianas de longitudes de onda cada vez más cortas, luego cuando se reconoció e investigo este hecho y se demostró aún más que las llamadas técnicas hertzianas y las infrarrojas podían producir los resultados de la otra, ya no era posible sostener la doctrina establecida. Se hizo indispensable un cambio, por una parte era evidente que en lugar de tener dos tipos de energía, las ondas hertziana y las ondas infrarrojas que constituían las misma formas de energía electromagnética y que solamente diferían en sus longitudes de onda. A la larga se decreto, que la parte infrarroja del espectro se definió como terminado con longitudes de onda de 1.000 micrones, longitudes de onda más largas que estas fueron asignadas a la sección de microondas de la parte radioeléctrica del espectro. **(J.N.Rinker U.S.A.E.T.L. Apuntes de Percepción Remota 1987)**

A lo anterior cabe señalar que personajes de la época continuaron con investigacio-

nes, de las diversas propiedades asociadas con la radiación infrarroja, particularmente la relación entre la cantidad de energía emitida por incremento de la longitud de onda y la temperatura de la fuente, para fines del siglo XIX, estas propiedades se habían medido, documentado y se desarrollaron ecuaciones empíricas de diferentes tipo.

Hoy en día conocemos que los cuerpos (superficies) o materiales se encuentran a una temperatura sobre cero absoluto, todas las moléculas irradian energía, y estas irradian de una forma característica y cuantitativa que depende de la temperatura, emisividad y especie molecular comprendida. También conocemos que la mayoría de los materiales emiten energía en todas las longitudes de onda, por tanto la energía total emitida y la distribución de dicha energía como una función de la longitud de onda dependen de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, el punto máximo de la curva de distribución se desplaza a longitudes de onda mas cortas y la cantidad de energía emitida aumenta en todas las longitudes de onda.

Si el material es lo suficientemente caliente, ejemplo; una bombilla de tungsteno, un tubo de estufa candente, el sol etc., emitirán suficiente energía para influir sobre el ojo o la emulsión de la película fotográfica, sin embargo, a temperaturas normales de la superficie de la tierra la cantidad de energía es mucho menor que el nivel umbral ya sea de una emulsión fotográfica o de los ojos, y es así, para detectar dicha energía, se utilizan materiales especiales que no solamente son sensibles a la radiación infrarroja, sino que además tienen alguna propiedad, tal como es la resistencia eléctrica que cambia rápidamente y significativamente con pequeñas variaciones en la señal de entrada. Esto puede ser mostrado en un tubo de rayos catódicos al amplificar la salida desde dicho detector y luego grabarla en cinta magnética o en pe-

lícula mediante un tubo luminiscente modulado o bien una traza luminosa en tubo de rayos catódicos. (J.N.Rinker U.S.A. - E.T.L. , **Apuntes de Percepción Remota 1987**)

Los sensores o exploradores y radiadores térmicos, son instrumentos que detectan la radiación térmica y las pequeñas diferencias en temperatura y emisividad. Ahora bien si el instrumento está dotado de una antena para detectar la energía en la parte radioeléctrica del espectro, ejemplo de esto, la región de las microondas, se le llama radiómetro o sistema de microondas. Si está equipado con un detector sensible a la energía infrarroja se le denomina radiómetro de infrarrojo o bien explorador de infrarrojo.

El producto final de los dos dispositivos indicados anteriormente, se puede afirmar que es una imagen muy semejante a una fotografía, pero los patrones de tonos de grises representan las diferencias de temperatura-emisividad en vez de las diferencias de reflectancias al igual que en una fotografía, por convención, queda establecido que los tonos de grises claros indiquen los niveles mas altos de radiación o las zonas más cálidas, y los tonos de grises más oscuros representan las zonas más frías.

Los sensores o detectores de radiación se agrupan en dos tipos; los sensores o detectores térmicos que dependen de la acción térmica de la radiación absorbida y los fotodetectores que dependen de la liberación de los electrones ligados por la absorción de cuantos absorbidos. El sensor térmico funciona a base de la energía total absorbida, estos instrumentos sólo son eficaces los cuantos cuya energía es mayor que ciertos valores, haciendo caso omiso de los cuantos de valores menores.

Lo que hemos comentado anteriormente se desprende que; la cantidad de energía emitida por una especie molecular determinada depende de su temperatura y su

emisividad. Al hablar del termino emisividad este, describe el nivel en el cual un material dado absorbe y emite energía en alguna temperatura y banda de longitud de onda seleccionada. Sabemos que un material con una emisividad de unidad (1) es un absorbente perfecto, que no refleja la radiación que incide en su superficie y emite más energía que un elemento con una emisividad menor a la misma temperatura física.

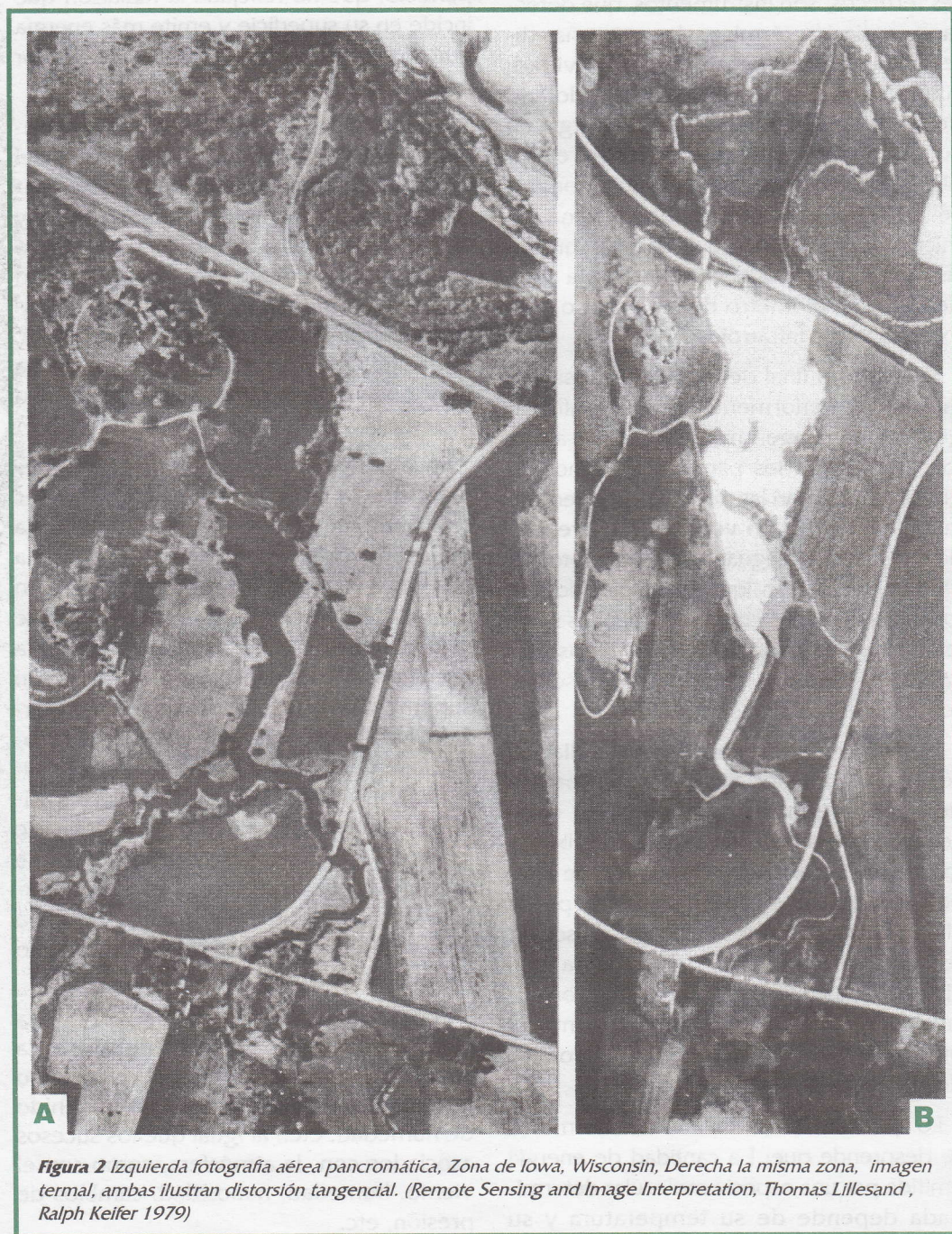
La emisividad es una función de la especie molecular, su temperatura y la parte del espectro electromagnético que se esta considerando, por ejemplo la nieve se ve muy brillante en la parte visible del espectro, lo cual significa que tiene una alta reflectividad y una baja emisividad, pero para la radiación infrarroja en la zona de 8 a 14 micrones, es un absorbente casi perfecto que refleja muy poco la energía que incide sobre su superficie.

En la naturaleza gran parte de los materiales que la integran tienen emisividades relativamente alta en la región infrarroja del espectro, se debe considerar que una alta emisividad indica que el material es un buen absorbente, de esto se concluye que la radiación inducida que es detectada térmicamente es principalmente de origen superficial o bien muy próxima a la superficie. La radiación que proviene de las moléculas que se encuentran debajo de la superficie es absorbida por una molécula adyacente que vuelve a emitirla a la siguiente molécula, y así sucesivamente hasta que la energía llega a una molécula en la superficie que puede irradiar hacia el espacio (no se detectan los fotones superficiales o cuantos directamente).

El patrón térmico de la superficie queda afectado por las condiciones debajo de la superficie (conducción, convección, flujo térmico, conductividad térmica, contenido de humedad, etc.) al igual que los sucesos asociados con la atmósfera, como son el viento, humedad, nubosidad, cambios de presión, etc.

Ahora hablaremos de operaciones de sistemas térmicos* a bordo de aeronaves y también están en plataformas satelitales e incluso algunos tipos son mas complejos o bien difícil de describir, (J,N.Rinker U.S.A. - E.T.L., Apuntes de Percepción Remota

1987), estos sistemas térmicos tienen óptica giratoria (prisma o espejos) que barren la superficie y reflejan la radiación incidente en el detector. El detector en si responde a las variaciones en la señal incidente mediante un cambio en una de sus propie-



dades eléctricas que puede vigilarse y amplificarse, a su vez alimentarse a un tubo luminiscente modulado, y registrarse ya sea en una fotoemulsión o en cinta magnética.

Los Barredores Infrarrojos pueden ser cuantitativos o no cuantitativos, el Barredor no cuantitativo es el más común, la señal incidente se compara con la señal que se observe; si estos dos valores coinciden, no se notara cambio alguno en los niveles de gris correspondientes que se observan en la imagen.

Si el detector percibe una mayor o menor cantidad de energía de lo que se observó un momento antes, el tono de gris correspondiente en la imagen es más brillante o más oscuro que el anterior. Debido a que el barredor puede cambiar su temperatura la misión, lo cual altera sus propiedades eléctricas inherentes, éste no sirve como patrón fijo para hacer una comparación.

Dados que los tonos de gris semejantes a lo largo de una línea de barrido, o en líneas de barrido adyacentes, probablemente representan niveles iguales de radiación, no puede afirmarse lo mismo al comparar los tonos de gris muy separados en la imagen.

Los Barredores cuantitativos comparan la señal de entrada con una referencia calibrada y, para cada instante de tiempo, indican que están detectando "x" vatios más o menos que la referencia, bajo estas condiciones, cada tono de gris representa el mismo nivel de radiación, o temperatura, en toda la imagen.

Anteriormente se indico, se puede registrar la salida del Barredor en una fotoemulsión, en cinta magnética, o en ambas, la ultima combinación es preferible, por que el registro fotográfico proporciona imágenes que pueden utilizarse inmediatamente mientras que el registro en cinta magnética puede manejarse después de diversas formas (digitalizado, con bordes intensificados, etc.), para así proporcionar imágenes de óptima calidad.

Material de Referencia

- Fundamento de la Teledetección Espacial, 3.a edición revisada 1996, Emilio Chuvieco
- Apuntes de Percepción Remota, U.S.Army Engeneer Topographic Laboratories, J. N. Rinker, 1987
- Remote Sensing and Interpretation, Lillesand/Keifer, 1979

Aporte de redacción:

Si Ud. es nuevo en estos temas, quizás quiera leer lo básico en:

<http://www.conabio.gob.mx/mapaservidor/incendios/faq.html>

http://members.nbci.com/davisweb/cursosat/large/7_1_rad.html

Para ver algunas imágenes de infrarojo Térmico:

<http://weblared.com/lr20.htm>

http://com.uvigo.es/asignaturas/scvs/trabajos/curso9900/Teledeteccion/tema5_3.htm

Algo sobre el espectro electromagnético

<http://www.lbl.gov/MicroWorlds/ALSTool/EMSpec/EMSpec2.html>

FÍSICA DEL HUMOR

Después de varias semanas de intentos de resolver un problema científico, el jefe de la investigación mira a sus colegas y les pregunta: - Señores, ¿conocen ustedes el antónimo de la palabra «eureka»?

• • •

En un examen: cuando la luz blanca pasa a través de un prisma, sale luz de varios colores. ¿Cómo demostraría Ud. experimentalmente que estos colores estaban originalmente en la luz blanca, y no en el prisma?

Muy fácil, bastaría observar que el color del prisma es el mismo después de que haya pasado la luz.

• • •

Pues, el otro día vi en un debate en la tele que la densidad de los lobos en Isla de Lobos está disminuyendo. ¡Qué tontería! pensé yo, pero el caso es que los ecologistas no se ponían de acuerdo ni entre ellos mismos.

¡Pero qué inútiles, si lo único que tienen que hacer para medir su densidad es tirarlos al agua!

• • •

ANUNCIO. Se alquila botella de Klein. Pregunte dentro.

• • •

Una vibración es un movimiento que es incapaz de decidirse por una dirección en particular.

• • •

No es una ilusión óptica, simplemente lo parece.

• • •

-¡Tío!, me he aprendido la guía telefónica de Montevideo enterita.

-¡¿De memoria?!

-No, si te parece razonándola...

Van dos granos de arena por el desierto y uno le dice al otro: Creo que nos persiguen...

• • •

Teorema de Arquímedes: tomas un objeto y lo tiras al río, si al rato no ha salido, puedes darlo por perdido.

• • •

En una evaluación de Física tipo «test V F»: el profesor ve que hay un estudiante al final de la clase que está tirando una moneda al aire; la atrapa, mira su hoja, la vuelve a tirar y así sucesivamente durante toda la prueba. Al final el profesor se acerca y le dice: «pero si tu nunca estudias, como es que hoy demoras tanto en la prueba»

-Estoy verificando las respuestas.

• • •

Un Físico preocupado por sus resultados, decide consultar con un adivino; se acerca hasta la puerta: «Pam, Paam1...(toca)»; «¿Quién es? (preguntan desde dentro). El Físico se va confiando en sus teorías.

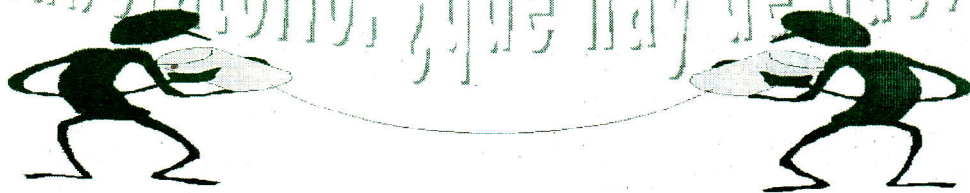
• • •

¿Ya saben que los científicos de la NASA han recibido un mensaje extraterrestre?

Tras descifrarlo, resulta decir:

«Esto funciona realmente! Envíe $5 \cdot 10^{50}$ átomos de hidrógeno a cada uno de los cinco sistemas estelares indicados abajo. Luego, añada su propio sistema al comienzo de la lista, elimine el sistema del final, y envíe copias de este mensaje a otros 100 sistemas solares. Si sigue estas instrucciones, en un plazo de 0,25 rotaciones galácticas le garantizamos que recibirá a cambio suficiente hidrógeno para mantener a su civilización hasta que la entropía alcance su máximo!»

Laboratorio: ¿qué hay de nuevo?



SENSOR DE POSICIÓN ANGULAR

Prof. Alejandro Villamil - Prof. Gustavo Castro
Profa. Ernestina Sánchez - Profa. Rosario Suárez

Queremos compartir la construcción de sensor de posición angular capaz de registrar posiciones angulares a intervalos de tiempo pequeños para estudiar sistemas mecánicos en rotación en especial oscilantes.

El uso de un potenciómetro aparece en diversidad de ejemplos incluso en los manuales de Cassy, tiene el problema del rozamiento, que hace al instrumento poco útil ya que afecta sensiblemente el sistema a estudiar.

Usando dos polaroides es posible variar la intensidad de luz que incide sobre un foto sensor, y entonces establecer una relación entre la posición relativa de los polaroides y la intensidad de luz incidente (usando la ley de MALUS).

