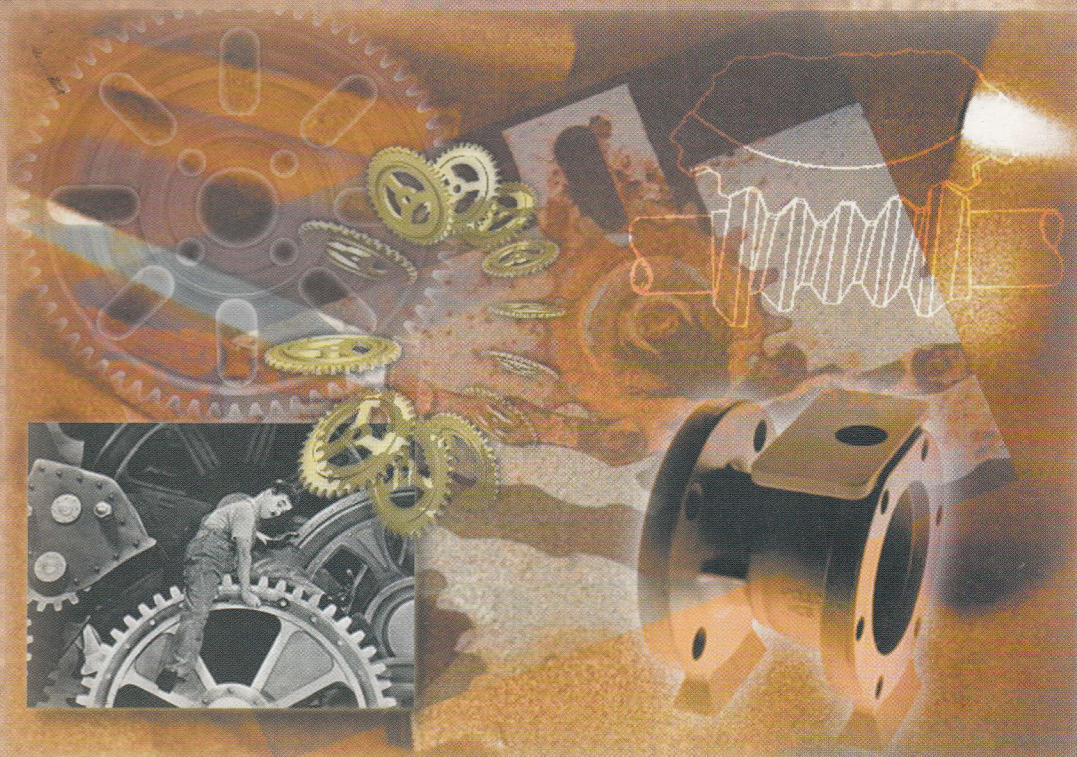


EDUCACIÓN en FÍSICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay



Volumen 6 Número 1

Mayo, 2000

Asociación de
Profesores
de Física



del Uruguay

EDUCACIÓN EN FÍSICA

Volumen 6 N° 1

Mayo de 2000

Depósito Legal:
299222 / 00

Redactor Responsable:

Sandry Ramírez

Consultores de Redacción:

Mario Guerra

Anna María Cossio

Gustavo Carbonell

Colaboraron en este número:

Ana Piccinino

Adriana Echarte

Maylú Tourn

Adriana Machado

Sebastián Rodríguez

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

Ernestina Sánchez

Marcelo Berruti

Gustavo González

Claudia Varaksa

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:

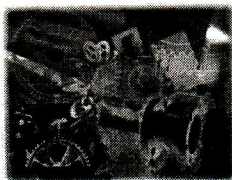
Ediciones IDEAS

Mercedes 1786

11200 Montevideo-Uruguay

Telefax. 408 69 85

E-mail: edideas@adinet.com.uy



Portada: (Composición)
Sebastián Rodríguez

EDITORIAL

Estimados colegas y lectores; en este nuevo encuentro continuamos ampliando el abanico de aportes que esta publicación intenta ofrecer.

*Nos hemos dado cuenta que el mantener secciones fijas resulta un tanto difícil; y **no por falta de material**, sino porque queremos dar cabida a tantas cosas que el espacio resulta escaso; y el distribuirlo adecuadamente, no siempre resulta una tarea fácil. Pero no es una "queja", al contrario, eso nos da la pauta del avance que hemos tenido.*

La situación nos lleva a plantearles que la revista continuará apostando a la variedad, tratando de tener una selección que cubra un espectro amplio de aportes, aclarando que; si alguna sección no apareciera en alguna/s de las entregas, no implica que desapareció; y eso también vale para las secciones que hubo tiempo atrás, como por ejemplo: recomendaciones bibliográficas, resolución de problemas, etc.; y, por último, siempre tratamos que en la selección de artículos, se incluyan temas tratados en forma introductoria, temas tratados más profundamente, temas tratados desde ópticas diferentes a lo usual, entre otros, siempre tratando de cubrir una amplia gama de aspectos de nuestra materia y todo lo que con ella se relaciona, como es característica de ésta, nuestra publicación.

Seguimos contando para esta tarea, con la colaboración de muchos docentes y estudiantes, que no hemos mencionado porque ellos así lo piden, pero que realizan una tarea fundamental y a los cuales debemos buena parte de ésta y anteriores ediciones. Muchas gracias a ellos; y a los demás los invitamos a que se arrimen; una llamada telefónica, un traslado de material, una corrección, una recomendación web, una traducción y tantos etc., pueden ser fundamentales para el cumplimiento de los plazos que nos proponemos.

Estamos seguros que muchos pueden aportar su granito de arena y que sin duda lo harán.

El año "arrancó" bien; ánimo y adelante que pronto nos veremos en el X Encuentro Nacional, V Internacional de nuestra A.P.F.U..

La Redacción

CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN

Bueno, esta vez no aparece nada sobre el tan mentado gato (excepto en la sección de humor), pero eso no le quita el interés por lo demás. Dejando de lado la “chanza”, si debemos destacar algunos aspectos de la presente; se da inicio a una serie de artículos sobre el tema Caos, que ya apareciera desde cierta óptica en otra edición; se inicia una serie de artículos sobre clases dictadas en un curso de actualización para profesores, esta vez sobre el tema “escala”, una sugerencia sobre el tema proyectos de primero B.D., resumen de un taller dado

en Mercedes en setiembre, que promete ampliarse en detalles si los lectores lo solicitan; una serie de artículos que constituirán un curso para Ayudantes Preparadores, que se irá armando entre artículos y en la sección “Soluciones prácticas”; y la continuación del tema Láser y sus aplicaciones. Como siempre, les solicitamos envíen sus aportes, recordándoles que no importa si es sencillo o no, pues, nuestra pretensión, como lo hemos remarcado antes, es llegar a todos, a los que se inician y a los que ya tienen “un tiempo” en “esto” de la Física.

CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOS

Pueden ser enviadas 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:

Para artículos de revistas: apellido del autor(es), año, título del artículo en comillas, título completo de la revista, volumen, número y páginas.

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

(Correo o e-mail)

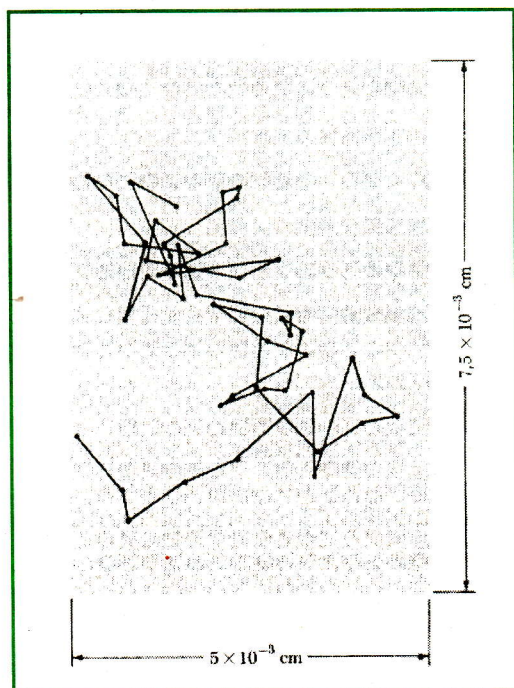
MOVIMIENTO BROWNIANO

(¿SEGUIMOS ORDENANDO ENTROPÍA?)

En el año 1827 un botánico inglés de nombre Robert Brown (1773-1858) observó por primera vez el hecho de que partículas muy pequeñas de polen en suspensión en un fluido, al ser observadas en un microscopio, presentaban un estado de movimiento constante que en primera instancia no respondía a ninguna ley preestudiada. En la figura 1 puede verse una imagen de la trayectoria de una de esas pequeñas partículas. Tenga en cuenta que lo que la figura representa es la proyección de un movimiento tridimensional sobre el plano del campo del microscopio. Las líneas unen posiciones sucesivas de una partícula a intervalos de 30s cuyo tamaño ronda unos 10-6m de diámetro.

Las características de este movimiento observado se pueden resumir como sigue:

- a) El movimiento observado es independiente del tiempo
- b) Es independiente de las características del fluido



Gustavo Carbonell (I.P.A.)
carbonell@fastlink.com.uy

- c) El movimiento es aleatorio
- d) Partículas de menores dimensiones presentan una movilidad mayor
- e) El movimiento depende de la temperatura. Si ésta aumenta, el movimiento también lo hace
- f) Líquidos más viscosos disminuyen la magnitud del movimiento

Es recién en el año 1905 que Einstein demostró que lo observado por Brown 78 años antes era una prueba concluyente de la existencia de las moléculas. Tal vez nos llame la atención el tiempo transcurrido entre observación del fenómeno e intento de explicación. A esta altura de los conocimientos es bastante obvio que una pequeña partícula suspendida en el seno de un fluido líquido o gas experimente movimiento browniano por la acción de las moléculas que lo componen. Pero en 1905 la visión «atómica» de la materia no tenía ni el peso ni la evidencia experimental que actualmente goza. Estas configuraban en dichos años una visión hipotética y conveniente para modelizar la materia. Einstein pensaba realísticamente que esa estructura íntima de la materia se tenía que necesariamente manifestarse de alguna manera. Por medio de la estadística de Maxwell-Boltzmann, que se había ya aplicado con todo éxito para explicar el comportamiento experimental de los gases, puso de manifiesto la posibilidad teórica del movimiento browniano sin tener por ese entonces noticias de su existencia. Él tuvo la intuición física de la existencia de ese tipo de movimiento aunque de hecho desconocía las observaciones de Brown.

La intención del presente artículo es reproducir de la forma más sencilla posible el

proceso de razonamiento de Einstein del movimiento browniano y de paso mencionar algunos otros campos donde el modelo de explicación se utiliza para mejorar la comprensión de algunos fenómenos no directamente relacionados. Me refiero al modelo matemático que naturalmente se desarrolla a partir de la explicación de Einstein.

Ecuación del Movimiento Browniano

La investigación de Einstein sobre la explicación molecular del movimiento tiene dos aspectos diferentes y complementarios

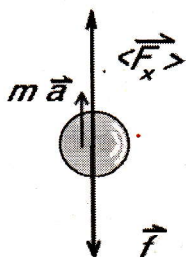
- La deducción matemática de la ecuación del movimiento de la partícula.
- El argumento físico que vincula la difusión de la partícula con otras magnitudes

i) Deducción matemática:

Si imaginamos a una partícula en el seno de un fluido formado por moléculas de dimensiones bastante menores que ella, esta sufre una serie de interacciones por los impactos de las moléculas circundantes. El lapso entre un choque y el siguiente es lo suficientemente corto de modo que entre una observación y la siguiente de la posición de la partícula ocurren muchos. Esto justifica el abordaje estadístico del fenómeno.

El movimiento browniano, desde este punto de vista, se convierte en un proceso de difusión de la partícula a través del medio resultado del bombardeo al azar de las moléculas del mismo.

Analizaremos el movimiento que resulta en una dimensión cualquiera (por ejemplo la dirección del eje « x »). Como se observa en la figura 2, que representa al grano material en el fluido, éste está sometido básicamente a dos fuerzas: una



resistente al movimiento en el fluido de tipo viscoso y otra que es un promedio estadístico, en el lapso observado, de las interacciones moleculares al azar ($\langle F_x \rangle$).

Expresando el balance de fuerzas para una partícula genérica:

$$m \vec{a} = \vec{f} + \langle \vec{F}_x \rangle$$

Si tenemos en cuenta que se mueve en el sentido de la fuerza neta la igualdad anterior puede expresarse:

$$m a = -f + F_x$$

$$m a = -6\pi\eta a v + F_x$$

de donde η es el coeficiente de viscosidad, a representa el radio y v la velocidad relativa al medio. Desarrollando la ecuación anterior:

$$m \cdot d^2x/dt^2 = -6\pi\eta a \cdot dx/dt + F_x \quad (1)$$

por otro lado multiplicamos la velocidad por x :

$$x \cdot dx/dt = v \cdot x$$

derivando:

$$dv/dt \cdot x + v^2 = \frac{1}{2} \cdot (d^2x^2/dx^2)$$

$$(dv/dt) \cdot x = \frac{1}{2} \cdot (d^2x^2/dx^2) - v^2$$

multiplicando por m :

$$m \cdot x \cdot (dv/dt) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (d^2x^2/dx^2) - m \cdot v^2 \quad (2)$$

multiplicando (1) por x :

$$m \cdot x \cdot (d^2x/dt^2) = -6\pi\eta a x (dx/dt) + x \cdot F_x \quad (3)$$

igualando (2) y (3):

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot (d^2x^2/dx^2) - m \cdot v^2 = -6\pi\eta a x (dx/dt) + x \cdot F_x$$

Esta expresión representa la ecuación diferencial del movimiento de difusión de cada partícula.

Ahora bien, si consideramos los valores medios de cada término y considerando que en el lapso estudiado la partícula se mueve con velocidad térmica, o sea que su energía cinética media es la misma que la de una partícula en un gas ideal, tenemos que:

$$\langle x^2 \rangle = (k \cdot T / m) \cdot t^2$$

donde k representa la constante de Boltzmann. Se llega, luego de resolver la ecuación diferencial (el que tenga interés de ver esta parte del cálculo referirse a la bibliografía), a la siguiente expresión, si el tiempo de observación es muy grande con respecto al transcurrido entre dos choques sucesivos:

$$(k T / 3 \cdot \pi \eta a) \cdot t = d (x^2) / dt$$

Llegamos finalmente a una expresión del valor medio del desplazamiento para un intervalo de tiempo t cualquiera:

$$\overline{x^2} = (k T / 3 \pi \eta a) \cdot t$$

En el año 1910, Perrin, utilizando esta ecuación y midiendo los valores medios del desplazamiento x , la viscosidad y las dimensiones de la partícula, determinó operacionalmente el valor de k , y, por ende, el valor del número de Avogadro.

Pero el legado más importante del análisis de Einstein fue el crear un modelo de ataque de problemas en donde sistemas se difundan a merced de interacciones regidas por el azar. Por ejemplo: el tratamiento matemático del ruido electromagnético, procesos de difusión, una cabal comprensión de los procesos espontáneos vinculados al estudio termodinámico de sistemas dinámicos y una primera visión que es un antecedente lejano del análisis de los sistemas caóticos.

Más recientemente, el análisis de estos procesos ha contribuido a estudiar la dinámica de la agregación estelar, la evolución de ecosistemas y el comportamiento de las fluctuaciones de los precios del mercado.

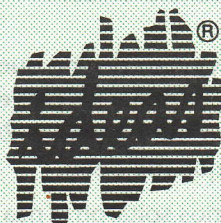
Desde 1905 a la fecha la visión del físico de la realidad ha cambiado; este hecho, le da al trabajo de Einstein una singular relevancia que no se ha apreciado en su justo valor, tal vez opacado por la propia creación posterior de este genial científico.

Bibliografía

- « Calor y movimiento » Temas 16 Investigación y Ciencias - Prensa científica SA
- « Física estadística » Curso de Física del Berkeley Vol. 5 -F. Reif - Ed. Reverté
- « Fundamentos de Física estadística y térmica » Reif Ed. Mc. Graw Hill
- « Física » Feynman Tomo 1 Ed. Fondo Educativo Latinoamericano
- « Experimento, razonamiento y creación en Física » Félix Cernuschi Monog. N(5) OEA
- « Física » Alonso y Finn Tomo 3 Ed. Addison Wesley

Agradezco a los colegas que me dejen mails en mi casilla si tienen interés en otros temas a tratar en el futuro. Espero sus sugerencias, puntos de vista y/o críticas, gracias desde ya.

EDICIONES



Mercedes 1786
11200 Montevideo

**Un proyecto editorial
con una meta muy clara:
unir esfuerzos
con autores nacionales.**

Telefax: 408 6985
E-mail: edideas@adinet.com.uy

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS

LA LEY 15.298 Y EL S.I.

La ley 15.298, publicada en el Diario Oficial el 22 de Julio de 1982, entra en vigencia el 1 de enero de 1983; y en ella se oficializa el Sistema Internacional de Unidades para el Uruguay, disponiendo su uso obligatorio en todo el territorio nacional y se crea la Dirección de Metrología Legal.

En su artículo 1 se estipula el uso obligatorio de este sistema que comprende: las unidades fundamentales, las unidades suplementarias, las unidades derivadas, sus múltiplos y submúltiplos, prefijos y símbolos del S.I., así como también aquellas unidades complementarias ajenas a dicho sistema, que por razones de uso se considera conveniente mantener en vigencia.

Las unidades básicas: longitud, el metro (m); masa, el kilogramo (Kg); tiempo, el segundo (s); intensidad de corriente eléctrica, el Ampère (A); temperatura termodinámica, el Kelvin (K); intensidad luminosa, la candela (cd); y la cantidad de materia, el mol (mol).

Las unidades suplementarias: ángulo plano, el radián (rad); y el ángulo sólido, el estereoradián (sr).