Si un polaroid permanece fijo y el otro rota solidario al sistema que queremos estudiar, se puede determinar la posición angular, midiendo la intensidad de la luz emergente. De esta manera se minimiza la incidencia del instrumento sobre el sistema a medir porque a éste sólo le agrega un polaroid que puede ser sumamente pequeño.

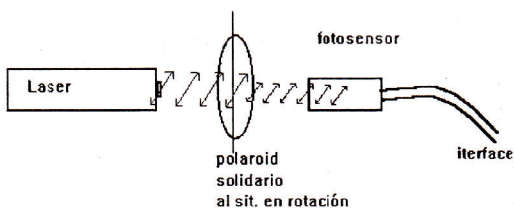
Las primeras pruebas con polaroides mostraron que éstos no responden igual a todas las frecuencias de luz. Se pudo evitar este problema usando un puntero láser que emite luz monocromática y como además esta luz está ya polarizada, alcanza con un solo polaroid para determinar un ángulo. El costo de puntero es de U\$ 10 aprox.

Para medir la intensidad de luz emergente se uso un foto sensor, en este caso un fototransistor, que proporciona una intensidad de corriente proporcional a la intensidad de luz que recibe.

De esta manera se obtiene una intensidad de corriente que es función del ángulo a medir. Es necesario registrar estos valores con una frecuencia alta (muchos valores por segundo) para esto se adapta la interfase Cassy que es capaz de medir voltajes con una frecuencia mas que suficiente y esta en muchos liceos.

El obtener estos voltajes a partir de la corriente del fototransistor se resuelve con un circuito electrónico sencillo.

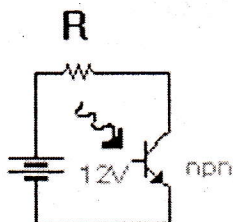
ESQUEMA DEL DISPOSITIVO



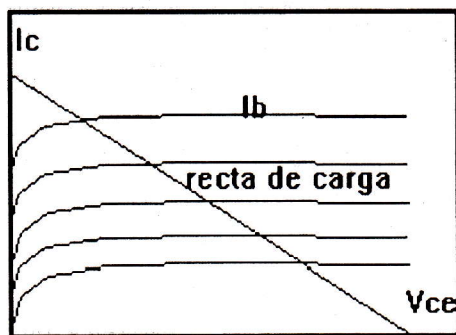
El uso de un láser como fuente de luz minimiza la influencia de la luz ambiental además el sensor se instaló en el fondo de un tubo hueco y opaco. El fototransistor utilizado en nuestro prototipo como sensor es el L-51P3C que responde a mas bien a luz infrarroja. Si bien la longitud de onda

utilizada no es la más adecuada los resultados fueron buenos. La interfase puede medir diferencias de potencial, por lo tanto se debe obtener un voltaje que varíe con la posición angular, proporcional a la intensidad de luz incidente.

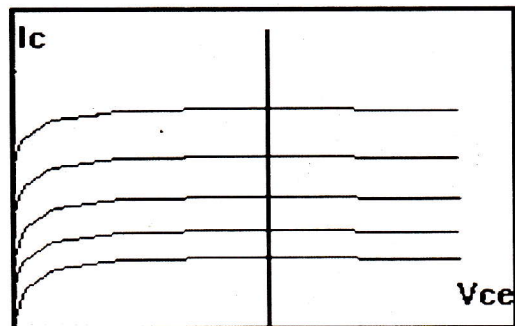
Para medir este voltaje se puede usar una resistencia y medir la caída de potencial en ella como muestra el circuito de la figura:



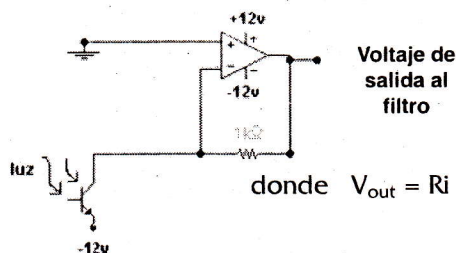
La salida del fototransistor se puede ver en este esquema:



Sin embargo, si usando un amplificador operacional, se puede lograr una respuesta más lineal, porque mantiene fijo el Voltaje colector-emisor.



Se armó el siguiente circuito:



La corriente del colector del Fototransistor debe pasar por la resistencia R (ya que la impedancia de entrada entre V_+ y V_- es infinita) entonces el potencial a la salida V_{out} es $V_{out} = R I_c$. Así se obtiene un valor de V_{out} proporcional a la intensidad de luz incidente que se ingresa a la Cassy.

El sensor se conecta a la Cassy por medio de «caja sensora»

Para construir la caja se siguieron las instrucciones del Prof. Pablo García publicadas en la revista de La APFU (Agosto, 1996). En los terminales de identificación de la caja se eligió el número 12 que en binario es 1100. La alimentación del circuito la suministra la interfase a ± 12 volt utilizando la fuente del PC.

El valor de R se elige de forma que V_{out} no supere 1 volt cuando el fototransistor recibe la máxima intensidad de luz puesto que la CASSY tiene este límite en la entrada de las cajas.

En el archivo de configuración Id.cfg, bajo el #12 se definió la función para calcular el ángulo a partir de la ley de MALUS, así al conectar la caja ya aparece en la pantalla del PC usando el programa estándar de cassy en la opción osciloscopio el instrumento calibrado en grados.

La calibración del aparato se hace con un semicírculo y las medidas de ángulos próximas a 45° resultan bastante precisas, la incertidumbre aumenta bastante cuando el ángulo medido se aleja de este valor.

Al visualizar el comportamiento del aparato en el osciloscopio se observaron variaciones correspondientes a vibraciones de

frecuencias superiores a las que deseábamos medir, lo que hace impreciso el instrumento. Se evita esto agregando un filtro de segundo orden, con corte alrededor de los 15Hz, para hacer desaparecer los «ruidos»

Como prueba se utilizó el sensor para estudiar el movimiento de un péndulo físico y se obtuvieron resultados satisfactorios en especial para ángulos pequeños.

El dispositivo se encuentra armado en el liceo N° 26.

Bibliografía

- «**Microelectrónica Circuitos y dispositivos**». Mark N. Horenstein
- «**Física**». Halliday-Resnick
- «**Electrónica**». Millman
- «**Contacto**». Carl Sagan
- «**Optica**». Hecht – Zajac
- Artículo: «**Construcción de cajas de sensor para interfaces CASSY**». Revista APFU (agosto, 1996). Pablo García

RESEÑA V SIMPOSIO DE INVESTIGADORES EN EDUCACIÓN EN FÍSICA (V SIEF)

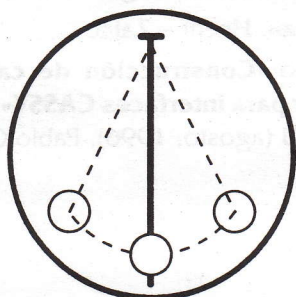
El V Simposio de Investigadores en Educación en Física (SIEF V) se realizó en la ciudad de Santa Fe durante los días 18, 19 y 20 del mes de Octubre de 2000, organizado por la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA), a través de la secretaría local Santa Fe y el Grupo de Investigación y Desarrollo en la Enseñanza y Aprendizaje de la Física (GIDEAF), de la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad Nacional del Litoral. El evento fue subsidiado por el FONCYT, de la Agencia Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina.

Asistieron 110 participantes y se llevaron a cabo las siguientes actividades: 5 conferencias de especialistas americanos y europeos, una Mesa Redonda sobre “Metodología de la investigación en educación en ciencias”, un Panel sobre “Evaluación de la investigación en educación en ciencias”, presentación de 45 trabajos de investigación que fueron expuestos oralmente y 22 en murales, sometidos a debate en sesiones coordinadas por moderadores. Abarcaron las siguientes temáticas: Aprendizaje, Enseñanza, Currículum, Metodología de la investigación educativa, Epistemología, Filosofía e Historia de la Física. Presentación de 8 Proyectos Noveles de Investigación y 3 Tesis de Posgrado

Los resúmenes de los trabajos presentados se publicaron en el Libro de Resúmenes. Las conferencias y los trabajos presentados oralmente han sido editados en el soporte de un disco compacto, y que ha sido incorporado a la página Web del V SIEF: <http://www.unl.edu.ar/sief5> para que pueda ser consultado por las personas interesadas.

Lic. Sonia B. Concari. Coordinadora V SIEF (sconcari@fiqus.unl.edu.ar)

Asociación de Profesores de Física



del Uruguay

Nueva Directiva

El 15 de mayo se realizó el escrutinio de las elecciones de la APFU. La integración de la actual directiva es: Zoraida Viera (Presidenta), Claudia Varaksa, Gustavo González, Federico Manzione y Javier Ávila.

Visitas guiadas a Facultad de Ciencias

Las instituciones que deseen visitar la Facultad contactarse con Inti Carro. Tel.: 525 0378.

Durazno 2001

Estamos abocados a la organización del XI ENPF a realizarse en la ciudad de Durazno del 10 al 13 de octubre.

Desde ya contamos con vuestra asistencia al mismo.

Carmelo- Colonia

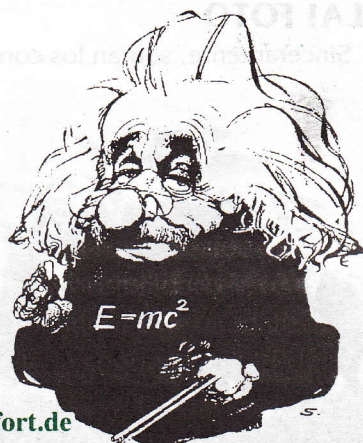
El 7 de julio se llevó a cabo la "Cuarta Jornada de Actualización en Física" en la ciudad de Carmelo con el auspicio del Consejo de Educación Secundaria, la Inspección de Física, la Dirección del liceo de Carmelo y de la Coordinadora Regional del Suroeste. La jornada consistió en prácticas de Física para segundo ciclo, coordinada por los profesores: Alejandro Villamil, Lucía Terra y Pablo García, participaron de la misma más de 40 docentes de Física.



Minas-Lavalleja

El 23 junio se realizó una Sala en el Instituto "Eduardo Fabini" de la ciudad de Minas a la cual asistió la Comisión Directiva de la APFU.

El intercambio fue provechoso. Surgió la posibilidad de realizar una jornada regional de actualización docente para la segunda mitad del año.



www.comfort.de

Asunción – Paraguay



19 docentes concurren al "Primer Congreso Educativo de la Enseñanza de la Física". Los anfitriones valoran nuestra Asociación e hicieron hincapié que la idea de realizar un congreso surgió en los encuentros a los cuales asistieron ellos en Uruguay.

El intercambio fue muy provechoso. También se visitó las cataratas las cuales son una maravilla.



CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS

¡LA! FOTO

Sinceramente, sobran los comentarios. Fue en la Solvay conference en 1927.



De izquierda a derecha: A. Piccard, E. Henriot, P. Ehrenfest, Ed. Herzen, Th. De Donder, E. Schrödinger, E. Verschaell, W. Pauli, W. Heisenberg, R.H. Fowler, L. Brillouin, F. Debye, M. Knolzen, W.I. Bragg, H.A. Kramers, P. Dirac, A.H. Compton, L. De Broglie, M. Born, N. Bohr, I. Langmuir, M. Planck, Mme. Curie, H.A. Lorentz, A. Einstein, P. Langevin, Ch.e. Guye, C.t.r. Wilson, Ow. Richardson

O.V.N.I. (Objeto Volador Nazi Identificado)

Desde que Séneca (conocido Filósofo, preceptor de Nerón) dijo "son condensaciones de aire"; no paran de aparecer detractores de todo tipo en cuanto al fenómeno O.V.N.I. (Objetos Voladores No Identificados). Pero no es afán de esta nota dar una explicación al respecto; sino recordar de dónde salieron los actuales OVNIs terrestres, fabricados principalmente por Canadá, EUA y Japón con fines de navegación comercial y propósitos militares, según sus declaraciones oficiales.

"Basta lanzar al aire un objeto cualquiera de forma circular para observar que, con su movimiento giratorio, adquiere una velocidad tal que no puede ser alcanzado por ningún otro cuerpo de forma distinta con un empuje y un peso iguales" (P. Kolosimo - Ombre Sulle Stelle) ¿Dos platos superpuestos con la parte cóncava en el interior? ¿Y si le agregamos explosivos? ¿Y armas; y piloto?

Alemania, II Guerra Mundial: cuatro científicos; los alemanes Schriever, Habermohl, Miethe y el ingeniero italiano Belluzzo construyeron los suyos. Schriever y Habermohl uno con cabina central de pilotaje circundada por un anillo largo y llano, segmentado, que se movía a gran velocidad. Lo experimentaron el 14 de

febrero de 1945; en 3 minutos el disco alcanzó 12.400 metros de altura y pudo viajar a una velocidad horizontal de 2000 Km/h (planificado hasta 4000 Km/h). Miethe y Belluzzo idearon un disco de 42 metros de diámetro con reactores dirigibles en el borde. Miethe huyó al final de la Guerra, trabajando en la construcción de estos platillos para las fuerzas armadas estadounidenses y canadienses. Al final del conflicto bélico los Aliados secuestraron y se apoderaron de 340000 patentes en Alemania y 200000 internacionales procedentes del Reich. La operación Paper-Clips se encargó de adueñarse de todos los inventos alemanes, procedimientos industriales, esquemas, etc., de modo tal que ninguna fábrica del Reich puede reemprender su actividad sin un permiso especial. Según se cree, los modelos terminados de "platillos" fueron destruidos, pero documentos de reciente aparición dejarían entrever que de 10 "discos" artillados que existían, 7 fueron destruidos por un bombardeo, 2 fueron trasladados a EUA y uno parcialmente destruido a la URSS.

Fuentes: Peter Kolosimo (Ombre Sulle Stelle - 1966); Antonio Rivera (El gran enigma de los platillos volantes - 1974); Revista Muy Interesante.

PREPARANDO SEÑALES DE SONIDO PARA ACTIVAR LA INTERFACE CASSY

(TERCERA PARTE)

Edgar W. Gómez y Mariel Mayero

*Profesores y Ayudantes Preparadores de Física
Liceo N°1 "Carlos Brignoni Mosquera", Trinidad, Flores-Uruguay*

En la revista correspondiente al Vol. 6 N°2 se presentó el esquema en bloque del CONVERTIDOR DE SEÑAL Analógica en Lógica. A partir de allí se estudió dicho bloque fraccionado en tres partes:

- Amplificador de audio (compuesto por el circuito del micrófono y el integrado LM386)
- Convertidor propiamente dicho (compuesto por el integrado CD1493B)
- El adaptador a la interface (transistor BC337).

Hoy nuestro propósito es unir dichos circuitos para obtener el dispositivo completo del cual presentamos el circuito definitivo en la figura 1.

Resumiendo

Del funcionamiento del circuito diremos que la onda sonora ataca al micrófono apareciendo un voltaje variable entre sus extremos. Esa señal variable pasa al amplificador a través del condensador (C1), pudiendo controlar la ganancia a través de R1 (potenciómetro regulado desde el exterior).

La señal amplificada pasa por C3 (10 μ F) hacia el trigger. Es de recordar que la regulación del preset es crítica (ver artículo Vol 6 N° 3 pág.28). Si ese preset está bien regulado obtendremos a la salida (pin 3 del integrado) una señal lógica que atacará la base del transistor BC337, obteniéndose las puestas a tierra de las entradas E o F para activar la interface en la opción cronómetro.

Aplicaciones posibles

Utilizando sonido es posible activar o desactivar las entradas E-F de la interface, pudiéndose medir:

- a- Velocidad del sonido en el aire
- b- Aceleración de la pesantez
- c- Frecuencias de un diapason o de diferentes sonidos periódicos

Se podrá activar también el relé de la interface para así activar distintos sistemas.

En el próximo número se comenzarán a enviar los experimentos posibles a realizar con éste material.

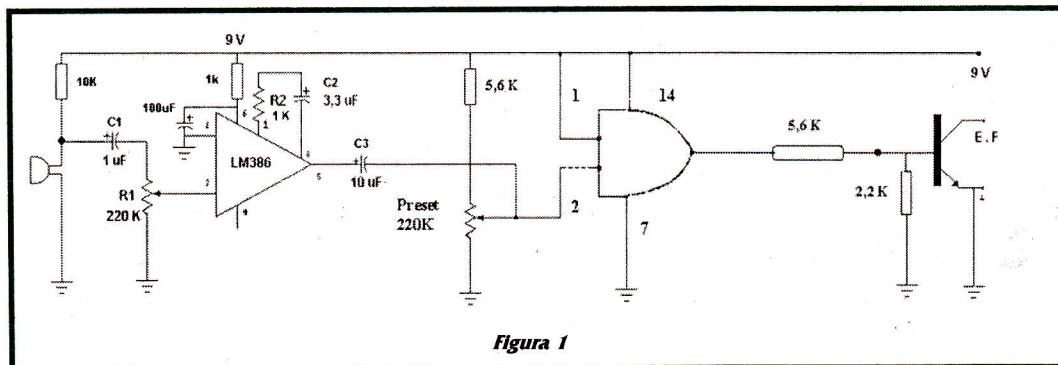


Figura 1

ACERCA DEL CAOS

Montevideo, 5 de enero de 2001

Profesor Sandry Ramírez

Redactor Responsable de "Educación en Física"

Estimado Profesor:

Tuve la oportunidad de leer los tres números aparecidos en el año 2000 de la revista que Ud. dirige. Los felicito por haber logrado mantener con regularidad la presencia de una revista que informa sobre las actuaciones de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay, y da cuenta de diversos temas que supongo son de interés de los formadores en esta disciplina en la enseñanza media.