Las unidades complementarias (ajenas al S.I.): longitud, milla marina (1852 m; autorizado sólo en navegación marítima o aérea); masa, la tonelada (t - 1000 Kg), el kilate métrico (0,0002 Kg)(sólo en el comercio de diamantes y perlas preciosas), la onza troy (o.t - 0,03110348 Kg)(sólo para el comercio del oro); superficie, la hectárea (1 ha = 10^4 m²); volumen, el litro (1l ó 1L = 10^{-3} m³); trabajo y energía, el kWhora (1 kwh = $3,6 \cdot 10^5$ Joules); y velocidad, el nudo (kn) equivalente a una milla marina por hora.

En un Anexo se establece que las unidades derivadas son todas aquellas en cuya definición sólo intervienen las unidades básicas y suplementarias por medio de las

ecuaciones de definición de esas magnitudes y cuyos factores numéricos son iguales a la unidad; por ejemplo: superficie, metro cuadrado (m²); volumen, metro cúbico (m³); frecuencia, hertz (Hz); fuerza, Newton (N); presión, Pascal (Pa); trabajo, energía y calor, Joule (J); potencia, Watt (W); y carga eléctrica, Coulomb (C).

La Administración Pública y los escribanos no admitirán para su empleo o registro, documentos relativos a hechos o actos jurídicos realizados fuera del territorio nacional que tuvieran que ser ejecutados en él, cuando las unidades de medida no coincidan con las referidas en esta ley, o no se hubiera efectuado la conversión a las mismas en el propio documento. (fuente: extractado del Diario Oficial - 22/07/82)

HOLA! ...

Alexander Graham Bell había invertido sus ahorros durante la experimentación sobre el aparato telefónico. Debía tres meses de alquiler cuando pudo montar una cabina a 10 km de Nueva York, para hacer la demostración ante un grupo de hombres de negocios y así demostrar la utilidad del invento. Bell llamó a su habitación, en donde aguardaba su ayudante, Morgan.

- ¿Me oyes Morgan?
- Lo oigo perfectamente, Sr, Bell, la señora Wilson desea hablarle
- Bien, que hable.
- ¿Es usted, señor Bell, quien habla por ese agujerito?
- Yo mismo, señora Wilson. A 10 km de distancia.
- Me alegro. Quiero decirle que no dejaré que vuelva a poner los pies en mi casa hasta que no me pague los 20 dólares de alquiler que me debe.

Los empresarios soltaron la risa y se marcharon. Tuvieron que pasar unos años hasta que Bell lograra convencer a los financistas de la importancia de su invento.

LA SOLDADURA: TÉCNICA Y PRÁCTICA

Edgar Gómez

Ayudante Preparador

Laboratorio de Física del Liceo N° 1 de Flores

No puede pensarse en ningún montaje o equipo electrónico que no incluya la fase de soldadura en algún momento del proceso de fabricación del mismo. A veces surge la pregunta: ¿es estrictamente necesario soldar los terminales de los componentes para que el conjunto funcione? La respuesta puede adoptar dos vertientes distintas.

Está claro que la función primordial de la soldadura se apoya en la necesidad de «conexión» entre terminales;

¿Qué otro sistema puede utilizarse? Desde el de retorcer entre sí los conductores a conectar, tal como se hace en electrotecnia, hasta sofisticados sistemas de interconexión a presión.

Dada la tendencia a la miniaturización en todos los aspectos de la electrónica, es impensable que pudiera utilizarse el primer método mencionado. Cualquier otro sistema mecánico eléctrico a utilizar (presión, resortes, tornillos, etc.) ocupa un espacio considerablemente mayor que el del propio componente en sí. Sin embargo la soldadura tiene la innegable ventaja de que apenas ocupa espacio físico, pudiéndose utilizar con técnicas especiales incluso en el interior de circuitos integrados.

Aun suponiendo que pudiera utilizarse alguno de los sistemas mencionados ¿por qué es conveniente la soldadura? Aquí entra la segunda vertiente de la respuesta. La soldadura presenta dos ventajas claras frente a los demás métodos: una gran resistencia mecánica y una baja resistencia eléctrica de la unión formada.

El proceso de soldar consiste, por lo tanto, en unir dos conductores del tipo y forma que sean (terminales de componentes entre sí o a un circuito impreso, hilos ca-

bles, chasis metálicos, etc.) de forma que mediante la adición de un tercer material conductor, en estado líquido, por fusión a una temperatura determinada, se forme un compuesto intermetálico entre los tres conductores tal que al enfriarse y alcanzar la temperatura ambiente, se obtenga una unión rígida y permanente.

El siguiente resumen dará una idea clara de los secretos de una buena soldadura.

Precauciones

Se debe vigilar constantemente el estado de limpieza de los conductores que se pretende soldar, ya que la presencia de óxidos, grasas y cualquier otro tipo de suciedad, impide que la soldadura realizada sea de la calidad necesaria, de forma que pueda mantenerse sin ninguna degradación en el tiempo, pues a pesar de haber aplicado la temperatura necesaria, las superficies de los metales que deben ser unidos no la han alcanzado debido al efecto de aislamiento térmico de los óxidos o de la suciedad que los recubren y por lo tanto no se ha formado, o lo ha hecho de forma parcial, un compuesto intermetálico adecuado.

Las colillas deben doblarse con pinzas no muy cerca de los componentes, y ser de un largo adecuado como para que no se produzcan cortocircuitos y evitar que el componente esté bajo tensión mecánica.

Los alambres con capas de barniz deben ser raspados y estañados. Si es cable, retorcer los hilos y estañar.

Si se realiza unión entre alambres deben ser estañados, retorcidos y vueltos a estañar de manera que quede una unión electromecánica de buena calidad.

Las colillas de componentes electrónicos (resistencias, condensadores, diodos, transistores) si están limpias no requieren preparación.-

Bajo ningún concepto se deberá soldar los componentes, con tensión aplicada.

Aleación metálica

Está compuesta por la unión de dos metales, estaño y plomo, en una proporción de 60% de estaño y 40% de plomo, encontrándose en el mercado en forma de hilo con un diámetro variable. A este hilo se le conoce habitualmente con el nombre de estaño. La aleación funde a una temperatura de alrededor de 190°C . El hilo de soldar contiene además en su interior una resina que facilita mucho la operación de soldar ya que su misión es la de efectuar una última limpieza de las superficies en el mismo momento de la soldadura y protegerlas del aire ya que, si no, la alta temperatura puesta en juego acelera la oxidación de las zonas a unir y se llegaría a impedir la soldadura.

No es recomendable usar ácidos adicionales ni pastas de soldar ya que a la larga corroen y anulan los contactos.-

El soldador

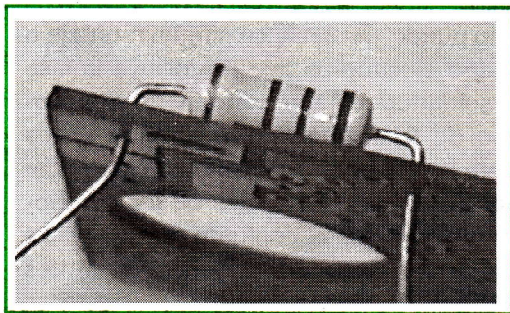
El soldador debe ser el adecuado para el tipo de soldadura a realizar. Es recomendable el tipo cautín o lápiz de 25 a 50 watts para componentes electrónicos y de 80 a 250 watts para chapas.- En ningún caso en que aparezcan componentes electrónicos es recomendable el uso de pistolas de soldar, porque el fuerte campo magnético producido puede dañar los componentes.

La punta del soldador debe estar limpia y estañada pero libre de exceso de soldadura. Si está sucia es necesario calentar el soldador y limpiar con un trapo o con un cepillo, viendo si está carcomida en cuyo caso es necesario limarla para emparejar y volverla a estañar.

Si el soldador se deja en funcionamiento cuando no se suelda la punta se ennegrece quemando el estaño y es necesario limpiar cada vez que se vaya a soldar, entonces es necesario proteger el soldador.-

Protección del soldador

Si se quiere mantener caliente el soldador sin que la punta llegue a quemarse es necesario que esté a una temperatura más

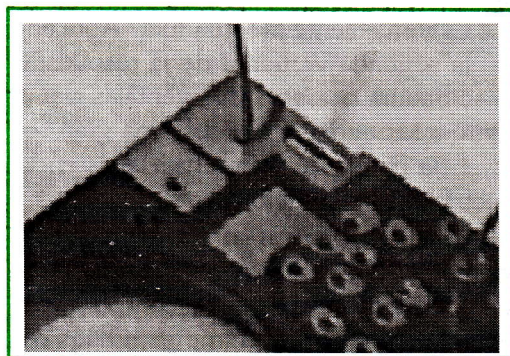


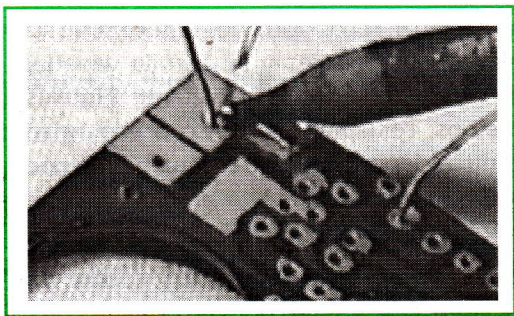
baja que la de trabajo para lo cual es conveniente intercalar un rectificador de media onda en la línea (silicón) o preparar un circuito de tal manera que cuando no se esté soldando, se intercale una lámpara o resistencia eléctrica.

En todos los casos es conveniente que el soldador este sobre un buen disipador térmico

Técnica

Se recomienda que con el objeto de conseguir la suficiente habilidad, se comience por realizar las soldaduras en los puntos no situados en un circuito impreso, tales como terminales de interconexión, de potenciómetros, conectores etc. Cuando se trabaje sobre circuitos impresos, debe hacerse lo suficientemente rápido para no levantar el impreso por exceso de temperatura.



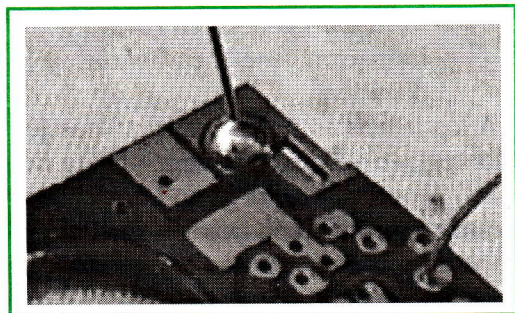


Para realizar la soldadura, se aplicará calor con la punta del soldador a las dos superficies en contacto y a continuación se aproximará el hilo de soldar hasta entrar en contacto con la zona ya caliente; el estaño se fundirá y fluirá por toda la zona gracias a la resina incorporada a la aleación.

La aportación de estaño será la suficiente para cubrir toda la zona a soldar, dejando entrever las formas de los conductores soldados, lo cual es señal de buen «mojado» de las superficies. A continuación se saca el estaño y luego el soldador, dejando enfriar y procurando no mover en absoluto la zona soldada hasta que se solidifique lo cual se puede ayudar soplando y acelerando así el proceso.

Todo el proceso debe ser rápido como para no recalentar los componentes y a la vez poder fundir el estaño.

La superficie de soldadura debe quedar lisa y brillante; si no moja alguno de los componentes, es que estaba sucio o no fue calentado lo suficiente.



Siempre se debe evitar el exceso de soldadura, especialmente en circuitos impresos, pues se pueden producir cortocircuitos pero la falta de estaño puede provocar fallas al poco tiempo.

Si la soldadura tiene aspecto opaco y al calentarla forma una costra que flota sobre el líquido es posible que haya sido sobrecalentada.

Muy importante

Para no destruir componentes electrónicos se debe interponer entre ellos y el soldador un disipador de calor (pinza, brucela, pinza de cejas etc.) y emplear un soldador bien caliente para que la soldadura sea rápida.

Al soldar en circuitos impresos se debe tener mucho cuidado pues si se calientan demasiado, se puede desprender el impreso del pertinac.-

Si la soldadura no se realizó correctamente es un error repasarla pues se sobrecalientan los elementos, con el consiguiente riesgo de deterioro.- Al soldar en chapas galvanizadas o de acero inoxidable es necesario ayudarse con alguna solución acidulada como puede ser de ácido fosfórico o Ironfos, tratando de limpiar las superficies luego de soldadas. Para soldar en la chapa se usa un soldador de suficiente potencia haciendo un movimiento de giro de tal manera que se caliente bien la chapa; se le coloca el estaño, luego el conductor, si es necesario se agrega más estaño, prosiguiendo de igual manera que en los otros casos.

Tomado de libros técnicos y divulgado con el fin de que los Ayudantes Preparadores y profesores puedan hacer armados de circuitos y recuperar material de Laboratorios

ESPACIO DE A.P.F.U.



V EIEF

V Encuentro Internacional de Educación en Física

X Encuentro Nacional de Profesores de Física

**Punta del Este
Maldonado, Uruguay
17 al 21 de setiembre de 2000**

Objetivos:

- Propiciar la formación permanente del docente en todos sus aspectos.
- Fomentar la comunicación y la integración de los profesores de Física a nivel nacional e internacional.
- Apoyar el intercambio de experiencias en el aula.
- Difundir la tecnología generada por la Física.
- Promover el conocimiento de la ciudad que nos recibe, su cultura y su gente.

El lugar:

La ciudad de Maldonado, unida a Punta del Este, es un centro turístico de nivel in-

ternacional, reconocida por la belleza de sus playas, sus paisajes y su amplia variedad de oferta de servicios al visitante. Hoteles, casinos, restaurantes, turismo ecológico, centros deportivos y de esparcimiento nocturno.

Está ubicada 140 km al este de Montevideo, sobre la costa Atlántica, y cuenta con fáciles accesos, tanto por vía terrestre como marítima y aérea.

Presentación de trabajos:

Se podrán presentar trabajos en las siguientes modalidades:

TALLERES:

Duración: 16 hs, 8 módulos de 2 hs.

Requisitos para la presentación de Talleres:

- Nombre/s y currículum del/los talleristas
- Título del taller.
- Breve sinopsis (abstract) entre 150 y 200 palabras para la difusión del taller.
- Resumen del taller de entre 5 y 10 carillas para el comité académico y memorias del evento.
- Material requerido para la realización del taller.
- Metodología de trabajo; explicar si será expositivo, si los participantes realizarán experiencias, etc.
- Cupo máximo de participantes
- Objetivos del taller:
 - aplicación directa a cursos de ciclo básico (12-15 años)
 - aplicación directa a cursos de 2º ciclo (15-18 años)
 - formación general en Física
 - formación general en ciencias de la educación

A los talleristas se les costearán pasajes Montevideo - Punta del Este y Punta del Este - Montevideo, así como también alojamiento y comida en los días que dure el encuentro con un máximo de dos responsables por taller.

CONFERENCIAS:

Duración: 40 minutos + 20 de preguntas

Requisitos para la presentación de conferencias:

- Nombre y currículum del conferencista
- Título de la conferencia
- Breve sinopsis (abstract) entre 150 y 200 palabras para la difusión de la conferencia.
- Resumen de la conferencia de entre 2 y 5 carillas para el comité académico y memorias del evento.
- Material requerido para la realización de la conferencia.

A los conferencistas se les costeará pasaje Montevideo - Punta del Este y Punta del Este - Montevideo, así como también alojamiento y comida el día de la conferencia.

PONENCIAS:

Duración: 20 minutos + 10 de preguntas

Requisitos para la presentación de ponencias:

- Nombre y currículum
- Título de la ponencia
- Breve sinopsis (abstract) entre 100 y 150 palabras para la difusión de la ponencia.
- Resumen de la ponencia de entre 2 y 5 carillas para el comité académico y memorias del evento.
- Material requerido para la realización de la ponencia.
- Deberá ser participante del encuentro habiéndose inscripto oportunamente en el mismo.

A los participantes - ponentes se les hará un descuento del 20% del costo total del Encuentro

Plazos y pasajes:

Se recibirán los trabajos hasta el día 15 de mayo de 2000.

A los talleristas, y conferencistas extranjeros se les solicita remitir la descripción de

la documentación necesaria para gestionar en sus respectivos lugares de trabajo las licencias y / o posibles viáticos. En ningún caso se abonará el pasaje al Uruguay, pero si ustedes lo requieren podemos gestionar ante las respectivas embajadas los pasajes para su traslado a nuestro país.

**INFORMACION SOBRE
CONGRESOS INTERNACIONALES**

Instituto Superior Pedagógico «Juan Marinello»-Matanzas, Cuba.- *«III Taller de Enseñanza de la Física y la Química»*

Invita: Prof. Manuel Pino Batista-ISP, Carretera de Cidra Km 2,5 CP40 100, Matanzas, Cuba. Tel:53-52)9 2489 ; Fax: (53-52)5 3393.

Fecha: 5 al 8 de julio de 2000.

Universidad Nacional de Córdoba - *II Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*

Invitan: Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto, de Argentina y Universidad de Alcalá, España.

Fecha: 5 al 8 de setiembre de 2000. Córdoba. Argentina

Informes: Tel: 54-351- 433 2113 ; Fax: 54- 351-433 2097

E mail : adbia@com.uncor.edu

Facultad de Formación Docente en Ciencias(UNL) - Santa Fé - *V Simposio de Investigadores en Educación en Física.*

Invitan: Lic. Sonia Concarí (quien ha asistido en varias oportunidades a nuestros congresos), y Ing. Julio Gervasoni.

Fecha: 18,19 y 20 de octubre de 2000.Santa Fe, Argentina.

Informes: Sonia Concarí

Te: 0342 4 571164 int 2562

Facultad de Ingeniería Química- Fax: 0342 4533006 (ADUL)

E mail: sconcarí@fiquis.unl.edu.ar

FISICA DEL HUMOR

El principio de incertidumbre de Heisenberg: si sabes a qué velocidad estás conduciendo, entonces estás perdido.

Han vuelto a pedirle una millonada al decano de la facultad de física para hacer un experimento. —"¡Otra vez! Pero bueno, ¿por qué no podéis ser como los matemáticos, que se arreglan sólo con papel y lápiz, y una papelería? ¿O como los filósofos, que sólo necesitan papel y lápiz?"

—¿Sabes lo que es un circuito?

Es un lugar donde hay payasitos, elefantitos y caballitos.

—¿Por qué la Luna es más útil que el Sol?

—Porque de noche nos hace más falta la luz.