La razón principal de esta carta es escribirle a Ud., y a los lectores habituales de la revista, respecto de la serie de artículos sobre "Caos" aparecidos en los números 1, 2 y 3 del Volumen 6.

No voy a hacer un análisis exhaustivo de los artículos porque escaparía a mis propósitos actuales que son más bien llamar la atención, que analizar científicamente su temática. El hecho de que algunas obras mías sean citadas en los artículos es un acicate más para escribirle.

Un hombre sensato reflexionará que la vida puede turbarse de dos maneras y por causas opuestas: por el tránsito de la luz a la oscuridad o por el de la oscuridad a la luz.

Platón, La República, Libro Séptimo

Realizar divulgación de temas científicos es una tarea difícil y a la vez obligatoria de quienes tenemos por profesión la investigación y la enseñanza de alguna ciencia. Pero la propia dificultad e importancia que se adjudica a nuestros dichos determina que intentemos ser sencillos en nuestras explicaciones y precisos en los contenidos.

Ninguno de esos dos aspectos son satisfechos a plenitud por los artículos de marras.

Permítame dar algunos ejemplos:

1. Todo fenómeno caótico determinista no "tiende a obedecer una trayectoria llamada atractor". Dejando de lado el mal uso de las palabras *tender* y *obedecer*, los fenómenos cuyas trayectorias se acercan a atractores son los **disipativos**. En ellos las trayectorias no "entran por diferente lugar en la figura llamada atractor", como expresa el autor, sino que se le acercan de una manera peculiar (expandiendo en direcciones transversales). En los sistemas **conservativos** el comportamiento caótico se expresa geométricamente por la distribución aleatoria de las trayectorias en el espacio de fase [pag. 35, Nro. 1].
2. La definición de sistema ergódico está decididamente mal, más allá de algún error tipográfico. El autor olvida destacar que las funciones aludidas deben ser constantes a lo largo de las órbitas. Por otra parte, en un comentario contenido en la definición dice que las "funciones físicas" tienen derivada segunda continua. Si el autor se refiere a las funciones con significado físico, esta afirmación es muy discutible porque, por ejemplo todos los fenómenos instantáneos son descriptos por funciones no continuas en algún punto [pag. 11, Nro. 3].
3. La diferenciación entre la geometría euclídea y la fractal basada en las antinomias * tradicional – moderna * trata objetos hechos por el hombre – apropiada para formas naturales * descrita por fórmulas – descrita por algoritmo recursivo, me parece primitiva y provocadora de todo tipo de confusiones. ¿El hombre hizo los rayos de luz que son el modelo inmediato de la recta euclídea? ¿Las "formas naturales" son más modernas, que las "tradicionales" definiciones de los matemáticos griegos? ¿Cómo se expresan los "algoritmos recursivos" si no es "por fórmulas"? Las cuales, por otra parte, no son usadas en la geometría de Euclides [pag. 16, Nro 2].

Prefiero no extenderme para no apartarme de mi propósito inicial. Estos artículos sobre el caos deben ser leídos con mucho cuidado y no ser tomados como referencia para la enseñanza de una rama tan apasionante en varias ciencias. En general, los autores deberían realizar selecciones de sus lecturas que resultaran coherentes, entendibles y útiles. Considero que los consultores, evaluadores o como se les llame, dependiendo de la publicación, deberían ser muy cuidadosos con el tipo de material que aceptan. Cualquier otro criterio lleva al despresio, la confusión y, en definitiva, la mistificación de la ciencia.

De manera alguna querría que estas opiniones puedan desalentar a quienes estudian, piensan y escriben sobre temas de interés de los profesores de ciencias. Todo lo contrario: intento ser un impulsor de este tipo de trabajos, sencillos, claros, rigurosos.

Estoy a sus órdenes y las de los lectores para atender otro tipo de preocupaciones sobre el tema.

Lo saludo atte., deseándole un buen año,

Roberto Markarian

EXPERIMENTOS DE BAJO COSTO

Jürgen St. Morgenstern

Docente de matemática, física y computación en el Colegio Alemán de Montevideo
e-mail : jstm@adinet.com.uy

El siguiente artículo ofrece la posibilidad de integrar en las clases de práctica de física experimentos de bajo costo. Estos experimentos usan un transistor y estudian sus propiedades características con los instrumentos de medición.

Pero estos experimentos son mucho más de lo que parecen ser a primera vista. Los alumnos pueden adquirir muchas habilidades, que tratamos de enseñar en el transcurso de los años :

- la interpretación de gráficos
- el cálculo de resistencias y de potencia
- la tensión como diferencia de potencial
- las leyes de Kirchhoff
- los condensadores y sus "resistencias" dependientes de la frecuencia de la corriente alterna
- los conceptos básicos de una "llave" y de un amplificador
- la amplificación de intensidad, de tensión y de potencia
- la amplificación y la conservación de energía

El artículo no pretende explicar los fenómenos de los semiconductores. Para los lectores interesados en este tema hago referencia a Paul A. Tipler "Física Preuniversitaria", Editorial Reverté S.A. 1998, páginas 942-955.

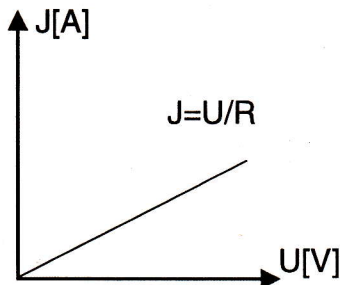
Para estudiar un amplificador bien en la práctica conviene usar un micrófono o la salida de un tocadiscos como "entrada" y un auricular como "salida" del amplificador. Un osciloscopio puede ser útil para estudiar las señales.

1. Conductores y sus curvas características

a) Los conductores óhmicos

Llamamos a un conductor "óhmico", cuando respeta la ley de Ohm, es decir cuando el cociente entre tensión U y intensidad de corriente J es constante:

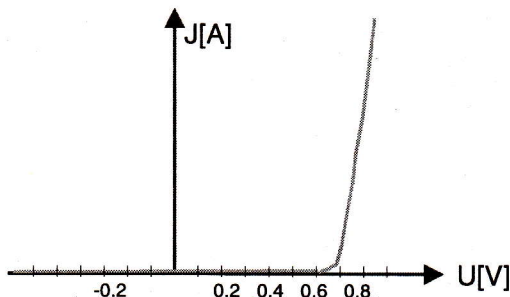
$$R = \frac{U}{J} = \text{Constante}$$



Cuando más grande la resistencia R , más baja es la pendiente.

b) Los diodos

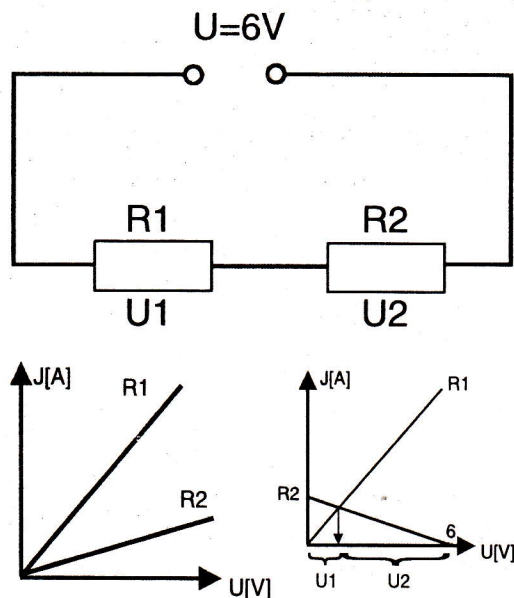
Los diodos semiconductores se caracterizan por dejar pasar la corriente en un solo sentido. La curva característica de un diodo no es una recta. Los diodos de silicio necesitan un mínimo de $U \approx 0.6 \text{ V}$ para dejar pasar la corriente. A partir de esta tensión su resistencia está bajando notablemente.



c) Resistencias en serie

Para conductores óhmicos se puede calcular la diferencia de potencial (es decir la tensión) entre los extremos de cada resis-

tencia. Pero también se pueden obtener estos resultados con un método gráfico:



La curva característica de R_2 se dibuja partiendo de U_{total} ($=6V$) en el sentido inverso. El punto de corte de las dos curvas características permite ver las tensiones particulares U_1 y U_2 .

$$U_1 + U_2 = U \Rightarrow R_1 J + R_2 J = U \Rightarrow$$

$$J = \frac{U}{R_1 + R_2}; U_1 = \frac{R_1 U}{R_1 + R_2}; U_2 = \frac{R_2 U}{R_1 + R_2}$$

d) La potencia eléctrica

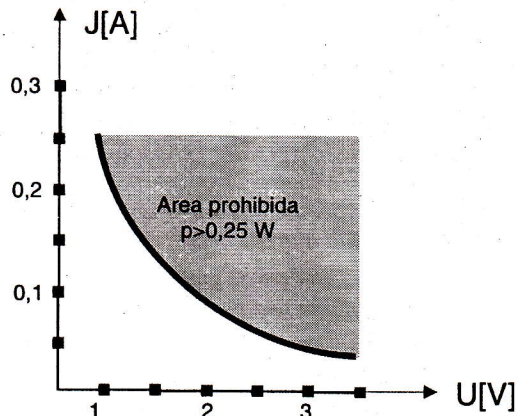
Se define la potencia eléctrica de un conductor como el producto entre la intensidad de la corriente J y la diferencia de potencial U :

$$P = U \cdot J = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Cada conductor permite una potencia máxima P_{max} . Cuando la potencia sobrepasa este valor, el conductor será destruido.

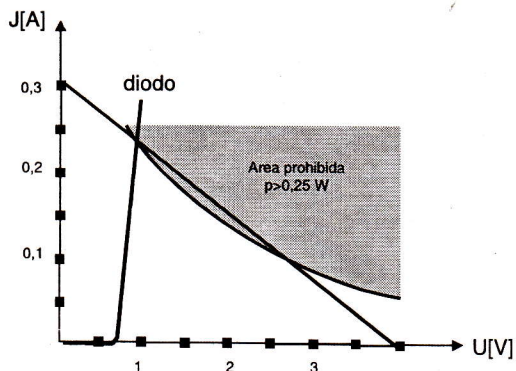
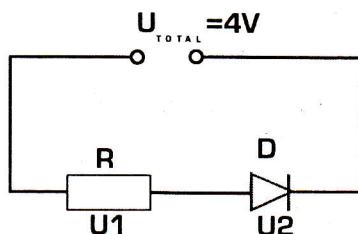
Un ejemplo: el diodo de silicio BY127 tiene la potencia máxima $P_{max} = 0,25 \text{ W}$.

Entonces podemos dibujar una "hipérbola de potencia":



Mirando la curva característica de este diodo vemos, que la intensidad J aumenta rápidamente cuando la tensión llega a

$U = 0,6 \text{ V}$ y la potencia puede sobrepasar los $0,25 \text{ W}$. Entonces se agrega una "resistencia de protección" R . ¿Como se sabe, qué valor hay que elegir para R ?



Usamos el mismo método gráfico, que recién aplicamos con los conductores óhmicos:

- Dibujamos la curva característica del diodo y la hipérbola de potencia.

- Partiendo del punto de U_{total} ($= 4 \text{ V}$) trazamos una recta por el punto de corte entre la hipérbola y la curva del diodo. ¡ Esta debe ser la curva característica de la resistencia protectora !

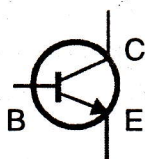
El valor se calcula tomando el punto de corte con el eje J:

$$R = \frac{4\text{V}}{0,3\text{A}} = 13,3\Omega \approx 15\Omega$$

2. Transistores

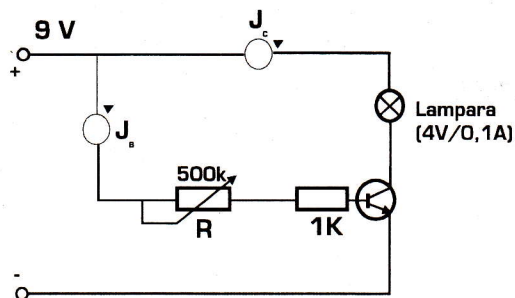
a) Propiedades básicas

El transistor tiene 3 contactos, que llamamos E (emisor), B (base) y C (colector). Para un transistor npn se usa el siguiente símbolo:



Para investigar el comportamiento de un transistor en un circuito eléctrico, se conectan dos terminales con una fuente continua y se ve que la combinación BE tanto como la combinación BC parecen ser diodos. CE se comporta como un aislador.

Pero el transistor es mucho más que dos diodos:



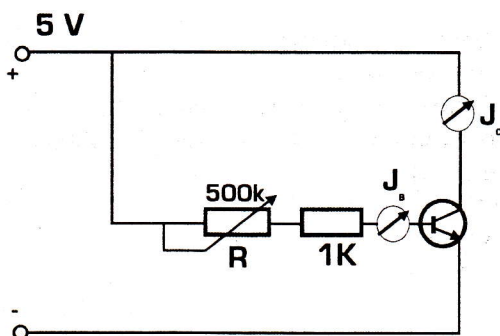
Si experimentamos con el circuito esquematizado vemos que, variando R, la lámpara de pronto enciende. El transistor enlaza estos dos circuitos de tal manera, que el circuito de la base puede conectar el circuito de colector y emisor.

Entonces la conexión CE del transistor es como una resistencia, que se puede regular con la corriente de la base B. Por este fenómeno el transistor lleva su nombre: "transfer resistor" = una resistencia que se puede transferir.

Un transistor hace posible manipular la corriente JC en un circuito (el que contiene la conexión CE) gracias a la variación de una corriente JB mucho más chica en otro circuito (BE). BE se llama "entrada" del transistor, y CE se llama "salida".

b) Las curvas características de un transistor

Vamos a estudiar primero como una leve variación de la "corriente de entrada" JB influye en la "corriente de salida" JC:



Variando la corriente JB con el potenciómetro R observamos la corriente JC. La resistencia de 1 kW debe proteger al transistor.

En la primera parte (hasta los $350 \mu\text{A}$) el transistor muestra una proporcionalidad entre JB e JC. Y esto es lo que se necesita para un amplificador!

Una señal de entrada, que varía la corriente JB se transforma entonces en una variación de la corriente JC sin deformación de la señal.

El factor de amplificación de corriente es:

$$B = \frac{\Delta J_C}{\Delta J_B} = \frac{41\text{mA}}{0,2\text{mA}} = 205$$

“Punto de trabajo” P: $J_B=100\text{ }\mu\text{A}$, $J_C=20\text{ mA}$

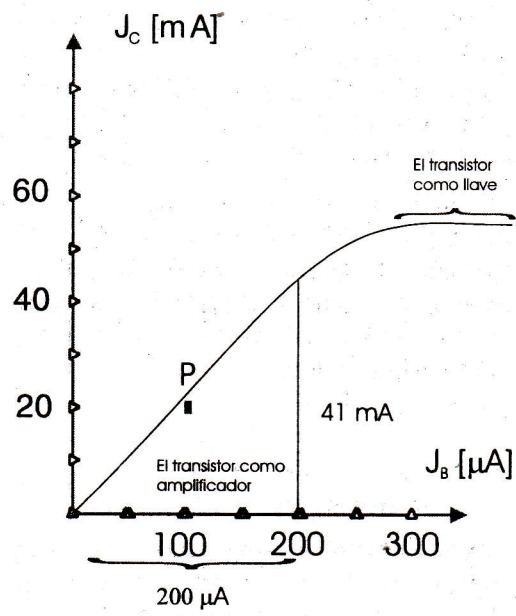


Figura 1

Vamos a estudiar ahora como una leve variación de la “tensión de entrada” U_{BE} influye en la “tensión de salida” U_{CE} y respectivamente en la “tensión de salida inversa” U_R :

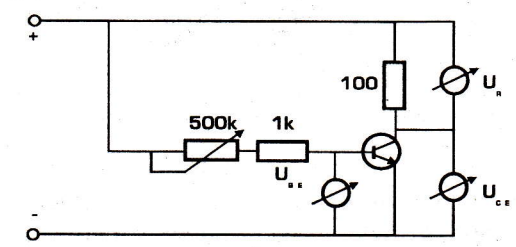


Figura 2

Variando la corriente J_B con el potenciómetro R_1 y así también la tensión U_{BE} observamos las tensiones U_{CE} y U_R .