—¿Tú sabes por qué los físicos cuánticos no hacen el amor?

—Porque si encuentran la posición no encuentran el momento, y si encuentran el momento no encuentran la posición.

Una leyenda apócrifa sobre Gell-Mann — uno de los desarrolladores de la teoría cuántica— dice que una vez protestó una multa por saltarse un semáforo en rojo. Arguyendo que el efecto Doppler le había hecho ver la luz roja de color verde y, siendo un premio Nobel, tenía ya medio convencido al juez cuando salió un estudiante de física de entre los asistentes y le explicó las cosas de otra forma al juez, que cambió la multa de saltarse un semáforo a exceso de velocidad.

Por qué Dios jamás recibiría una cátedra en una universidad:

- 1) Sólo tiene una publicación importante.
- 2) Está escrita en hebreo.
- 3) No tiene referencias.
- 4) Hay quien duda que él fuese el autor.
- 5) Si es posible que haya creado el universo, pero no ha publicado los resultados.
- 6) Los científicos han tenido problemas para confirmar experimentalmente la creación.
- 7) Resulta complicado trabajar con él.

Pues yo no entiendo para qué nos hace falta la energía nuclear, si total, ya tenemos la electricidad...

Copiar de un artículo se llama plagio, copiar de un libro se llama tesina, y copiar de muchos libros se llama tesis doctoral.

Procurado vivo ou morto: Gato de Schrödinger.

Han inventado unas píldoras del conocimiento y ávidamente los estudiantes van corriendo a la farmacia y empiezan a atiborrarse de píldoras de Literatura, Historia, Biología... Al cabo de un rato, uno de ellos le pregunta al farmacéutico:

—Oiga, ¿y no tiene ninguna para aprender Física?

—Sí, espere un poquito...

El farmacéutico se mete en la trastienda, y al cabo de un rato aparece con algo que parece un melón.

—¿Tan grande?

—Bueno, ya sabes que la Física no es tan fácil de tragar...

—Papá, ¿me haces el problema de Física?

—No hijo, no estaría bien.

—Bueno, inténtalo de todas formas.

Dois elétrons condenados estão sentados em uma prisão.

O primeiro fala, —"O que você fez para estar aqui?"

O outro responde: —"Eu realizei uma transição proibida".

—"Aqui, gatinho, gatinho..." - Schrödinger (obs: isto não é uma citação, é uma piada, tente entender).

P: —Por que não se pode comer um elétron?

R: —Porque ele tem spin.

P: —O que um fóton disse pro outro?

R: —Eu estou cansado da sua interferência!

LOS TRABAJOS PRÁCTICOS COMO INSTRUMENTOS DE APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS CIENTÍFICOS

José Miguel Ayenza Esparza

Profesor Asociado de Didáctica de Ciencias Naturales (Física y Química)
Universidad de La Rioja (España)

Bajo la perspectiva del constructivismo, una de las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se plantean con frecuencia, con el fin de alcanzar el aprendizaje significativo en Física, es la realización de *trabajos prácticos* (Grau 1994). Los trabajos prácticos son tareas experimentales, habitualmente sencillas o básicas, que se alejan de la concepción clásica de 'experiencias de cátedra', porque se plantean en ellas todas las fases habituales del trabajo científico: planteamiento del problema, emisión de hipótesis, diseño de experiencias, realización de experimentos y recogida de datos, análisis de resultados y extracción de conclusiones.

Son una alternativa a las clásicas prácticas de laboratorio porque están concebidas desde un punto de vista diferente, coherente con el trabajo habitual en la Ciencia y con los modelos de enseñanza-aprendizaje basados en la actividad constructiva, individual y colectiva, de los alumnos. Este punto de vista coincide, en parte, con los planteamientos del aprendizaje por descubrimiento, es decir, del *inductivismo* (Gil 1986). Existen inconvenientes cuando se plantean las experiencias bajo el punto de vista de alcanzar los objetivos del descubrimiento/redescubrimiento de las leyes de la Física. No obstante, es necesario superar el inductivismo planteando los trabajos prácticos, en el contexto de las actividades de la clase, como actividades de construcción de conocimientos.

El papel de los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física

La enseñanza/aprendizaje de la Física no consiste en la simple transmisión o explicación de las leyes y fenómenos de la disciplina, con el fin de que el alumno reproduzca o repita respuestas que tenga elaboradas de antemano. Consiste en la adaptación de los conceptos científicos a su estructura del conocimiento, de modo que le permitan analizar una situación problemática y obtener conclusiones que estén de acuerdo con las leyes y las interpretaciones de la Física. En el marco de las concepciones actuales, sobre la elaboración del pensamiento, la manera en que ha de plantearse la E/A de la Física está en consonancia con ellas. Por esto, el constructivismo es un modelo emergente frente al conductismo (Gil 1983, Driver 1986).

Los alumnos conciben la Física, a menudo, como una disciplina cuyo aprendizaje consiste en memorizar leyes y conceptos (que traducen a fórmulas), que después son aplicados a la resolución de problemas (entendidos éstos como ejercicios de aplicación). Un hecho que se detecta con frecuencia es la distorsión con que perciben el cometido y fundamentos de la Física: olvidan a menudo que se trata de una ciencia sujeta a la metodología científica, y que se trata de un proceso de indagación en permanente construcción. Tampoco tienen conciencia de que sus esquemas mentales, basados en la simple observación, no están de acuerdo con las interpretaciones de la Ciencia.

Bajo el paradigma del *constructivismo*, el problema que se plantea en el aula no es sólo cómo enseñar, dado que poco se enseña porque es el alumno quien aprende, sino cómo favorecer el proceso de *cambio*

conceptual, es decir, propiciar el proceso de reestructuración y dotar al estudiante de medios que le permitan adquirir habilidades procedimentales destinadas al aprendizaje autónomo. Pero el cambio conceptual no es posible aplicando una metodología alejada de los métodos que utiliza la Ciencia. No se produce el cambio conceptual sin un cambio metodológico adecuado, coherente con la metodología científica. Para aprender Ciencia, no basta con conocer una serie de leyes y fenómenos de la disciplina. Consiste en adaptar los conceptos científicos a la estructura del conocimiento del estudiante y esto sólo se logra adquiriendo la estructura conceptual de la disciplina científica (Driver, Guesne y Tiberghien 1985, López Rupérez 1986, Gil 1986, Pozo 1987 y 1989, Oliva 1994). Si la ciencia es una actividad constructiva, y en permanente revisión, el aprendizaje de la misma consiste en una actividad en construcción, también en revisión permanente.

Se da una importancia excesiva a los conceptos y poca al aprendizaje procedimental. Además no planteamos, a menudo, la *funcionalidad del aprendizaje*. Por ejemplo, en Enseñanza Secundaria se incide demasiado en conceptos y leyes (la ley de Ohm, concepto de diferencia de potencial, fuerza electromotriz, etc.), sin abordar los modelos sobre la corriente eléctrica que los sustentan. Tampoco parece interesar cómo se conecta una bombilla a una o varias pilas, cómo están conectados los elementos de un circuito, cómo se construye un conmutador, cómo es la corriente en los diferentes elementos de un circuito, cómo efectuar la lectura de la intensidad o de la diferencia de potencial con un polímetro, etc. Los procedimientos se reducen a la resolución de ejercicios, concebidos como aplicación de fórmulas (Alonso 1994), en los que los alumnos no resuelven problemas sino que aprenden de memoria los pasos que han de seguir en la resolución. Incluso la resolución de problemas 'prácticos', lo

son de lápiz y papel y, a menudo, alejados de problemas reales que se dan en la vida cotidiana.

Un intento de ruptura con esta concepción lineal de lo que es el aprendizaje procedimental, ligado a la resolución de ejercicios y manejo de fórmulas, ha sido el aprendizaje de habilidades que tenían relación con uno de los procedimientos genuinos de las Ciencias Experimentales: la realización de experiencias de laboratorio. Por esto, casi siempre se ha planteado la realización de experiencias de laboratorio como complemento al aprendizaje conceptual y procedimental habitual del aula (Gil et al 1982, Ayensa y Rosado 1996). Pero la realización de experiencias de laboratorio en la Ciencia es una fase más de la metodología científica. Siempre va precedida del planteamiento del problema, de la emisión de hipótesis, como consecuencia de la aplicación de la metodología hipotético-deductiva, el diseño de experiencias y la realización de las mismas, el análisis de resultados y la obtención de conclusiones, que ya hemos mencionado en otras secciones de este artículo. Por eso, se presentan dos modalidades de propuestas experimentales, cada una de ellas coherente con el modelo de E/A, bajo el cual se concibe la actividad en la clase. Desde la perspectiva de la enseñanza por *transmisión-recepción*, se propone la realización de *prácticas de laboratorio clásicas*. Bajo el paradigma del *constructivismo* se propone la realización de *trabajos prácticos*.

Diferencias entre experiencias de laboratorio, en sentido clásico, y los trabajos prácticos.

Las clásicas **experiencias de laboratorio** tienen como objetivo, entre otros los siguientes:

- Buscar funcionalidades en el aprendizaje, proponiendo el manejo de dispositivos de medida utilizados en la vida

cotidiana y aparatos de laboratorio corrientes (peachímetros, balanzas, probetas, polímetros eléctricos, fuentes de alimentación, osciloscopio, microordenadores, etc.)