Mientras la tensión U_R aumenta con la tensión de entrada, la tensión U_{CE} se reduce con una creciente tensión U_{BE} .

Se ve, como una leve variación de la tensión U_{BE} trae como consecuencia una variación importante de la tensión U_{CE} . El transistor trabaja como amplificador de tensión, tanto como de corriente.

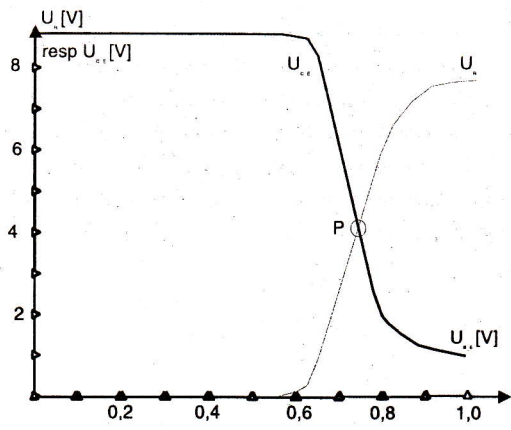


Figura 3

Amplificación de tensión :

$$\frac{\Delta U_R}{\Delta U_{CE}} = \frac{4,6V}{0,1V} = 46$$

“Punto de trabajo”: $U_{BE} = 0,70\text{ V}$.

Entonces un transistor es un amplificador de potencia. En nuestro caso el factor de amplificación de potencia es de $205 \cdot 46 \approx 9000$

También resulta útil conocer las curvas características de la entrada y salida del transistor. La “entrada” son los puntos B y E del transistor, y la curva característica es la de un diodo. Variando la corriente J_B con el potenciómetro R_1 y así también la tensión U_{BE} observamos la relación entre ambas. La curva es la curva típica de un diodo.

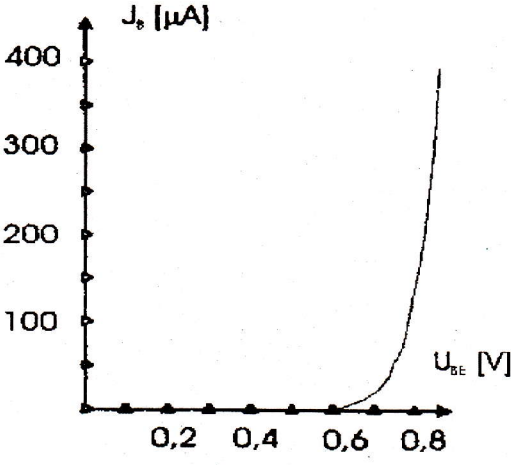


Figura 4

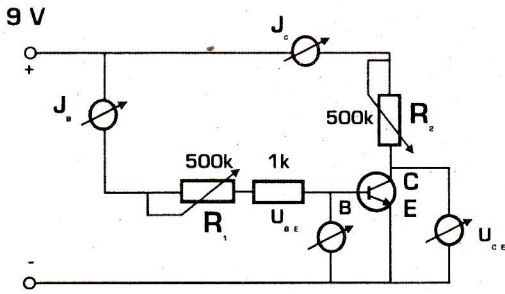


Figura 5

Y también es importante conocer las curvas características de la "salida" del transistor, es decir la relación entre la corriente J_C y la tensión U_{CE} , que dependen principalmente de la corriente J_B .

El potenciómetro R_1 sirve para regular la corriente de base J_B . Después se regula con el potenciómetro R_2 la corriente J_C y a la vez la tensión U_{CE} .

c) Cálculos de circuitos

Todas estas curvas características junto con los "datos" del distribuidor del transistor permiten "calcular" un circuito. Vemos por ejemplo un circuito de un transistor como amplificador de frecuencias bajas (frecuencias de sonido).

Claro que depende del transistor, hasta el mismo tipo de transistor varía un poco en sus curvas características. Y depende de la tensión con la cual se quiere trabajar.

Nuestro ejemplo: queremos usar un transistor BC 107 (que tiene las curvas características que vimos) y una pila de 9 V.

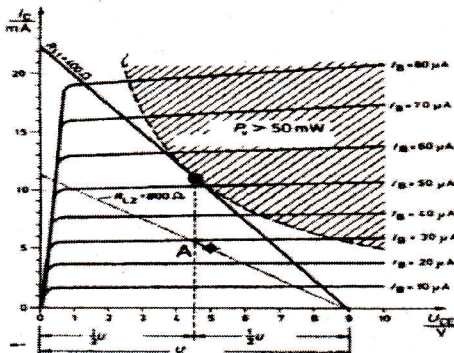


Figura 6

Cálculo a base de las curvas características:

Elegimos para hacer los cálculos los datos obtenidos a partir del «punto de trabajo» de la **figura 1**. Entonces queremos tener un amplificador con $J_C = 20 \text{ mA}$, $J_B = 100 \mu\text{A}$ («punto de trabajo»). Porque es el centro de la parte recta de la curva J_B / J_C . Cada variación de J_B sobre $100 \mu\text{A}$ produce una variación de J_C proporcional sobre 20 mA .

Debemos utilizar la tensión $U_{CE} = 5 \text{ V}$, para tener la misma situación como cuando medimos las curvas características.

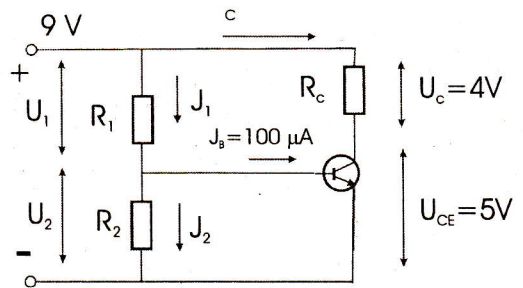


Figura 7

Entonces quedan para la resistencia R_C (resistencia de carga): 4 V .

$$R_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{4 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 200 \Omega$$

Para tener una intensidad $J_B = 100 \mu\text{A}$ se necesita una tensión $U_{BE} = 0,67 \text{ V}$ (figura 7). Es decir, la resistencia R_2 necesita una diferencia de potencial $U_2 = 0,67 \text{ V}$ y para R_1 quedan $U_1 = 8,33 \text{ V}$. Para las dos resistencias R_1 y R_2 se eligen intensidades (por ejemplo) 10 veces mayores que J_B : $J_1 = 1 \text{ mA}$, $J_2 = 0,9 \text{ mA}$. Entonces:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{8,33 \text{ V}}{0,001 \text{ A}} = 8,33 \text{ k}\Omega \approx 8,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{0,67 \text{ V}}{0,0009 \text{ A}} = 744 \Omega \approx 750 \Omega$$

La resistencia entre base y emisor es:

$$R_{BE} = \frac{U_{BE}}{I_B} = \frac{0,67 \text{ V}}{0,001 \text{ A}} = 6,7 \text{ k}\Omega$$

Otra opción:

Usando los datos recomendados por el fabricante del transistor BC 107. Ahora elaboramos un amplificador con $J_C=2\text{mA}$, $J_B=10\mu\text{A}$, con la tensión $U_{CE}=5\text{V}$.

Para evitar que un posible calentamiento del transistor varíe su punto de trabajo agregamos una resistencia R_E detrás del emisor, que puede tener $U_E=1\text{V}$:

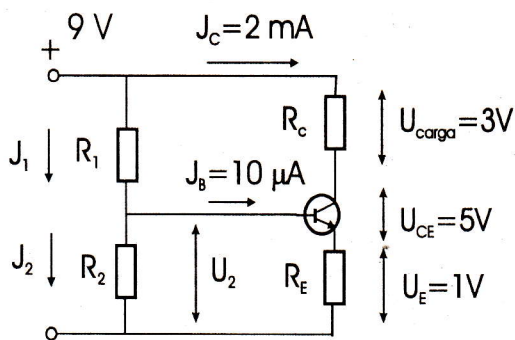


Figura 8

Un calentamiento del transistor aumenta la intensidad J_C . Como consecuencia aumenta $U_E = R_E \cdot J_C$. La tensión U_2 está fija por la relación entre R_1 y R_2 . Como $U_2 = R_{BE} \cdot J_E$, ahora va a bajar U_{BE} y entonces también J_B e J_C .

Este método aplicado se llama «acoplamiento de intensidad reversa».

Entonces quedan para la resistencia R_C (resistencia de carga): 3V .

$$R_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{3\text{V}}{0,002\text{A}} = 1500\Omega = 1,5\text{k}\Omega$$

$$R_E = \frac{U_E}{I_C} = \frac{1\text{V}}{0,002\text{A}} = 500\Omega$$

Para tener una intensidad $J_B=10\mu\text{A}$ se necesita una tensión $U_{BE}=0,55\text{V}$. Es decir, la resistencia R_2 necesita una diferencia de potencial $U_2=0,55\text{V}$ y para R_1 quedan $U_1=8,45\text{V}$.

Para las dos resistencias R_1 y R_2 se eligen intensidades 10 veces mayores que J_B : $J_1=0,1\text{mA}$, $J_2=0,09\text{mA}$. Entonces:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{8,45\text{V}}{0,0001\text{A}} = 84,5\text{k}\Omega \approx 85\text{k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{0,55\text{V}}{0,00009\text{A}} = 6,1\text{k}\Omega \approx 6,2\text{k}\Omega$$

La resistencia entre base y emisor es,

$$R_{BE} = \frac{U_{BE}}{I_{BE}} = \frac{0,55\text{V}}{0,0001\text{A}} = 55\text{k}\Omega$$

una resistencia de $R=1\text{k}\Omega$ de protección no cambia nada! El amplificador completo:

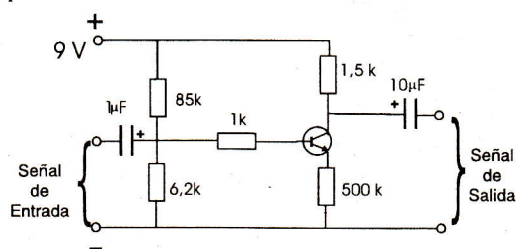


Figura 9

Los condensadores de la entrada y de la salida del amplificador logran separar el transistor con respecto a la corriente continua de la señal de entrada.

Unas observaciones:

- a) La resistencia de entrada consiste en las dos resistencias R_2 y R_{BE} en paralelo (las resistencias de $1\text{k}\Omega$ y de 500Ω no cambian R_{BE} prácticamente).

$$R_{\text{entrada}} = \frac{R_2 \cdot R_{BE}}{R_2 + R_{BE}} = \frac{55 \cdot 6,2}{61,2} \text{k}\Omega \approx 5,6\text{k}\Omega$$

- b) Queremos transmitir una banda ancha de frecuencias de sonido, y por eso la capacidad del condensador se calcula con la frecuencia más baja (es más alta la impedancia). Usamos entonces $f=30\text{Hz}$.

$$R_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow$$

$$C = \frac{1}{2\pi f R} = \frac{1}{2\pi \cdot 30\text{Hz} \cdot 5600\Omega} \approx 1\mu\text{F}$$

- c) La capacidad del condensador de salida se calcula con la misma fórmula, tomando la resistencia del altoparlante o del auricular.

3. Aplicaciones de transistores

a) El transistor como llave

Si queremos utilizar un transistor como llave, estamos interesados en dos estados: "on" y "off". El transistor puede cumplir las mismas funciones que un relé. Es decir, puede abrir o cerrar un circuito gracias a una pequeña variación de una intensidad de corriente en el circuito que manda.

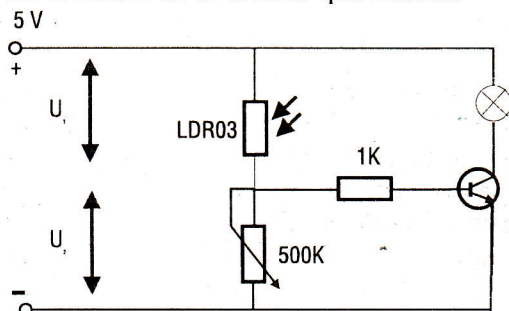


Figura 10

Con el potenciómetro se regula $U_2 < 0,6 \text{ V}$ de tal manera, que la lámpara está apagada. Al caer una señal de luz sobre la superficie de la fotoresistencia, su resistencia y consecuentemente también su tensión U_1 baja notablemente.

Entonces $U_{BE} = U_2 > 0,6 \text{ V}$ y la corriente de base pone en marcha una intensidad J_C grande que circulará por la lámpara, entonces esta se enciende. En lugar de usar luz, se puede usar también una variación de la temperatura:

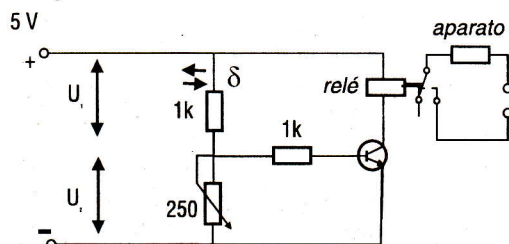


Figura 11

Reemplazamos el LDR (light depending resistor) por una resistencia NTC (resistencia que varía con la temperatura). En el lugar de la lámpara aparece ahora un relé, que puede poner en marcha un aparato cualquiera.

b) El transistor como amplificador

Si queremos utilizar un transistor como amplificador, necesitamos usar la parte de su curva característica que muestra una proporcionalidad entre J_B y J_C .

Se pueden usar los mismos circuitos, pero hay que ajustar el potenciómetro de tal manera, que en la situación de partida (luz de día / temperatura ambiental) el transistor se encuentre en su "punto de trabajo" ($J_C = 2 \text{ mA}$).

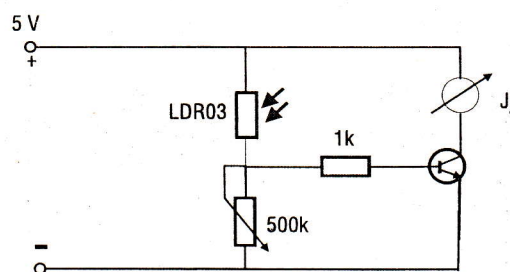


Figura 12

Cualquier leve variación de intensidad de la luz o de la temperatura va a producir entonces una variación (proporcional) de la intensidad J_C que muestra el instrumento. El amperímetro puede servir para "medir" la temperatura o la intensidad de la luz. ¡Pero hay que calibrar dicho instrumento!

b) El amplificador de potencia y el teorema de la conservación de la energía.

A veces escucho la pregunta, «¿cómo funciona un amplificador», ya que por el teorema de la conservación de la energía, la potencia de una señal no puede aumentar.

Observamos, una vez más, el circuito del amplificador:

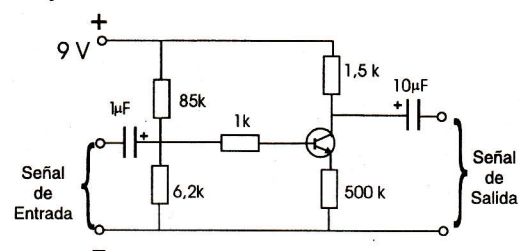
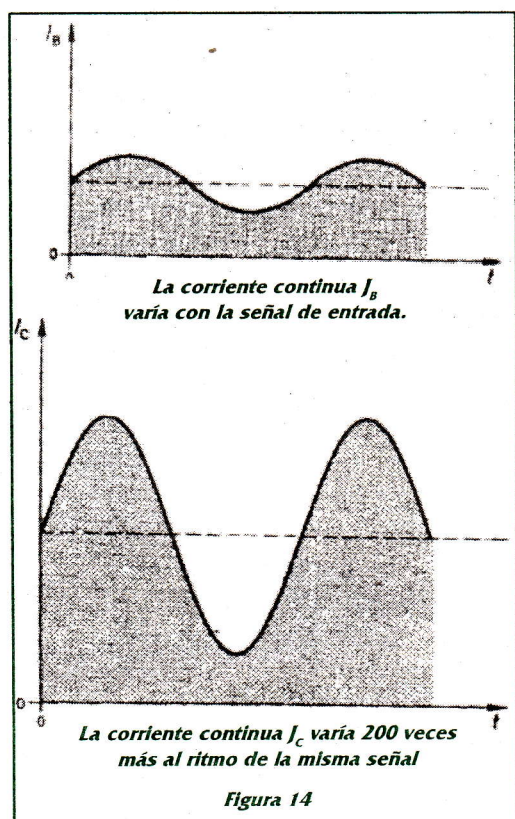


Figura 13



La señal de entrada es de poca potencia. Lleva a una leve variación de intensidad de base I_B . La consecuencia es una variación bastante más notable de la intensidad de

colector I_C . Claro que hay que moverse en la parte recta de la curva característica, para tener una amplificación sin distorsión. Entonces es fácil contestar la pregunta arriba formulada: la energía que se necesita para la señal más poderosa de salida proviene de la fuente del amplificador. ¡El circuito del amplificador maneja el suministro de la energía en el ritmo de la variación de la señal de entrada (figura 14).

c) Conclusión

La Física de los semiconductores ofrece a los docentes y alumnos un campo amplio de actividades experimentales con aplicaciones útiles e interesantes, que se comprenden fácilmente. Desde ya, que eso no significa «entender» los mecanismos complicados con las bandas de energía especiales que definen al semiconductor.

Pero en la Óptica tampoco empezamos con las ondas electromagnéticas y con los fotones (o hasta con la teoría de Schrödinger) para explicar los fenómenos básicos. Así que ¡tengan valor!, la Física de los semiconductores nos puede ayudar a recuperar el interés del alumnado por nuestra querida ciencia.

Preparadores del Laboratorio de Física del Liceo N°1 de Flores, proponen a los interesados, la participación en intercambios y cursillos a realizarse vía E-Mail, sobre los siguientes temas:

- Puertas Lógicas (aplicables a 4º año)
- Tratado de la unidad 4 para 4º año.
- Experimentos realizables con la interface Cassy, usando diferentes dispositivos construidos en el Laboratorio, de los cuales algunos ya fueron presentados en la revista. Estos cursillos estarán dirigidos a Ayudantes Preparadores y Docentes de la asignatura interesados en el tema, con un cupo de hasta 30 participantes.

Queremos saber si hay interés en esta propuesta, para ello, los que quieran participar deberán:

- 1.- Escribir a la siguiente dirección egcx1mb@adinet.com.uy
- 2.- Indicar en dicho E-mail, el o los temas en los que participaría.

AURORAS POLARES

Prof. Pablo Garateguy - I.P.A.

Al hacer la introducción al tema Campo Magnético, y mencionar el magnetismo terrestre, acostumbro hacer referencia a las Auroras Polares. El año pasado, a un grupo de sexto año, que venía arrastrando algunos atrasos en horas de estudio, les sugerí un trabajo domiciliario sobre el tema: "Auroras Australes".

Días después, un alumno me pregunta si realmente existían, pues él sólo había encontrado información sobre las auroras Boreales.... Aparte de la conocida "El Sur también existe..." y algún comentario sobre el colonialismo cultural, les cambié el trabajo y decidí buscar yo mismo, información sobre las Auroras Australes.

Lo que sigue es un apretado resumen del material obtenido, que deseo poder compartir con los colegas, lectores de la revista.

¿Qué son?

La Aurora Polar, boreal o austral, es un fenómeno distinto de la luz que precede la salida del Sol en todo el mundo. Consisten en una iluminación del cielo alrededor de los polos con diferentes modalidades y en plena noche.

Al decir del explorador polar William H. Hooper "Ni con pluma ni con lápiz se pueden representar sus tonos caprichosos, su esplendor y su grandeza". Los romanos la llamaron "lluvia de sangre", los chinos "dragón de velas", los eurasiáticos del norte "viento de luz". (Ver figura 1). Claro, los detalles técnicos del fenómeno no son tan poéticos.

En 1716 el astrónomo Edmund Halley, atribuyó por primera vez el fenómeno auroral al campo magnético terrestre, pero fue recién a partir de los años 50, que la ciencia empezó a comprender que las auroras polares se generaban por la

interacción de partículas cargadas procedentes del Sol y el campo magnético que rodea la Tierra.

Las auroras son un indicador clave de las interacciones Sol-Tierra que se conocen como "estado del tiempo espacial".

Al igual que sucede en la Tierra, también en el espacio pueden desencadenarse destructivas tormentas que amenazan a los terrícolas y a algunos de sus artefactos favoritos. Desde el punto de vista físico, la aurora polar es una luminosidad de tipo fluorescente producida por la interacción de átomos o moléculas en la alta atmósfera con partículas cargadas de electricidad procedentes del espacio interplanetario.

Las partículas, guiadas por las líneas de fuerza del campo magnético de la Tierra son electrones y protones. Su blanco son esencialmente las moléculas de Oxígeno y Nitrógeno.

Cuando éstas moléculas son alcanzadas por un proyectil, pueden perder uno o varios electrones ionizándose o bien pasar a un estado excitado de mayor energía. Cuando retornan a su estado inicial, emiten luz de una longitud de onda característica, según los átomos y los niveles energéticos efectuados.

Cuando se tienen partículas cargadas moviéndose a altas velocidades que colisionan átomos neutros, la ionización o la excitación se produce

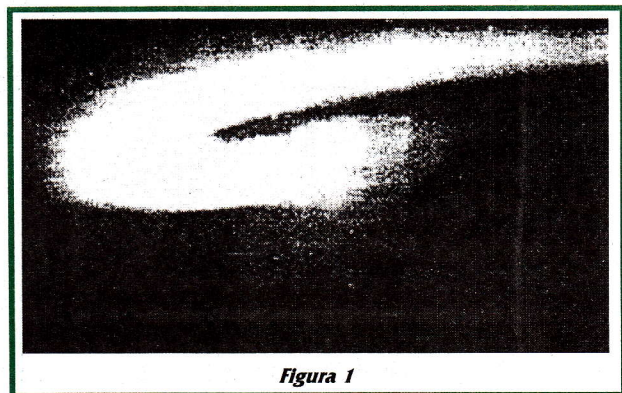


Figura 1

con facilidad. La experiencia demuestra que cuando una partícula cargada a alta velocidad, se desacelera al pasar por un gas, produce en promedio un par de iones por cada 30 eV de energía que pierde la partícula.

Bohr fue el primero en presentar la teoría de la ionización de los gases causada por la colisión de las moléculas con partículas cargadas, a alta velocidad.

¿Cómo se producen?

El comienzo de esta historia es en la superficie del Sol. Observado con telescopio, el astro rey no es la tranquila bola homogénea de luz blanca que aparenta. La superficie muestra una serie de regiones oscuras (manchas solares) que aparecen y desaparecen normalmente durante un ciclo de 11 años. Estas manchas que rompen la homogeneidad del Sol producen tempestuosos estallidos de radiación.

Luz ultravioleta, rayos X, protones y electrones salen despedidos en ráfagas de viento solar, por todo el sistema solar. Entonces la atmósfera terrestre, también se verá afectada por el potente soplo (Ver figura 2).

Conforme se aproxima el viento las partículas que arrastra son desviadas por el campo magnético de la Tierra. La Magnetósfera se encarga de separar los electrones solares o las partículas cargadas

negativamente de los protones y partículas con carga positiva. (Ver figura 3).

Las partículas cargadas actúan sobre la ionosfera; las moléculas de gas enrarecido que componen esta capa, disponen de tanto espacio que casi nunca colisionan entre sí. Sometidas al bombardeo diario de la energía emitida por el Sol, los átomos estallan en pedazos: electrones e iones de carga positiva, de Nitrógeno, Oxígeno y otros gases se liberan constantemente. La ionósfera es pues una masa de energía contenida que espera liberarse.

Un gas formado de electrones libres e iones, se conoce con el nombre de "Plasma". Aunque está muy de moda referirse al plasma como cuarto estado de la materia, no es en realidad un estado separado, sino más bien un fenómeno ambiental que pueden experimentar los estados gaseosos, líquido y sólido, en presencia de una cantidad suficiente de ionización.

Las cantidades físicas de interés en un plasma gaseoso, son la temperatura, las densidades de corriente aleatorias y los números de densidad de electrones e iones positivos.

Sí se coloca el plasma en un campo magnético, el movimiento de los iones será helicoidal y su paso, perpendicular al campo magnético, se verá limitado a las



Figura 2

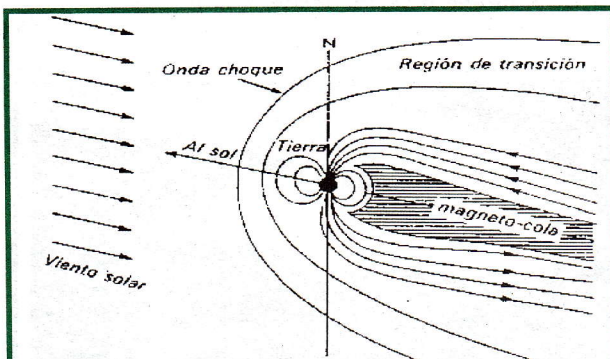


Figura 3 - Diagrama del viento solar y de su efecto sobre el campo magnético.

discontinuidades en sus trayectorias, producidas por los choques. Los iones pueden seguir conservando un movimiento paralelo y relativamente libre en relación con el campo magnético.

La ionósfera terrestre, que no tiene más que diez millones de partículas por centímetro cúbico, es un tipo de plasma, lo mismo pasa con la atmósfera de las estrellas (como la del Sol).

Las líneas del campo magnético de la Tierra actúan como canales para las partículas cargadas, principalmente electrones con algunos protones mezclados. Debido a las fuerzas de origen magnético, muchas partículas procedentes del Sol y el espacio exterior quedan atrapadas por el campo en dos cinturones o anillos.

Estos anillos llamados de "Van Allen", en honor de su descubridor, un investigador de la universidad de Iowa, fueron descubiertos con los primeros satélites científicos puestos en órbita. (Ver figura 4).

Estos cinturones rodean la Tierra, excepto en las regiones de los polos magnéticos. El interno, estable, contiene protones y se sitúa a una distancia de 1,5 radios terrestres, el otro externo, inestable se sitúa entre 3 o 4 radios terrestres y está formado por electrones.

Con el escenario así preparado, el viento solar actuando sobre la magnetósfera será el detonante. La extraordinaria cantidad de energía enviada a la ionósfera en uno de esos impulsos provocará el desborde de protones y electrones hacia los polos, haciendo que el cielo se encienda, como lo hace un tubo fluorescente o un tubo de Neón al ser atravesado por una corriente eléctrica. El color que luego va a teñir el cielo dependerá de los elementos afectados y de la energía que se desprende.

¿Cómo se estudian?

A los violentos altibajos de la actividad solar, (erupciones cromosféricas de grandes o mediana potencia) les siguen perturbaciones en la ionósfera terrestre, tormentas magnéticas y auroras polares. La composición del viento solar es ahora estudiada por instrumentos colocados a bordo de sondas espaciales.

Por ejemplo, el Advanced Composition Explorer, un satélite situado a 1:448.000 kilómetros del Sol, el cual detecta las perturbaciones en el viento solar, una hora antes de que lleguen a nuestra magnetósfera.

El satélite GOES, genera gráficos que muestran la energía almacenada en la magnetósfera, como resultado de la interacción con el viento solar.

El satélite IMAGE, de la NASA, toma fotos instantáneas de los flujos de partículas y los espectáculos de las luces polares cada 5 minutos.

Producidas las erupciones solares, las partículas que las componen llegan a la Tierra 2 a 5 horas (a veces 1 o 2 días) después del punto máximo de la erupción. La longitud e irregularidad del viaje (aunque la velocidad de las partículas, puede ser de fracciones im-

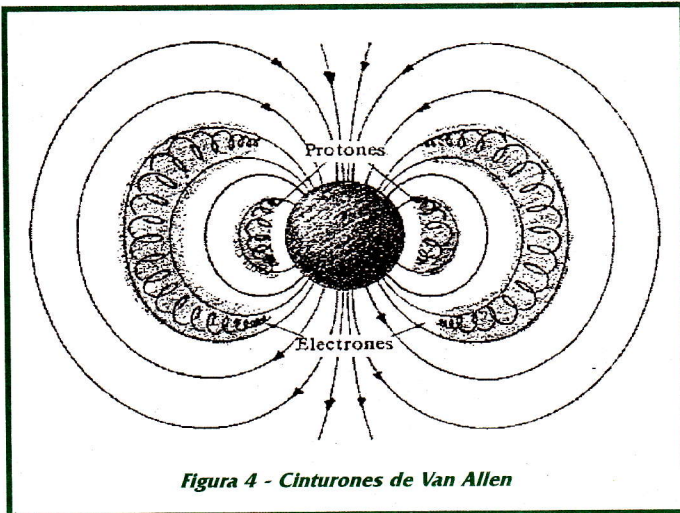
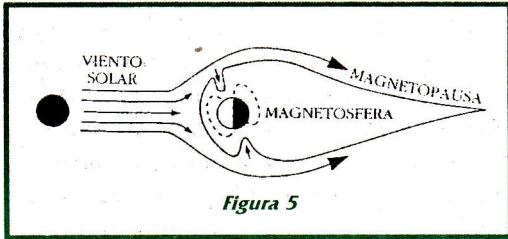


Figura 4 - Cinturones de Van Allen



portantes de la de la luz) se explica porque se trata de partículas portadoras de cargas eléctricas, protones, electrones, núcleos de Helio, iones pesados.

En la corona solar, como en el espacio interplanetario, sufren la acción de los campos magnéticos que las desvían de una trayectoria recta.

El viento solar, surge constantemente de la Corona, aún en tiempos de calma solar, como paquetes de plasma, que llevan consigo en el espacio su propio campo magnético.

Cuando llegan estos paquetes alrededor de nuestro planeta, las partículas menos energéticas no pueden penetrar en la magnetósfera, pero las más energéticas son atrapadas por el campo geomagnético y van a parar a los cinturones de Van Allen. Cuando se producen erupciones, el depósito se desborda y las partículas se “vuelcan” sobre los polos produciéndose las auroras. (Ver figura 5).

A nivel de la superficie terrestre son las estaciones científicas en los polos y/o los círculos polares, quienes se encargan del estudio de éstos fenómenos, entre sus muchas tareas de investigación.

Allí además de los equipos de procesamiento de datos, y los enlaces con los satélites y las sondas espaciales, se reciben los datos que aportan los sensores de superficie cercanos y lejanos.

Los magnetómetros ubicados en tierra, suministran información acerca de las corrientes electromagnéticas en la atmósfera superior. Si la aurora aparece, los fotómetros registran la luminosidad en diferentes longitudes de onda y en diferentes zonas del cielo.

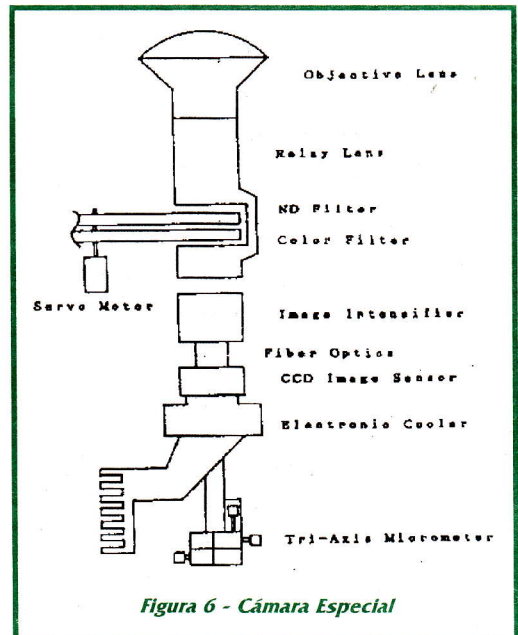
También se usan cámaras de video, para bajos niveles de luz, con lente gran angular que captan todo el firmamento. (Ver figura 6).

Con los datos obtenidos, se confeccionan los keogramas, que son gráficos fotométricos de la distribución de la aurora en tiempo y espacio, que actualmente son de uso común. Mediante el estudio de las huellas espectrales de las auroras, se intentan confeccionar modelos de transporte y acoplamiento de energía entre la magnetósfera y la ionósfera. También se realizan estudios lanzando cohetes llenos de iones de Bario, dentro de la aurora para rastrear mediante un azul verdoso, observable a simple vista, las líneas del campo magnético y los campos eléctricos que guían y aceleran las partículas cargadas.

Se suelen hacer mediciones simultáneas desde instrumentos en tierra, aviones y satélites e incluso en ambos polos.

Más adelante veremos el porque de la importancia de los estudios sobre las auroras polares.

Ahora quiero referirme a otro aspecto. La relación de bases científicas en el Polo Nor-



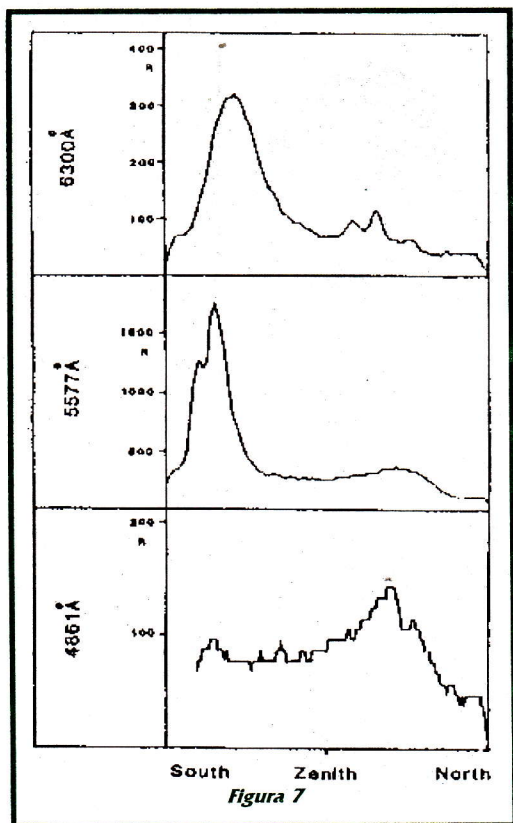


Figura 7

te, respecto al Sur es casi 2 a 1, pero los estudios sobre auroras en relación Norte-Sur posiblemente 4 a 1, de ahí la duda de mi alumno.