- Facilitar el aprendizaje conceptual de leyes, conceptos, hechos, etc., por refuerzo del estímulo en situaciones que resulten más atractivas para el alumno.
- Desarrollar destrezas o habilidades en el manejo y montaje de aparatos, y adquirir técnicas generales de laboratorio.
- Reforzar conocimientos conceptuales o procedimentales adquiridos, creando más elementos asociativos entre dichos conocimientos, de forma que permitan avanzar con mayor facilidad en la comprensión de conceptos o procedimientos de mayor complejidad.

Es habitual que la realización de prácticas de laboratorio, por parte de los alumnos, se plantee como actividades de reproducción de conocimientos ya elaborados, con la finalidad de que adquieran destrezas operacionales o técnicas generales de laboratorio, y también que se habitúen al material de laboratorio, refuercen conocimientos que se supone adquiridos con anterioridad (según la concepción del aprendizaje por asociación, que defiende el conductismo) y sirvan para hacer más comprensibles determinados aspectos 'teóricos' de la Física. En general, las experiencias de laboratorio, en la concepción clásica, suelen proponerse mediante un guión de prácticas, a modo de recetario, que el alumno sigue después de haber 'asimilado' el fundamento que se expone en el mismo guión. El guión de las clásicas prácticas suele tener las siguientes partes o epígrafes:

- Objeto de la práctica y fundamento teórico de la misma.
- Descripción del material que se va a emplear.
- Modo de operar. Se recoge la forma en que se ha de proceder, describiendo

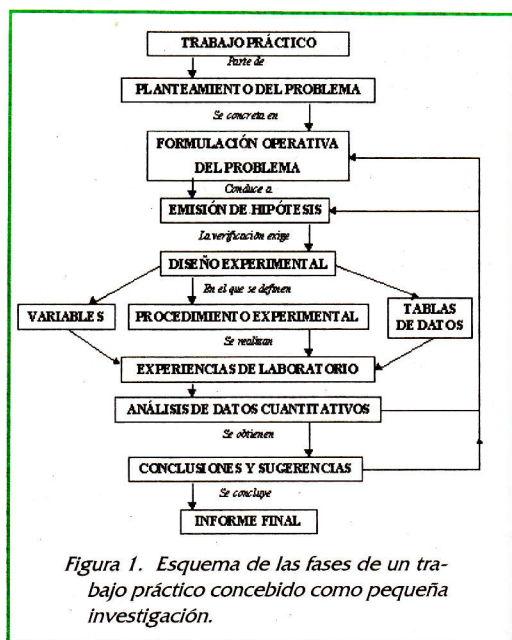
de forma pormenorizada los pasos a seguir, como en un recetario.

- Tablas de recogida de datos experimentales.
- Parte final, en la que se pide la realización de gráficas (sólo en ocasiones) y el resultado final obtenido.

Los **trabajos prácticos** son tareas experimentales **concebidas como pequeñas investigaciones**, que promueven la adquisición de procedimientos y habilidades básicas del quehacer científico, desde el planteamiento del problema hasta la obtención de conclusiones, pasando por la emisión de hipótesis, diseño de experiencias, realización de éstas, y análisis de resultados (Gil *et al* 1982, Gil 1983). Es decir, se siguen las fases habituales de la metodología científica. Permiten al alumno enfrentarse a un problema, cuya solución pasa por la emisión de hipótesis y el diseño de una estrategia experimental destinada a comprobar si se cumplen dichas hipótesis.

Los trabajos prácticos están concebidos como una situación de aprendizaje más y no tienen el objetivo prioritario del manejo de material de laboratorio o el desarrollo de habilidades, sino como una propuesta de acercamiento al trabajo científico. Por eso, se proponen dentro del contexto normal de clase, si bien las actividades de carácter propiamente experimental, se realizan en el laboratorio. No tiene sentido realizarlas en horario especial ni fuera de las demás actividades (Ayensa *et al* 1993). La figura 1 recoge en un diagrama las fases de la realización de un trabajo práctico, concebido como una pequeña investigación científica. En él se identifican casi todos los elementos y fases esenciales de la metodología de las Ciencias Experimentales (Rosado y Ayensa 1998:26, Rosado y Ayensa 1999:143).

La forma en que se lleva a cabo, y que se corresponde con las fases representadas en la figura 1, se concreta en estos puntos:



- Se plantea de un problema concreto. Esto lleva a una discusión en clase sobre el interés del mismo. Se propone a los alumnos que *formulen el problema en términos operativos*, para lo cual, a veces, es preciso utilizar la metodología hipotético-deductiva. Es decir, se propone un problema en clase y los alumnos lo hacen operativo mediante la identificación de las magnitudes físicas que intervienen y, en ocasiones, la deducción teórica de la relación existente entre ellas, de acuerdo con alguna ley física o concepto estudiado con anterioridad.
- Después se pide la *emisión de hipótesis*, sobre los factores de los que depende la magnitud física y la forma en que influirán dichos factores, con indicación de las condiciones o acotaciones en las que se cumplirá la hipótesis. Esto supone identificar la variable dependiente y los factores o variables independientes. Conviene centrarse en aquellas variables que aparecen en la formulación operativa del problema o las

que surgen durante la puesta en común. Con el fin de evitar la dispersión, la discusión en clase permite centrar el trabajo en las hipótesis que puedan ser contrastadas, y se soslayan aquellas cuya comprobación experimental se crea tan complicada que haga imposible su contrastación en un laboratorio escolar.

- Una vez *identificadas las variables independientes*, los estudiantes deben *idear o diseñar experiencias*, lo más simples que sea posible, destinadas a contrastar las hipótesis que ellos mismos han emitido. Estas experiencias han de ser realistas y realizables en condiciones de laboratorio, para lo cual es preciso indicar las condiciones en que se llevaría a cabo, el material necesario, y las medidas concretas que deben realizarse, con indicación de las magnitudes físicas cuyos datos se han de obtener o disponer. En clase se presentan los diferentes diseños elaborados por los alumnos, y se discute su operatividad e inconvenientes. En la puesta en común el profesor suele indicar qué materiales dispone el laboratorio y cuál de los diseños se adapta al material disponible.
- Cuando se han fijado las pautas necesarias para realizar las experiencias, se *elaboran las tablas de recogida de datos*. Es conveniente que los alumnos las elaboren de forma individual, dado que se adquieren hábitos positivos relacionados con el orden y la eficiencia en el trabajo. Después se procede a la puesta en común.
- Se *realizan las experiencias* de acuerdo con los diseños efectuados y con el material disponible en el laboratorio escolar. Conviene que lleven a cabo la experiencia grupos de 3 a 4 alumnos.
- Tras la recogida de datos, procederán en el aula o en casa al *análisis de resultados*. Considerarán si se cumplen las

hipótesis emitidas y efectuarán un breve análisis de las causas de imprecisión más importantes. El análisis de datos se realiza en pequeño grupo, de modo que todos aporten sus ideas sobre los datos recogidos y los problemas surgidos en las experiencias. Después se procede a la puesta en común en clase.

- Por último, tras la discusión de los grupos y la puesta en común en clase, se resumen las *conclusiones y perspectivas* de la pequeña investigación.

Un ejemplo de trabajo práctico con comentarios a las actividades propuestas en él

En la realización de trabajos prácticos se suelen emplear un guión o, mejor, un **programa-guía**, que contiene el enunciado de las actividades que se van ejecutando y cierta información que oriente a los alumnos sobre la realización de las mismas. No se trata de un guión a modo de recetario, porque los alumnos deben realizar sus aportaciones y porque se sigue una metodología análoga a la resolución de problemas como investigación, que hemos visto en la sección anterior.

Con el fin de ilustrar con ejemplos la estructura de un programa-guía, destinado a la realización de trabajos prácticos, mostramos un ejemplo destinado a alumnos de 4º de Educación Secundaria Obligatoria (alumnos de 15-16 años). Este trabajo práctico se refiere al estudio de los *factores de los que depende el empuje que sufre un cuerpo sumergido en un líquido (Principio de Arquímedes)*.

EJEMPLO DE TRABAJO PRÁCTICO: *Empuje sobre sólidos sumergidos en fluidos.*

Actividad 1

Examina detenidamente la leyenda siguiente y haz un resumen de ella. Interesa que recojas en el resumen, con brevedad, los puntos siguientes:

- El problema que se plantea.
- La experiencia que realizó Arquímedes para obtener la solución.
- La conclusión.

La leyenda de Arquímedes y la corona de Oro

Arquímedes era famoso en el siglo III a.C., por su gran sabiduría e ingenio. Por ello, el rey de Siracusa (ciudad situada en la actual Sicilia) pidió a Arquímedes que ideara la forma de determinar si la corona que acababa de recibir del orfebre era realmente de oro o era una falsificación y estaba compuesta por la mezcla de oro con otros metales, como cobre y plata. Arquímedes conocía que la plata y el cobre son más ligeros que el oro, pero no se le ocurría la forma de calcular el volumen de la corona porque ésta no tenía la forma de poliedro.