En el Instituto Antártico Uruguayo, se me aportó información sobre los estudios realizados en Base Belgrano (Rpa. Argentina) por varias universidades; la Estación Syowa (China), y la Base Novolzarevskaya (Rusia).

Lamentablemente no se conocen trabajos sobre el tema, realizados por científicos uruguayos.

Los estudios rusos se refieren al estudio de la magnetósfera y las interferencias en las telecomunicaciones; los trabajos de la base china se relacionan con la obtención de imágenes monocromáticas de las auroras y su análisis digital; los estudios de origen argentino, se refieren, uno al estudio digital de imágenes aurorales, otro sobre la simetría auroral Norte- Sur, otro sobre las condiciones de inicio de auroras en la Base Belgrano y por último otro sobre clasificación de auroras según su aspecto. Lamentablemente, es imposible resumir en este trabajo, dichos estudios; pero digamos que es un campo muy fértil de investigación en pleno desarrollo (Ver figuras 8 y 9).-

Tipos de Auroras

A partir de los estudios argentinos en la Antártida y otros similares en el Polo Norte, podemos decir que las auroras no son simétricas ni simultáneas en ambos polos, aunque en períodos de actividad solar importantes aparecen en ambos polos a veces separadas por intervalos de tiempo muy breves en sus inicios. (Ver figura 10).

Sus formas son cambiantes; las hay con bandas rayadas simples o múltiples semejando cortinados que ondulan, en forma de

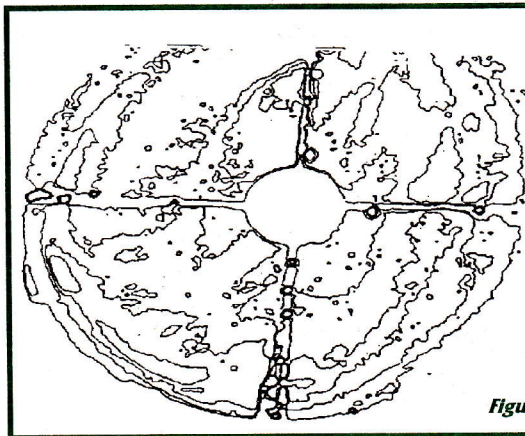


Figura 8 -

Curvas de Isodensidad obtenidas con un sistema Microvax II e Impresora Laser

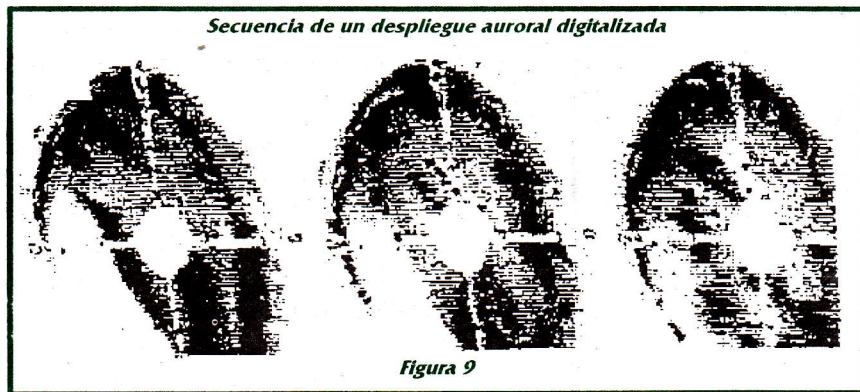
AURORA AUSTRAL

DIA 233 - HORA 04:22 TU

MATRIZ = 288X312

PIXEL = 22X22 MICRAS

LABEL 77 52 16 5 / 34 37 08 W



corona, en forma de arcos; su posición también puede variar rápidamente a veces durante horas o bien ser más estáticas, en realidad cada aurora es una sucesión de formas diferentes.

Los colores son otro capítulo, el más común es el verde pálido, se origina cuando los electrones chocan con los átomos de oxí-

geno a menos de 400 Km. De altura. Los encuentros a mayor altura con electrones de baja energía pueden también producir destellos rojos de oxígeno en los bordes su-

periores de una cortina verde. (Ver figura 11).
Hermoso espectáculo, pero que se observa desde una cabina hermética pues "afuera" la noche polar envuelve todo el paisaje en sombras permanentes y la temperatura es de 40° C bajo cero.

¿Cómo nos afectan?

Quando se producen erupciones solares, la alta energía que nos llega produce hermosas y espectaculares auroras, pero también se producen estragos en las comunicaciones radioeléctricas, los radares, las líneas de transmisión eléctrica, los cables telefónicos y los satélites, de los cuales depende cada día más la humanidad.

Ni que hablar, si por esas casualidades allá "arriba" andan astronautas de "paseo"...

Una oleada de partículas cargadas puede dejar fuera de servicio los satélites, dañar sus paneles solares y alterar las señales digitales. Al alterar las propiedades de la ionósfera desorganizan las comunicaciones de radio. Una grave falla de la electricidad en Quebec, Canadá, durante 9 horas fue atribuida a una hermosa aurora que se estaba produciendo simultáneamente; incluso, la corrosión en oleoductos de Alaska, han sido relacionados con las auroras en ese caso boreales. En la Base Belgrano II de la Antártida, la ocurrencia de auroras, en este caso australes, de cierta intensidad, bloquea el tráfico radial.

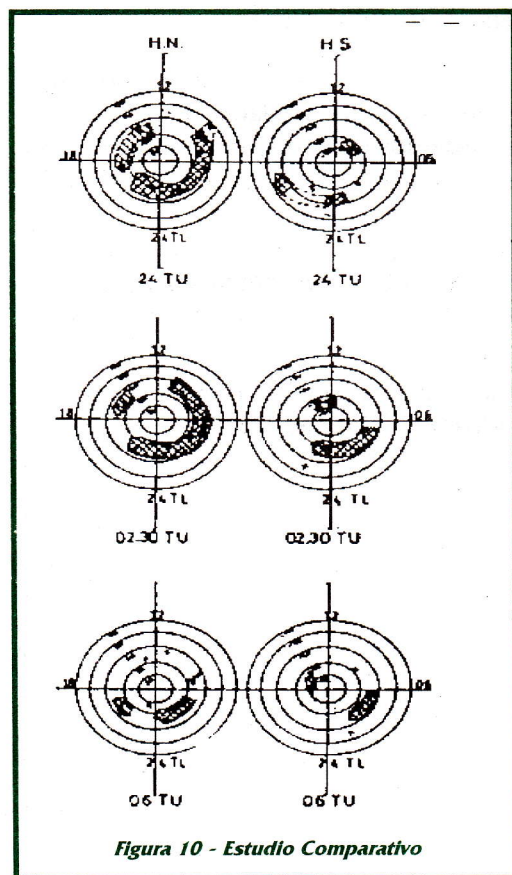




Figura 11

Predicción de Auroras

A los científicos les encantaría saber por qué las auroras son más activas unas noches que otras, aunque en términos generales sí lo saben.

Un fuerte viento solar apuntando en nuestra dirección, es condición necesaria pero no suficiente. También se necesita que el campo magnético que transporta tenga una alineación contraria a la del campo magnético terrestre que fluye desde el Sur hacia el Norte (geográficos).

Sólo entonces las partículas cargadas pueden romper la barrera magnética que las desvía. Una vez dentro las partículas se mueven a lo largo de las líneas más externas estirándolas hasta convertirlas en una cola como de un cometa.

Es allí donde son capturadas, y enviadas algunas hacia la atmósfera más abajo.

El problema es que aún no se entiende totalmente, qué genera la fina estructura y los cambios instantáneos en la actividad de las auroras.

Más aún, los expertos no logran predecir con exactitud cuándo aparecerán las luces.

Pese a décadas de sofisticados estudios y al uso cada vez mayor de alta tecnología, la predicción de las auroras sigue siendo

en parte física del plasma, meteorología de la alta atmósfera y en parte... intuición.

Esta deficiencia es un problema; poderlas predecir ayudaría como hemos visto a prevenir los daños en telecomunicaciones, satélites, etc.

La predicción del estado del tiempo espacial es uno de los programas de importante prioridad de la NASA.

Aplicaciones en el Aula

De todo lo dicho, el tema de las auroras, en mi experiencia, constituye un buen "gancho" para captar el interés de los alumnos, sobre una serie de temas vinculados al electromagnetismo, y una forma de vincular el curso teórico, con la realidad que los rodea. Por eso, muchas veces lo sugiero como trabajo especial. Solo que ahora que "el Sur también existe...", deberé aportarles alguna información de apoyo, sobre lo que al respecto "pasa allá abajo..."

Finalmente, deseando y esperando la información les sea de utilidad, quiero también expresar mi agradecimiento a la Lic. Silvia Sugo, encargada de la biblioteca del Instituto Antártico Uruguayo, quien me aportó valiosa información, sin la que no hubiera sido posible confeccionar el presente trabajo.

25 ANIVERSARIO OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

CICLO en el ANFITEATRO DEL I.P.A.

LUNES 25/6; 20:30 Hs. - Del paradigma aristotélico al copernicano.

Historia y epistemología de las Ciencias en general y de la Astronomía en particular. Prof. Luis Palacios (I.P.A.), Prof. Oscar Méndez (I.P.A., Planetario Municipal)

MIÉRCOLES 25/7; 19:00Hs. - El planeta rojo.

Exploración presente y futura, técnicas nucleares de análisis utilizadas. Dr. Jorge Servián (I.P.A.; M.E.C.), Lic. Julio Fernández (Prof. Titular del Depto. De Astronomía de la Fac. de Ciencias)

LUNES 13/8; 20:30 Hs. - La carrera espacial y sus entretelones.

La MIR: nacimiento, vida y muerte. Prof. Jaime Klaczko (I.P.A.), Prof. Andrea Sosa (Dir. del Obs. Astronómico Los Molinos, MEC)

MIÉRCOLES 5/9; 19:00Hs. - La vida: esencia y búsqueda.

Prof. Carmen Zajac (I.P.A.) MSc. Andrea Sánchez (Prof. Asistente del Depto. De Astronomía de la Fac. de Ciencias)

MIÉRCOLES 3/10; 19:00 Hs.

Radiación de cuerpo negro: un modelo astronómico casi perfecto.

Dr. Ismael Núñez (I.P.A., Prof. Adjunto del Instituto de Física de la Fac. de Ciencias), Dr. Tabaré Gallardo (Prof. Adjunto del Depto. de Astronomía de la Fac. de Ciencias)



CARAVELLE VIAJES S.A.

AGENCIA DE VIAJES, TURISMO Y OPERADOR DE TURISMO CATEGORIA 1
REGISTRO Nº 019 APROBADA POR EL MINISTERIO DE TURISMO

¡Vamos a Cuba!

II CONGRESO INTERNACIONAL EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

VII TALLER INTERNACIONAL SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Auspiciado por: MINED de CUBA - OREALC - UNESCO

Coordinador con experiencia desde Montevideo.

Financiación a través de Bonos con la Lotería Nacional. Crediviajes.

Por mayor información: Alba (707 15 68) / Nora (628 13 45)

Caravelle Viajes 900 11 77 (Laura Monzon)

WEB

Primera Recomendación:

<http://dfisica.bauru.unesp.br/docentes/fcl/expers/>

UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Câmpus de Bauru

Departamento de Física

EXPERIMENTOS DE FÍSICA

PARA O ENSINO MÉDIO E FUNDAMENTAL

COM

MATERIAIS DO DIA-A-DIA

O Selo Página Nota 10 EscolaNet busca incentivar grandes Sites da Internet que possuam material de apoio a pesquisa e trabalho escolares.

Segunda Recomendación:

<http://www.explorescience.com/>



multimedia activities find course pages join login

an interactive learning experience

"This site is one of the best we've come across for explaining scientific concepts."

Exploratorium



Explore our award winning science activities:

go to activities | get shockwave plugin (required to use activities)

► Highly interactive science activities for students and educators.

● activities by category

- Building Blocks
- Mechanics
- Wave Motion
- E & M
- Optics
- Astronomy

Mechanics

Air Track	Inclined Plane	Shoot the Monkey
Golf Range	2D Collisions	Center of Mass
Freefall Lab - Terminal Velocity	Density Lab	Floating Log
See-Saw Torque	Moment of Inertia	Force on a Wing
Simple Harmonic Motion	Two-Dimensional Harmonic Motion	Driven Harmonic Motion (1 mass)
		Driven Harmonic Motion (2 masses)

Colección de experimentos interactivos on-line. Mecánica, óptica, electricidad... pueden usarse o utilizarse como sugerencias. Se puede «bajar» LA PÁGINA ENTERA.

Tercera Recomendación:

<http://www.exploratorium.edu/>

About Us — Online Store

Programs — Visit the Museum



Sport!
SCIENCE

On-Line Features:



Una centena de «aparatos» (snacks) con instrucciones para su construcción (para profes); construcción y EXPLICACION de aparatos y cosas curiosas (para niños y padres) Exhibiciones On-line INTERACTIVAS, «Ten cool sites del mes» (excelentes), Experiencias

Cuarta Recomendación:

<http://dalton.quimica.unlp.edu.ar/pagciencia/>

Ya sabemos que la ciencia es una cosa seria, pero eso no quita que **La Página de la CIENCIA** para los chicos...y no tan chicos...  uno pueda divertirse y jugar un poco con experimentos, demostraciones y observaciones más o menos entretenidas y de paso aprender un poquito más acerca del mundo en el que vivimos. Además, la ciencia ya forma parte de nuestra cultura y entonces cuanto más sepamos, mejor. Las ideas que se presentan son adecuadas para ser desarrolladas en casa pero también pueden ser fuente de inspiración para maestros y profesores que necesiten de actividades sencillas para llevar a cabo con los alumnos

Quinta Recomendación:

<http://web.jet.es/cprsg/grupotfqmq.htm>

<http://web.jet.es/cprsg/fisqui.htm>

**FUENTES PARA LA ENSEÑANZA
DE FÍSICA Y QUÍMICA EN
INTERNET**



Física y Química

Delegación Territorial de Segovia - Dirección Provincial de Educación - Centro de Profesores y Recursos de Segovia



FUENTES PARA LA ENSEÑANZA DE FÍSICA Y QUÍMICA EN INTERNET

LA ECUACIÓN DE SCHROEDINGER-INCERTIDUMBRE

Prof. Mario Guerra - Consultor de UNESCO

Los conceptos cuánticos, implican una refundamentación completa de la Física. En esta refundamentación, se modifican algunas concepciones clásicas acerca de la Teoría de la Medida, reinterpretando este aspecto básico desde un ángulo nuevo. Asimismo, la Teoría debe elaborar un formalismo, que permita estudiar el movimiento de las partículas estén esta ligadas o libres. En este aspecto, existen puntos de contacto con "un proceder general" del pensamiento Física, ya instalado en el cuadro Clásico. Las nuevas ideas, tales como el concepto de onda-partícula, función de onda, probabilidad deben ahora tener un lugar preponderante, desplazando a otras ideas más simples e intuitivas, pero inadecuadas a cualquier escala. Supondremos en lo que sigue, que las relaciones fundamentales de de Broglie, son conocidas, por lo cual nos referiremos a ellas muy someramente.

Los fenómenos vistos en estas sesiones, desarrollados para los electrones (experimento de von Laue, el experimento de Davisson- Germer o el efecto fotoeléctrico, por ejemplo), revelan que en ciertas ocasiones, es adecuado interpretar a estos "entes" como ondas y en ocasiones como partículas. ¿Qué queremos decir con esto? Que los electrones, en ciertos fenómenos "declaran" su comportamiento ondulatorio y en otras ocasiones su aspecto "localizado". ¿Qué es el "comportamiento ondulatorio" o el "comportamiento localizado"? Para analizar brevemente estas cuestiones digamos algo acerca de las "ondas" y las "partículas".

ONDAS Y PARTICULAS

Características esenciales

Una onda, es una transmisión de energía originada en una oscilación que se transmite por un medio. Esta transmisión puede ser de cualquier tipo (temperaturas, presiones, campo,...). La esencia del fenómeno radica en que la velocidad de transmisión está relacionada con las propiedades del medio transmisor y no con la fuente que genera la oscilación de "arranque". Pero además, las ondas presentan algunos fenómenos que consideramos son característicos: la difracción por rendijas, la interferencia, la polarización,...

Hay atributos específicos de las ondas. Por ejemplo: es conveniente para ellas introducir DOS tipos diferentes de velocidad. **La velocidad de fase** (que **NO** transmite energía) y **la velocidad de grupo** (que es la velocidad con la cual **se transmite la información**). Hay una diferencia ESENCIAL entre las dos velocidades: la velocidad de fase **NO** está físicamente acotada y puede incluso ser superior a la velocidad de la luz en el vacío; la velocidad de grupo, **POR EL CONTRARIO**, está acotada por la velocidad de la luz en el medio donde viaja la onda.

¿Por qué es necesario introducir estas dos velocidades?

En general, las ondas reales **NO** son estrictamente monocromáticas, sino que se logran como una superposición de ondas de una sola y distinta frecuencia. Esto tiene como consecuencia, que la relación entre la pulsación (ω) y el número de onda (k), se deben relacionar funcionalmente así: $\omega = \omega(k)$.

Se llama velocidad de fase a la relación: $v_{\text{fase}} = \omega / k$; se llama velocidad de grupo a la magnitud: $v_{\text{grupo}} = d\omega / dk$.

Un conjunto de ondas de pulsación cercana, tienen diferentes velocidades de fase, y en consecuencia la definición de una **velocidad única de fase no tiene significado**. Supongamos que la superposición de las ondas de " k " cercanos, define una "región" más o menos concentrada (un "**paquete de ondas**"). En este caso, la superposición se encuentra básicamente localizada y es posible introducir una definición adecuada para la velocidad, **que NO coincide con la velocidad de fase**. En esta superposición existe una frecuencia "central" ω^* correspondiente a un número de onda k^* . En este caso, la velocidad de grupo se calcula así: $v_{\text{grupo}} = [d\omega / dk]_{k^*}$. Más adelante volveremos sobre este asunto crucial.

Son características de los fenómenos ondulatorios: la difracción, donde son observables franjas de diversa intensidad, lo cual evidencia una “redistribución espacial de la energía”; la interferencia constructiva o destructiva; la polarización como ocurre en el fenómeno de Brewster.

La descripción de una onda (en una sola dimensión, para simplificar las cosas), se realiza mediante una función que depende de variables espaciales (p.ej. la abscisa “x”) y el tiempo: $\psi = \psi(x, t)$. Esta función “ ψ ”, ajusta su significado, en cada caso concreto, al tipo de fenómeno que analizamos. Si se trata de una “onda de presión” que se transmite en un fluido, tendremos que dicha función será $p = p(x, t)$; si se trata de un campo eléctrico oscilante que viaja (como ocurre en las ondas electromagnéticas) tendremos: $E_x = E_x(x, t)$.

Supongamos que tenemos un medio **no acotado**. En este caso, una perturbación generada en una región pequeña, genera un tren de ondas que puede transmitirse y avanzar por el medio. Decimos que se tiene una “onda progresiva”.

En cambio, si el medio es **acotado**, las ondas deben reflejarse en las paredes de confinamiento, generándose (**casi siempre**) ondas reflejadas. Aquí hay un asunto conceptualmente importante.

La existencia de ondas reflejadas, depende de un concepto muy importante: **la llamada “impedancia” del extremo terminal donde se produce la reflexión. Si esta “impedancia” es adecuada, en cuyo caso se dice que la terminal está “adaptada”, no existirá “onda reflejada. Aclaremos algo más este importante aspecto.**

Generalmente, la superposición del tren de avance y el tren reflejado, genera formas diversas de “acomodamiento” de la perturbación a las condiciones de limitación del medio. Se tiene así, modos de oscilación PERMITIDOS, con una gama de frecuencias (y longitudes de onda) discreta. Decimos que en el medio se “ha instalado

una onda estacionaria”. Anteriormente dijimos que si el medio es acotado, “casi siempre” hay ondas reflejadas. Esto depende, como dijimos, de la “adaptación” o “no adaptación” de la **impedancia del terminal**, sobre el cual incide el tren de ondas, **a la impedancia del medio trasmisor que “conecta” a la terminal con el elemento generador de la perturbación.** Con un ejemplo, aclararemos esta cuestión.

Supongamos una línea de transmisión que conecta a una fuente (por ejemplo, un generador de tensión) que opera con pulsación “ ω ” conectada a una impedancia “Z” externa. Supongamos que la línea tiene una impedancia general “Z_{línea}”. Es posible demostrar, que en general, existe una onda reflejada en “Z”, que retorna hacia la fuente. El porcentaje de reflexión está determinado por el llamado “coeficiente de reflexión”, que se expresa así:

$$R = [Z - Z_{\text{línea}}] / [Z + Z_{\text{línea}}]$$

Es claro, que si las impedancias de línea y externa son iguales, NO hay reflexión. Cuando esto ocurre decimos que la línea se encuentra “adaptada a la carga Z”.

Las “partículas”, interpretadas clásicamente, presentan propiedades diferentes. Por lo pronto, están localizadas en el espacio (se les ubica con una terna de números en el espacio tridimensional); tienen una masa distribuida en una región relativamente pequeña; si analizamos la función energía, generan una distribución de energía potencial a su alrededor, pero localizan la energía cinética. Si pensamos en una ametralladora que lanza balas, los impactos en una pantalla están perfectamente localizados. **El problema es ahora: las partículas, ¿se comportan en todos los fenómenos como “partículas”?**

El experimento de von Laue, revela que si un haz de electrones atraviesa un cristal, los impactos se distribuyen ajustándose, esencialmente, con una figura de difracción muy similar a la obtenida **difractando luz por un orificio circular.** El experimento de Debye-Scherrer, revela un comportamien-

to **similar para la radiación X**, formada en este caso por "fotones".

Si deseamos mantener el criterio de que los electrones son "partículas" en el sentido clásico, no es posible explicar el comportamiento que tienen en el interior de una estructura cristalina. **Aparentemente, así como la luz necesita rendijas de cierto ancho o diámetro para revelar su naturaleza ondulatoria, los electrones requieren rendijas adecuadas para revelar ese mismo aspecto de su naturaleza.** Cuando la luz visible pasa por una rendija de ancho $1/500 \text{ mm} = 0.2 \times 10^{-2} \times 10^7 \text{ \AA} = 2 \times 10^4 \text{ \AA}$, se difracta. Este tamaño es 4 veces más grande que la longitud de onda de la radiación "verde". La conclusión general es: **para revelar el aspecto ondulatorio de la luz en la difracción es necesario disponer de una rendija del mismo orden de magnitud que la longitud de onda utilizada.** Esta condición parece respetarse para los electrones. **En consecuencia, parece razonable pensar en los electrones como "asociados de alguna manera a propiedades ondulatorias".**

EL ANALISIS DE FOURIER

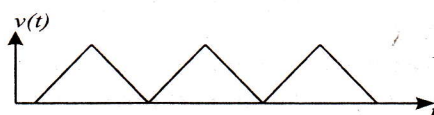
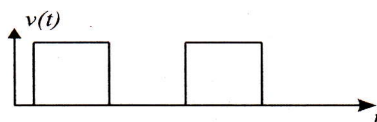
Pero hay otro aspecto esencial para lo que sigue. Cuando pensamos en una "onda", nos representamos mentalmente una "forma", generalmente sinusoidal o cosinusoidal, aunque esto no es obligatoriamente así. La característica esencial aquí, es que tiene sentido definir para esta "forma" los conceptos de "longitud de onda" (asociado a la "forma" cuando consideramos un instante de tiempo fijo y se trata entonces de una fotografía instantánea) y "frecuencia" (que describe el "rizado" que tiene la oscilación cuando nos detenemos en una abscisa fija). La primera magnitud, es la cuantía "natural", para describir **espacialmente** e instantáneamente la onda; la segunda para la descripción **temporal**.

Pero ¿qué sucede si superponemos un conjunto de ondas de **frecuencias próximas** o de **longitudes de onda próximas**? Es un hecho general, que si realizamos una superposición de este tipo, es posible modificar sustancialmente la "forma regular sinusoidal", apareciendo formas no sinusoidales. Cuando generamos un "pulso" en una cuerda, la forma que este tiene **no puede asimilarse a una onda sinusoidal**. Por lo pronto, salvo en una región pequeña, la cuerda se encuentra horizontal. **La "longitud de onda", no tiene en este caso significado.**



Un pulso que avanza por una cuerda, no tiene asociada una longitud de onda precisa.

Pero podemos pensar en formas periódicas, no sinusoidales, más generales. Un oscilador, es un dispositivo que generalmente, es capaz de sacar formas en sus terminales e salida de tipo "escalón", "triangular",...



Formas de oscilaciones no sinusoidales que tiene como salida un oscilador típico

Las funciones representadas en la figura anterior, no son sinusoidales, **pero son periódicas**. Podríamos tener también, formas con periodicidad espacial, cambiando el eje "t" por un eje "x". En una forma muy general, Jean .Baptiste Fourier, demostró **que es posible interpretar una forma periódica, como la superposición de infinitas formas sinusoidales de frecuencia pura, mediante una serie:**

$$f(t) = a_0 / 2 + \sum [a_n \cdot \sin(n\omega t) + b_n \cos(n\omega t)]$$

donde " ω " es la frecuencia de la señal propuesta y los coeficientes " a_i y b_i " se calculan a partir de la función $f(t)$. El índice " n " varía desde 1 a infinito. El hecho físico fundamental encierra **dos aspectos**:

- 1.- la cantidad de términos que se deben tomar, corresponde al número de sinusoides y cosinusoides que se deben adicionar, **para tener una aproximación prefijada a la función $f(t)$** . Si la serie converge lentamente, será necesario tomar "muchos términos"; en caso contrario "pocos términos".
- 2.- toda **forma periódica**, puede suponerse el resultado de la superposición de un conjunto adecuado de sinusoides y cosinusoides puras, con la aproximación que se desee.

El resultado anterior, presupone que la función $f(t)$ sea periódica. La pregunta que sigue es: **¿y si no es periódica?**

Este aspecto esencial, también fue resuelto por Fourier, que cambió, la serie antes mencionada, por una integral, donde " ω ", no adopta valores discretos como en el caso anterior, sino un continuo. Ahora " ω " puede tomar cualquier valor real positivo o eventualmente nulo. Fisicamente, esto significa que **cualquier forma puede ser aproximada por un espectro continuo de pulsaciones. Se trata de una superposición de pulsaciones muy próximas, definidas con continuidad en el eje real.**

En particular, una forma complicada como un "paquete de ondas", de extensión reducida, para el cual no podíamos definir una pulsación o una longitud de onda se podrá ahora representar como una "integral de Fourier".

EL CONCEPTO DE ONDA-PARTICULA

¿Cómo debemos pensar esto? ¿Se trata de una onda que lleva localizada en cierta región una partícula en forma análoga a un

corcho que es arrastrado en la cresta de una ola? **No. No es así.**

Lo que llamamos "onda-partícula" es **un concepto nuevo, sin similitudes clásicas, y sin representación clásica**. Se trata de una concepción UNITARIA, **que tiene magnitudes características de las ondas y magnitudes características de las partículas**.

Esta concepción es general para toda la materia. Louis de Broglie, fue el primero que estableció una conexión entre los parámetros característicos de una partícula (energía " E ", momentum " p ") y las características de las ondas (pulsación " ω " y número de onda " k "). Estableció con carácter general que:

$$E = (h/2\pi) \cdot \omega ; p = (h/2\pi) \cdot k$$

Cuando observamos la naturaleza, reconocemos que muchas de las cosas que nos rodean, tienen "características de partícula". Pensemos en un ómnibus de masa 10 T. Imaginemos que se mueve con velocidad de 100 km/h. Su momentum lineal es:

$$p \approx 0.25 \times 10^6 \text{ kg.m/s.}$$

Según las relaciones de de Broglie, a esta "partícula" le corresponde un número de onda: $k = 2 \cdot \pi \cdot p / h \approx 10^{40}$ (ondas/metro). La longitud de onda es, **a nuestra escala**, despreciable.

Pero, ¿qué ocurre con un electrón que viaje a velocidad $c/10 \approx 10^7$ m/s? Supongamos que no tenemos en cuenta la corrección relativista de la masa en reposo, que para un electrón tiene orden 10^{-31} kg. Entonces el momentum tiene orden 10^{-24} kg.m/s. Ahora " k " es de orden 10^{10} (ondas/metro).

Este resultado, nos dice que en nuestro ejemplo, los electrones se asocian a una longitud de onda de 10^{-10} m, que es precisamente el orden de espaciamiento que se tiene entre los átomos de un cristal típico. Es razonable entonces, que el fenómeno de difracción se registre cuando el haz de electrones atraviesa un cristal.

EL MODELO DE SCHROEDINGER

Una visión elemental

I.- Generalidades

Cuando analizamos la Física de Newton, la ecuación básica es: $F = m \cdot a$. Esta relación nos dice que, **si somos capaces de construir el miembro "F"**, aplicamos una ecuación "prefabricada" y podemos determinar **todos los atributos del movimiento de la masa puntual "m", siempre que digamos las condiciones iniciales (posición y velocidad en $t=0$)**. Una vez resuelto este aspecto, las funciones que determinan el movimiento quedan establecidas para $t > 0$, en forma unívoca. Esto es así, **porque el modelo tiene carácter determinista**. En particular, queda definida unívocamente la **"trayectoria"** de "m" para todo instante "t" posterior. Podemos esquematizar las cosas así:

Si construimos el miembro fenomenológico "F" mediante un análisis particular del problema y damos $x(0)$ y $v(0)$



Aplicamos la ecuación $F=m \cdot a$



Hallamos $a(t)$ y las demás propiedades

La idea de "construir una función adecuada", colocarla en una ecuación o conjunto de ecuaciones previamente establecido y de ellas deducir el estado de movimiento del sistema físico se ha empleado, desde Newton, en forma sistemática en modelos más elaborados desde fines del siglo XVIII (formalismo de Lagrange) y durante el siglo XIX (formalismos de Hamilton y Hamilton-Jacobi). En el primero, hay que construir una función llamada "lagrangiana"; en el segundo caso, una función llamada "hamiltoniana"; en el tercer caso una función llamada de "Hamilton-Jacobi".

En este sentido, el camino seguido por Schroedinger es análogo: hay una ecuación "prefabricada", cuya solución proporciona una función [llamada "función de onda" y que se indica generalmente como $\psi(x,y,z;t)$], que permite determinar todas las variables físicas de la partícula material, siempre que establezcamos las condiciones de la masa "m" en $t=0$.

Hasta aquí, las cosas son "parecidas". Pero a partir de este punto, las cosas son muy diferentes. ¿Por qué afirmamos esto?

II.- Contenidos esenciales

a.- La función "madre" del modelo

En primer lugar, si conocemos la función de onda en la posición inicial y el instante inicial, queda determinada la función de onda en cualquier coordenada espacial y en cualquier instante posterior. ¿Esto quiere decir que hay una trayectoria? NO. Porque la función de onda $\psi = \psi(x,y,z;t)$ **no define una trayectoria, sino la probabilidad de encontrar en el instante "t" a la partícula en el punto de coordenadas (x, y, z)** . En general, la función que encontramos es una función de las coordenadas y del tiempo. En consecuencia, la función de onda tiene en este modelo una "extensión" espacial, de manera que **no permite atribuir una posición fija, determinada, a la partícula asociada**. En general, la función de onda " ψ " es compleja. Por esta razón, en general tendremos asociada la función conjugada " ψ^* ". Esto significa que " ψ " se puede escribir así: $\psi = u + j \cdot w$

donde "u" y "w" son dos funciones reales, de variable real. La función conjugada ha de ser: $\psi^* = u - j \cdot w$

La función de onda se refiere a las "posiciones". Pero el teorema de Fourier permite construir a partir de la función de onda y, **otra función que nos dice la forma en que se distribuyen las cantidades de movimiento "p": $\psi \Rightarrow \Phi = \Phi(p)$** . Esta función es en ge-

neral, también compleja. **El conocimiento combinado de estas funciones, nos permite saber todo lo que necesitamos.**

b.- La Medida

En este aspecto, el modelo modifica sustancialmente las ideas clásicas. **No es posible mantener la idea de "medida" como un valor único.** Si las diferentes magnitudes se asocian a valores definidos en base al concepto de probabilidad, es necesario reformular la definición. **Schroedinger introduce en primer lugar, el concepto de "operador asociado a cada magnitud", para refundamentar la idea de "medida".** Simbólicamente, cada magnitud tiene un operador correspondiente, que al aplicarse a **la función de onda y a la conjugada de esta función en una operación ordenada, se logra el valor medio de la magnitud en cuestión.**

Esquemáticamente, las cosas son así:

- cada magnitud tiene asociado un operador convenientemente definido;
- el operador anterior aplicado a la función de onda obtenida de la ecuación de Schroedinger, define una función en el espacio y en el tiempo;
- la función resultante de la operación anterior, se multiplica por y^* , generándose una segunda función;
- esta última función, integrada en todo el espacio, define un valor medio, que es por definición el valor de la medida asociado a la magnitud considerada.