Se cuenta que, después de haber pensado en el problema multitud de veces, sin darse por vencido, se le ocurrió la solución al darse un baño, donde observó que el agua del barreño rebosaba al introducirse en él. Salió corriendo desnudo mientras gritaba: 'εὕρηκα!' ('eureka!', que significa "lo encontré").

Introdujo la corona en un recipiente con agua y midió el agua desplazada. Hizo lo mismo con un peso igual de oro puro, y observó que el agua desplazada por el oro puro era menor que el de la corona. Tenía la solución: la corona era fraudulenta.

Actividad 2

La tabla 1 contiene datos de 8 cuerpos de características diferentes A, B, C, D, E, F, G y H, que se sumergen en dos líquidos distintos según se indica.

- ¿Cuál de ellos desalojará un volumen de líquido mayor y cuál menor, cuando se sumerjan completamente los cuerpos en el líquido correspondiente?
- Si se tomaran masas iguales de cada uno de ellos y se sumergieran completa-

Cuerpo:	A	B	C	D	E	F	G	H
Material:	madera	plástico	hierro	corcho	hierro	Corcho	madera	plástico
Forma:	caja	disco	esfera	caja	cubo	esfera	disco	cubo
Vol. (l):	0'5	0'5	0'5	0'5	0'5	0'5	0'5	0'5
Masa (g):	400	510	3500	250	3500	25	400	510
Líquido:	Agua	Agua	Agua	Agua	Alcohol	Alcohol	Alcohol	Alcohol

Tabla 1. Características de diferentes cuerpos, que se sumergen en un líquido.

mente en agua, ¿cuál de ellos desalojaría mayor volumen de agua?

Actividad 3

Hemos visto que Arquímedes fue capaz de determinar si un cuerpo tiene mayor o menor densidad que otro, comprando los volúmenes que ocupan dos masas iguales de cuerpos diferentes. También es un hecho conocido que si se sumerge un sólido (totalmente o sólo una parte) parece que pierde peso. Es decir, el sólido es empujado hacia arriba. A esta fuerza se le denomina **fuerza de empuje**. Nos preguntamos si todos los cuerpos experimentan el mismo empuje.

¿Cuál es el interés de esta pregunta? ¿Tiene aplicaciones en la vida cotidiana?

Actividad 4

El problema que ha de resolverse responde a la cuestión, cuál es el valor de la fuerza de empuje que ejerce un fluido sobre un cuerpo sumergido en su interior.

Con el fin de comprender teóricamente la razón del empuje que experimenta un sólido, consideremos "una porción de fluido en equilibrio", por ejemplo, una porción cilíndrica limitada por una superficie cerrada imaginaria, como se muestra en al figura 2.

a) La porción de fluido limitada por la superficie cilíndrica imaginaria de la fig. 2 está sometida a la fuerza peso. Sin embargo, está en equilibrio. ¿Por qué?

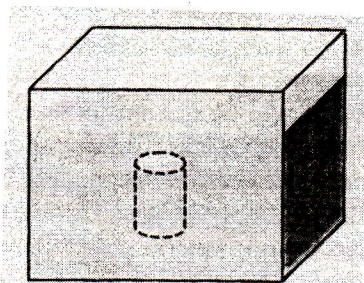


Figura 2: Superficie imaginaria que encierra cierta cantidad de fluido.

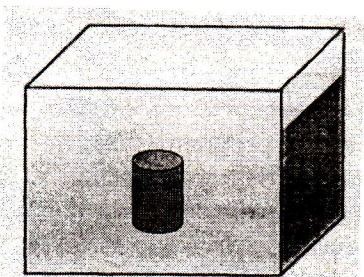


Figura 3: Sólido sumergido, de las mismas dimensiones que el fluido encerrado en la superficie imaginaria de la figura 2.

b) Imagina ahora un sólido sumergido en el líquido, de las mismas dimensiones que la porción cilíndrica del líquido que hemos considerado en el apartado (a), y que se muestra en la figura 3. ¿Qué fuerzas actúan sobre el sólido?. Haz también un cálculo de las fuerzas que actúan apoyándote en la ecuación fun-

damental de la estática de fluidos, que ya conoces. ¿Se obtiene alguna conclusión?

c) ¿Sería el mismo resultado si empleamos un líquido diferente?

d) El resultado obtenido en los apartados (a) y (b) de la actividad se comprueba experimentalmente si es o no válido. Resume aquí cuál es el problema que nos ocupa en esta pequeña investigación.

Actividad 5

Resume, a título de hipótesis, cuáles son los factores de los que depende el empuje que sufre un cuerpo sumergido en un líquido.

Identifica cuáles son las variables independientes (las que manipula el investigador) y la variable dependiente. Haz un cuadro señalando los factores que intervienen y el sentido en que lo hacen.

Actividad 6

Diseña, lo más detalladamente posible, un montaje destinado a realizar experiencias y contrastar experimentalmente las hipótesis que has emitido acerca de los factores de los que depende el empuje que sufre un cuerpo sumergido en un líquido. Especifica en cada una de las experiencias diseñadas qué variables se manipulan y cuál o cuáles se mantienen constantes, de modo que se realicen las experiencias de una forma ordenada. Especifica también qué materiales emplearías.

Actividad 7

A partir del diseño de las experiencias, que se han discutido, y conociendo los materiales que dispones en el laboratorio escolar, elabora una tabla adecuada que permita recoger todos los datos de forma ordenada, a fin de facilitar después los cálculos y el análisis de resultados.

Actividad 8

Procede a la realización de experimentos y recoge los datos en la tabla. Conviene

que se repitan ciertas medidas, con el fin de dar valores más significativos y estimar cuáles son los errores o imprecisiones en las medidas. También conviene anotar, como se hace siempre en los trabajos prácticos, cuál es el intervalo de imprecisión de los aparatos de medida.

Actividad 9

Interpreta los datos obtenidos. Con este fin, elabora sendas gráficas, en la que se recogen los datos de la variable dependiente (¿el empuje?) frente a cada uno de los factores de los que depende ésta, según las hipótesis.

A título orientativo, se menciona el tipo de análisis que debe realizarse:

- ¿Se cumplen, de forma cualitativa, las hipótesis?
- ¿Existe proporcionalidad entre la variable dependiente y la(s) independiente(s)?
- El valor del empuje, en relación con las variables estudiadas, ¿es el que esperamos, según la ecuación deducida en la actividad 4?
- Procede a resumir las conclusiones del presente trabajo práctico.

COMENTARIOS A LAS ACTIVIDADES DEL EJEMPLO

Comentario actividad 1.- Con la lectura de la leyenda se intenta interesar al alumno por el problema objeto de estudio que se plantea con este trabajo práctico: el estudio del empuje que ejercen los fluidos sobre los cuerpos sumergidos en ellos. Ha de ayudar además a comprender que el problema se plantea en forma de pregunta y que tiene interés de tipo práctico.

Comentario actividad 2.- Se propone comprobar que el alumno distingue entre las variables relevantes que intervienen en el problema, dado que es frecuente que los alumnos tengan la idea de que existe una relación entre el peso (o la masa), la sus-

tancia que lo compone o la forma del cuerpo sumergido y el volumen desplazado. Algunos suponen que la densidad del líquido influye en el volumen desplazado. Se intenta poner en evidencia la existencia de dichas *ideas alternativas* y tratar de que distingan entre las variables intervinientes y la relación que existe entre ellas.

Comentario actividad 3.- Tiene la finalidad de definir bien el problema que se plantea y resaltar cuál es el interés mismo, en relación con las aplicaciones que tiene en la vida cotidiana el hecho de que los cuerpos sumergidos experimenten empuje y qué factores influyen en el mismo.

Comentario actividad 4.- Se intenta establecer cuál es el valor de la fuerza de empuje de un líquido, a través del razonamiento aplicado a un ejemplo sencillo. Los alumnos no encuentran dificultades para reconocer que el líquido encerrado en la superficie imaginaria de la figura 2 pesa, y que, por ello, ha de haber una fuerza igual y de sentido opuesto que la contrarreste, es decir, igual a dicho peso.

En el apartado (b) se intenta también que obtengan una conclusión análoga y, además, se quiere obtener dicho valor mediante la deducción, a partir de la ecuación fundamental de la estática de fluidos. Esta deducción puede eliminarse, si los alumnos encuentran demasiadas dificultades. Depende del nivel en el que se plantee, porque es conveniente que la tarea se ajuste siempre a las posibilidades del alumno. Hay que evitar que sea el profesor quien efectúe la deducción.

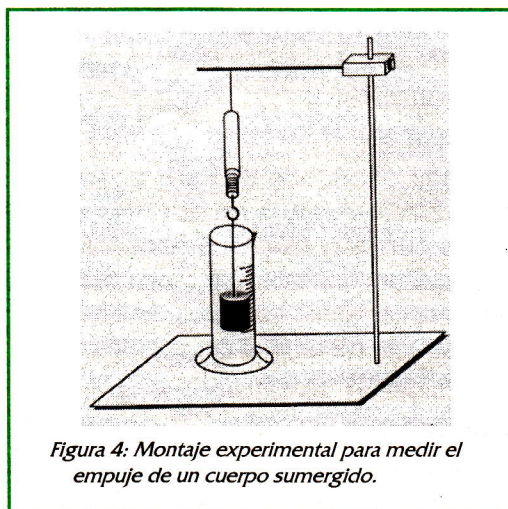
Comentario actividad 5.- La propuesta de emisión de hipótesis es fundamental en todo trabajo planteado como investigación. En la actividad anterior se ha llegado a obtener que :

Empuje = peso de líquido desplazado,
o bien,

Empuje = $\rho_l g V_s$ (donde ρ_l es la densidad del líquido y V_s el volumen sumergido).