Magnitud "M" $\Rightarrow$ Operador "M"

$\Rightarrow \langle M \rangle \Rightarrow \int_{\text{espacio}} \psi^* (M\psi) \cdot dV$, donde "V" es el volumen donde se integra. Para poder aplicar este formalismo, es necesario definir los diferentes operadores. El modelo establece esta correspondencia:

Magnitud	Operador aplicado a ψ
x	$x \cdot \psi$
p_x	$-\frac{j(h}{2\pi}) \cdot \partial \psi / \partial x$
E	$j(h}{2\pi}) \cdot \partial \psi / \partial t$

La forma anterior, ha definido los valores medios de las medidas, a partir de la función ψ . Pero equivalentemente se puede definir, en base al teorema de Fourier, por la función $\phi(p)$ y su conjugada $\phi^*(p)$. Para ello es necesario sustituir la función de onda ψ por la función ϕ y la función ψ^* por ϕ^* . **La coherencia de estas dos descripciones requiere la existencia de relaciones de incertidumbre.**

Relaciones de Incertidumbre

El problema se puede plantear también así: si tengo una función (una magnitud física), puedo hallar de ella la correspondiente función de Fourier. **El problema es que NO es posible hacer arbitrariamente pequeñas a la vez la función y su transformada de Fourier.** Aclaremos esto: supongamos que la función de onda $\psi(x)$ es significativa en una región de amplitud Δx , como ocurre con un paquete de ondas estrecho. La función correspondiente $\Phi(p)$, define **correlativamente** una región (Δp). Lo que establece el Principio de Incertidumbre escrito en estos términos es que el producto $\Delta x \cdot \Delta p > h/2\pi$.

¿Por qué debe ser así? Para lograr un paquete limitado en el espacio de amplitud Δx , se deben superponer ondas de "k" próximos o lo que es equivalente de $(2\pi/\lambda)$ cercanos. ¿Cuántas longitudes de onda caben en Δx ? Naturalmente: $\Delta x / [2\pi/k] = k \cdot \Delta x / 2\pi$

Ahora bien: para que exista superposición es necesario que exista más de una onda, de manera que el segundo cociente debe ser necesariamente MAYOR que 1: **$k \cdot \Delta x > 2\pi$**

Si tenemos en cuenta ahora la relación de de Broglie que liga a "p" con "k", obtenemos: **$\Delta p \cdot \Delta x > h/2\pi$.**

¿QUÉ REPRESENTAN Δx Y Δp ?

Corresponde señalar que las notaciones " Δx " y " Δp ", **no corresponden en modo alguno a "errores" en el sentido que ha-**

bitualmente damos a esa notación (límite superior de error). Las relaciones de incertidumbre tienen sentido aún si las medidas se realizaran con instrumentos ideales sin errores de medición. En este análisis, **es posible suponer que los errores de medición son despreciables.** Las cuantías que figuran en la relación de Incertidumbre, son **"errores cuadráticos medios correspondientes a distribuciones estadísticas a asociadas a las funciones de distribución**

$\psi(x)$ y $\Phi(p)$. Concretamente a $|\psi(x)|^2$ y $|\Phi(p)|^2$. Las definiciones son entonces: $\Delta x = [\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2]^{1/2}$; $\Delta p = [\langle p^2 \rangle - \langle p \rangle^2]^{1/2}$

¿Qué miden entonces estas relaciones si no son "errores" e el sentido común? Miden la fluctuación estadística de las medidas realizadas alrededor de $\langle x \rangle$ y $\langle p \rangle$, que son los valores medios calculados.

La superposición de ondas para construir el "paquete" la imaginamos como una indefinición en la localización. Algo similar ocurre, si superponemos frecuencias próximas. En este caso se obtiene una relación formalmente similar para la energía y el tiempo: $\Delta E \cdot \Delta t > h/2\pi$

¿Las dos relaciones de incertidumbre tienen el mismo significado o son "equivalentes desde el punto de vista físico? **No lo son.** Cuando se miden "x" y "p", esto se realiza en un instante "t". En ese instante la función de onda es " ψ ". Cuando se miden "E" y "t" la situación es diferente porque en el intervalo " Δt ", el sistema EVOLUCIONA y en consecuencia, la función de onda NO es la misma en todos los casos.

Lo que es cierto, es que el ORDEN de magnitud es el mismo para los dos productos de incertidumbre. Esto es sencillo de ver. Consideremos una partícula que se mueve con velocidad de grupo "u". A esta partícula, le corresponde un paquete de ondas de amplitud Δx , que demora en pasar por un punto de abscisa "x" cualquiera un tiempo: $\Delta t = \Delta x/u$. El paquete de ondas transporta además una energía: $E = p^2/2m$. La incertidumbre asociada a esta energía es:

$\Delta E = E(p + \Delta p) - E(p) = (p + \Delta p)^2/2m - p^2/2m \approx (p/m) \cdot \Delta p = (u) \cdot \Delta p$. Multiplicando los dos miembros por Δt , tenemos: $\Delta E \cdot \Delta t \approx \Delta x \cdot \Delta p$

¿CÓMO OPERA UN INSTRUMENTO DE MEDICION?

Cuando realizamos una medida, utilizamos generalmente un instrumento, que para dar la respuesta **debe interactuar con el sistema y por tanto modificarlo.** Esto significa que si consideramos la magnitud "x", **antes** de interactuar con el instrumento, ella tomará el valor "x" **después** de finalizada la interacción. El estado final del sistema NO puede ser hallado con la función de onda asociada al sistema ANTES de la interacción, porque las variables se habrán modificado de un modo incontrolable para el operador. ¿Qué podemos hacer? **Podemos predecir la probabilidad de que en el estado final "x" se haya mudado al valor "x"**. El asunto no tiene otra solución, a menos que modifiquemos el modelo. La información de partida, ingresa al instrumento y este da una información de salida, **con el sistema en una condición diferente a la inicial. Esta perturbación puede ser disminuida mientras realizamos medidas macroscópicas, porque las cuantías que operan en la modificación del sistema son generalmente pequeñas a esta escala.** Por ejemplo: cuando realizamos la fotografía de un objeto que iluminamos con un "flash", la radiación de éste modifica al objeto fotografiado. Pero esta presión de radiación es suficientemente pequeña a escala macroscópica para que podamos despreciarla. **Desde el punto de vista clásico, todas las magnitudes pueden ser medidas en el mismo instante, con errores pequeños y es posible entonces precisar el estado del sistema.**

Desde el punto de vista cuántico, el problema es diferente. El asunto está entonces en la escala de medición en la cual nos movemos.

PREMIOS NOBEL DE FÍSICA

A cotinuación les brindamos una lista de los "premiados" hasta fines del siglo pasado; en posteriores ediciones iremos ampliando la información de cada año.

- 1901** - Wilhelm Röntgen (alemán; rayos X). **1920** - Charles E. Guillaume (suizo; mediciones de precisión).
- 1902** - Hendrik Lorentz y Pieter Zeeman (holandeses; influencia del magnetismo en la radiación). **1921** - Albert Einstein (alemán; efecto fotoeléctrico).
- 1903** - Henri Becquerel, Pierre y Marie Curie (franceses; radiactividad). **1922** - Niels Bohr (danés; estructura atómica y radiación).
- 1904** - Lord John W. Strutt Rayleigh (británico; densidad de los gases y argón). **1923** - Robert A. Millikan (estadounidense; carga eléctrica del electrón y efecto fotoeléctrico).
- 1905** - Phillip Lenard (alemán; rayos catódicos). **1924** - Karl Siegbahn (sueco; espectroscopía de rayos X).
- 1906** - Joseph Thomson (británico; conductividad eléctrica por gases). **1925** - James Franck y Gustav Hertz (alemanes; efecto de las colisiones de electrones sobre los átomos).
- 1907** - Albert Michelson (estadounidense; espectroscopia y metrología). **1926** - Jean Perrin (francés; estructura discontinua de la materia y equilibrio de sedimentación).
- 1908** - Gabriel Lippmann (francés; reproducción fotográfica a color). **1927** - Arthur Compton (estadounidense; longitud de ondas en rayos X) y Charles Wilson (británico; radiación ionizada).
- 1909** - Guglielmo Marconi y Karl Braun (italiano, alemán; telegrafía). **1928** - Owen Richardson (británico; emisión de electrones de metales calientes).
- 1910** - Johannes van der Waals (holandés; modificación de la ley de los gases de Joule-Thomson). **1929** - Louis-Victor de Broglie (francés; naturaleza de los electrones).
- 1911** - Wilhelm Wien (alemán; calor y radiación). **1930** - Chandrasekhara Raman (indio; difusión de la luz).
- 1912** - Nils Dalén (sueco; regulación del alumbrado de gas). **1931** - Sin galardón.
- 1913** - Heike Kamerlingh Onnes (holandés; superconductividad). **1932** - Werner Heisenberg (alemán; principio de incertidumbre).
- 1914** - Max von Laue (alemán; difracción de los rayos X). **1933** - Erwin Schrödinger y Paul A. M. Dirac (alemán, británico; mecánica cuántica).
- 1915** - William Henry Bragg y William Lawrence Bragg (británicos; análisis de la estructura cristalina). **1934** - Sin galardón.
- 1916** - Sin galardón. **1935** - James Chadwick (británico; descubrimiento del neutrón).
- 1917** - Charles Barkla (británico; análisis de los elementos de los rayos X). **1936** - Victor F. Hess (austriaco; radiación cósmica) y Carl D. Anderson (estadounidense; positrón).
- 1918** - Max Planck (alemán; teoría cuántica). **1937** - Clinton Davisson y George Thomson (estadounidense, británico; difracción de electrones).
- 1919** - Johannes Stark (alemán; desintegración de las líneas del espectro del campo magnético).

- 1938** - Enrico Fermi (italiano; reacciones nucleares).
- 1939** - Ernest Lawrence (americano; ciclotrón).
- 1940** - No se otorgaron los premios Nobel.
- 1941** - No se otorgaron los premios Nobel.
- 1942** - No se otorgaron los premios Nobel.
- 1943** - Otto Stern (estadounidense; fuerza magnética del protón).
- 1944** - I. I. Rabi (estadounidense; medición magnética del núcleo atómico).
- 1945** - Wolfgang Pauli (austriaco; principio de exclusión).
- 1946** - P. W. Bridgman (estadounidense; alta presión).
- 1947** - Edward Appleton (británico; ionosfera).
- 1948** - Patrick Maynard Stuart Blackett (británico; radiación cósmica).
- 1949** - Hideki Yukawa (japonés; el mesón).
- 1950** - Cecil Frank Powell (británico; fotografía del núcleo atómico y mesones).
- 1951** - John Douglas Cockcroft y Ernest Walton (británico, irlandés; transmutación del núcleo atómico).
- 1952** - Edward Mills Purcell y Felix Bloch (estadounidense; medición del magnetismo nuclear).
- 1953** - Frits Zernike (holandés; microscopía por contraste de fases).
- 1954** - Max Born (británico; mecánica cuántica) y Walther Bothe (alemán; radiación cósmica).
- 1955** - Polycarp Kusch y Willis Lamb (norteamericanos; magnetismo del electrón).
- 1956** - William Shockley, Walter Brattain y John Bardeen (estadounidenses; transistor).
- 1957** - Tsung-dao Lee y Chen Ning Yang (chinos; no conservación de la igualdad).
- 1958** - Pavel A. Cherenkov, Ilya M. Frank e Igor E. Tamm (soviéticos; radiación cósmica).
- 1959** - Emilio Segré y Owen Chamberlain (estadounidenses; antiprotón).
- 1960** - Donald A. Glaser (estadounidense; cámara burbuja).
- 1961** - Robert Hofstadter (estadounidense; estructura de protones y neutrones) y Rudolf L. Mössbauer (alemán; radiación gamma).
- 1962** - Liev D. Landau (soviético; condensación de la materia).
- 1963** - Eugene P. Wigner, Maria Goeppert Mayer y Johannes Hans D. Jensen (estadounidenses, alemán; estructura nuclear).
- 1964** - Charles H. Townes, Nikolái G. Basov y Alexandr M. Projorov (estadounidense, soviéticos; láser).
- 1965** - Julian S. Schwinger, Richard P. Feynman y Shinichir Tomonaga (estadounidenses, japones).
- 1966** - Alfred Kastler (francés; energía atómica).
- 1967** - Hans A. Bethe (estadounidense; producción de energía de las estrellas).
- 1968** - Luis W. Álvarez (estadounidense; física de partículas).
- 1969** - Murray Gell-Mann (estadounidense; quark).
- 1970** - Hannes O. G. Alfvén (sueco; plasma) y Louis Néel (francés; ferrimagnetismo).
- 1971** - Dennis Gabor (británico; holografía).
- 1972** - John Bardeen, Leon N. Cooper y John R. Schrieffer (estadounidenses; superconductividad).
- 1973** - Leo Esaki, Ivar Giaever y Brian D. Josephson (japones, estadounidense, británico; electrónica).
- 1974** - Antony Hewish y Martin Ryle (británicos; radioastronomía).
- 1975** - Aage N. Bohr, Ben R. Mottelson y James Rainwater (danés, estadounidenses; núcleo asimétrico).

- 1976** - Burton Richter y Samuel C.C. Ting (estadounidenses; partícula subatómica J/ψ).
- 1977** - Philip W. Anderson, John H. Van Vleck y Nevill F. Mott (estadounidenses, británico; sistemas magnéticos).
- 1978** - Arno A. Penzias, Robert W. Wilson y Piotr Leonídovich Kapitsa (estadounidenses, soviético; microondas).
- 1979** - Steven Weinberg, Sheldon L. Glashow y Abdus Salam (estadounidenses, pakistaní; teoría unificada de campos).
- 1980** - James W. Cronin y Val L. Fitch (estadounidenses; deterioro del kaón neutro).
- 1981** - Nicolaas Bloembergen, Arthur Leonard Schawlow y Kai Siegbahn (estadounidenses, suizo; láser).
- 1982** - Kenneth G. Wilson (estadounidense; transiciones físicas).
- 1983** - Subrahmanyam Chandrasekhar y William A. Fowler (estadounidenses; evolución de las estrellas).
- 1984** - Carlo Rubbia y Simon Van der Meer (italiano, holandés; partículas subatómicas).
- 1985** - Klaus Von Klitzing (alemán; efecto Hall).
- 1986** - Gerd Binnig, E. Ruska y Heinrich Rohrer (alemanes, suizo; microscopio).
- 1987** - K. Alex Müller y J. Georg Bednorg (alemán, suizo; superconductividad).
- 1988** - Leon Max Lederman, Melvin Schwartz y Jack Steinberger (estadounidenses; partículas elementales).
- 1989** - Hans G. Dehmelt y Wolfgang Paul (estadounidense, alemán; partículas subatómicas) y Norman F. Ramsey (estadounidense; reloj atómico).
- 1990** - Richard E. Taylor, Jerome I. Friedman y Henry W. Kendall (canadiense, estadounidense; confirmación de los quarks).
- 1991** - Pierre Gilles de Gennes (francés; cristales líquidos).
- 1992** - George Charpak (francés; detector de partículas).
- 1993** - Russell A. Hulse y Joseph H. Taylor (estadounidenses; estrellas ultradensas).
- 1994** - Clifford G. Shull y Bertram N. Brockhouse (estadounidense, canadiense; estructura atómica).
- 1995** - Frederick Reines y Martin Perl (estadounidenses; partículas elementales).
- 1996** - David M. Lee, Douglas D. Osheroff y Robert C. Richardson (estadounidenses; superfluidez en helio-3).
- 1997** - Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji y William D. Phillips (estadounidense, algerio; interacción átomo-láser).
- 1998** - Robert B. Laughlin, Horst L. Stormer y Daniel C. Tsui (estadounidense, alemán, chino; fluido cuántico).
- 1999** - Gerardus 'T Hooft y Martinus J. G. Veltman (holandeses; estructura cuántica).
- 2000** - Zhores I. Alferov, Herbet Kroemer (soviético, alemán; semiconductores) y Jack St. Clair Kilby (estadounidense; circuito integrado).

EDUCACIÓN en FÍSICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay
Volumen 6 Número 4

Agosto, 2001

S u m a r i o

CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN

CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOSpág. 2

EL INFRARROJO TÉRMICO EN PERCEPCIÓN REMOTA

Roberto Richardson Varaspág. 3

FÍSICA DEL HUMORpág. 8

LABORATORIO: ¿QUÉ HAY DE NUEVO?

SENSOR DE POSICIÓN ANGULAR

Alejandro Villamil, Gustavo Castro,
Ernestina Sánchez, Rosario Suárezpág. 9

ESPACIO DE A.P.F.U.pág. 12

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSASpág. 14

EXPERIMENTOS DE BAJO COSTO

Jürgen St. Morgensternpág. 17

AURORAS POLARES

Pablo Garateguypág. 25

WEBpág. 33

LA ECUACIÓN DE SCHROEDINGER - INCERTIDUMBRE

Mario Guerrapág. 35

PREMIOS NOBEL DE FÍSICApág. 42