Los alumnos suelen señalar que en el empuje influyen la densidad del líquido y el volumen sumergido, siendo la relación una proporción directa. A veces, señalan que el peso del cuerpo también influye. Este es un dato interesante, dado que puede investigarse si cuerpos del mismo volumen y diferente masa experimentan el mismo empuje en el mismo líquido (por ejemplo, en agua).

Comentario actividad 6.- El diseño de experiencias es sencillo, y el material que ha de emplearse también, dado que basta con disponer de cuerpos de diferentes volúmenes, un dispositivo para medir fuerzas o pesos y una probeta. A fin de medir el empuje, basta con obtener la diferencia entre el peso real (peso en el aire) y el peso aparente (peso del cuerpo sumergido). Si no se dispone de balanzas hidrostáticas, se realiza la medida con un dinamómetro sensible. El volumen de los cuerpos se calcula a partir de sus dimensiones, si tienen forma geométrica o, con cierta aproximación, midiendo el volumen del líquido desplazado. Un montaje sencillo se ha representado en la figura 4. En la verificación de la influencia de la densidad del líquido en el empuje, pueden emplearse tres o cuatro de los líquidos que disponemos en el laboratorio, cuyas densidades son suficiente-



mente diferentes como para medir diferencias apreciables en el empuje: agua, alcohol de quemar, glicerina y disolución concentrada de sacarosa.

Comentario actividad 7.- La actividad se refiere también al diseño de las experiencias. Conviene que los alumnos recojan en un cuadro qué medidas van a realizarse, que variable se manipula y cuáles se mantienen constantes. Por ejemplo, la tabla 2 recoge de forma resumida las variables que se manipulan, las medidas que se efectúan y las variables que se mantienen constantes.

Comentario actividad 8.- Uno de los problemas que surgen durante la realización de las experiencias es la medida correcta del volumen sumergido, cuando se emplea la probeta, porque la precisión es escasa y porque es frecuente que den errores de paralaje. Este riesgo de error se da también en la lectura de la densidad de los líquidos mediante densímetros. Si no se dispone de densímetros, se efectúa el cálculo de la densidad del líquido pesando cierto volumen del mismo, que se ha medido previamente en una probeta ligera.

Comentario actividad 9.- Una vez analizados los resultados, siguiendo los puntos que se han expresado en esta actividad, los alumnos deben finalizar el informe, que se ha ido elaborando en el cuaderno de trabajo, con un breve resumen de las

conclusiones que se derivan del trabajo práctico realizado.

Conclusiones y perspectivas

Se ha planteado, en primer lugar, la necesidad de abordar un cambio metodológico hacia procedimientos coherentes con la propia metodología de las Ciencias Experimentales y, en particular, de la Física. Entre las estrategias globales de enseñanza/aprendizaje que favorecen el cambio metodológico, se han abordado los trabajos prácticos.

Se ha comparado la realización de las prácticas de laboratorio clásicas con lo que algunos autores llaman *trabajos prácticos*, con objeto de delimitar el significado de éstos y distinguirlos de aquéllas. La intención de la propuesta de trabajos prácticos es facilitar el aprendizaje procedimental en labores propias de las Ciencias Experimentales y ofrecer una visión de tareas en las que intervienen experiencias, con el propósito de facilitar el cambio metodológico. Se ha recalcado que los trabajos prácticos se entienden como una actividad de aprendizaje más, y no como situaciones extraordinarias en las que priman los objetivos procedimentales típicos de las experiencias de laboratorio, porque están concebidos como pequeñas investigaciones. Se ha presentado un ejemplo de trabajo práctico, realizable a través de actividades agrupadas en un programa-guía, con la intención

Experiencia:	Variable dependiente	Var. Independiente	Magnitudes constantes
Relación E-V _s :	Empuje = Peso – P _{aparente} (medidas en dinamómetro)	Vol. Sumergido (Cuerpos diferente V)	Masa (cuerpos misma masa)
Relación E-ρ _l :	Empuje = Peso – P _{aparente} (medidas con dinamómetro)	Densidad líquido (varios líquidos)	Mismo cuerpo
Relación E-m:	Empuje = Peso – P _{aparente} (medidas en dinamómetro)	Masa (Cuerpos diferente m)	Volumen

Tabla 2. Tabla del diseño de experiencias para contrastar las hipótesis.

de exponer la forma en que se desarrollan dichos trabajos prácticos. Se acompaña también de comentarios, destinados a orientar a los profesores que deseen desarrollar en el aula trabajos prácticos con los alumnos.

Bibliografía

- ALONSO SÁNCHEZ, M. (1994). La Evaluación en la enseñanza de la Física como instrumento de aprendizaje. Tesis doctoral no publicada. Valencia.
- AYENSA, J. M., GUTIÉRREZ, F. A., MOLLEDO, J. Y RODRÍGUEZ, L. M., (1993) El aprendizaje cooperativo de la Física y la Química (Un proyecto para la Educación Secundaria). Zaragoza. MIRA.
- AYENSA, J. M. y ROSADO, L. (1996) "Los medios didácticos en la enseñanza de la Física en los nuevos Bachilleratos. En ROSADO y Cols. *Didáctica de la Física y sus nuevas tendencias* (Manual de 1996). Madrid. UNED. Pp89-140.
- DRIVER, R. (1988). "Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*. (2) pp 109-119.
- DRIVER, R., GUESNE, E. Y TIBERGHIE, A. (1985) Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid. Morata/MEC.
- GIL, D., (1983) "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias* 1 (1), pp 26-33
- GIL, D., (1986). "La metodología científica en la enseñanza de las Ciencias: unas relaciones controvertidas". *Enseñanza de las Ciencias* (4), 2, pp 11-121.
- GIL, D., GRIMA, J., MARTÍNEZ, J., SÁNCHEZ, A. Y SEVILLA, C. (1982). Programas-guía de trabajo para la clase activa. ICE. Universidad de Valencia.
- GRAU, R. (1994) "¿Qué es lo que hace difícil una investigación?". *Alambique* (2), pp 27-36.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1986) Cómo estudiar Física (Guía para estudiantes). Madrid. Vicens-Vives/MEC.
- OLIVA, J. M., RUIZ, A. y ROSADO, L. (1991). "Fundamentos teóricos de la psicología constructivista de la Enseñanza de las Ciencias: un punto de vista integrador". *Actas del Congreso de Didáctica de la Física*. Madrid. UNED, pp 33-60.
- POZO, J. I. (1987) Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal. Madrid. Visor Libros.
- POZO, J. I. (1989) Teorías cognitivas del aprendizaje. Madrid. Morata.
- ROSADO, L. y AYENSA, J. M. (1998). Investigar en Didáctica de la Física y materias afines. Guía práctica para profesores y doctorandos. Madrid. UNED.
- ROSADO, L. y AYENSA, J. M. (1999). Enseñanza de la Física en el nuevo Sistema Educativo. Bases didácticas y nuevos medios tecnológicos en la ESO y el Bachillerato. Madrid. UNED.

Un biólogo está experimentando sobre los efectos del alcohol.

Un día se toma diez gin-tonic y se emborracha.

A la semana siguiente se bebe diez ron con gaseosa, y nuevamente se emborracha.

En sucesivas semanas, va probando gaseosa con vodka, con whisky, con tequila ...

Al fin publica un artículo en el que afirma que lo que emborracha es la gaseosa, que es lo único que tenían todos los experimentos en común.

FOTODETECTORES

Pablo Garategui*

I.P.A. (Instituto de Profesores Artigas)

La tecnología pone a nuestra disposición una gran variedad de fotodetectores cada uno de los cuales posee ciertas propiedades y comportamiento.

Un criterio para una selección sería tomar en cuenta el mecanismo mediante el cual responden a la luz incidente.

La elección del fotodetector más adecuado evidentemente dependerá de la aplicación en que se pretende utilizarlo y de su comportamiento particular. Hoy por hoy, los detectores semiconductores son los comodines de las aplicaciones de optoelectrónica.

En esto tiene que ver el bajo precio, tamaño reducido, su resistencia al uso, consumo reducido, sensibilidad aceptable, respuesta espectral ancha, y buena velocidad de respuesta.

Y si esto fuera poco agregaremos que en nuestro medio, es posible encontrar bastantes variedades de los mismos, lo que facilita su aplicación en el laboratorio.

En particular nos referimos a los fotodiodos, fototransistores y resistencias variables con la luz.

LDR - El resistor dependiente de la luz (LDR) es el primer detector semiconductor que consideraremos. Este dispositivo consiste de una plancha de material semiconductor como el Sulfuro de Cadmio (CdS), el Seleniuro de Cadmio (CdSe), ó el Sulfuro de Plomo (PbS), con un par de contactos eléctricos en sus extremos. A medida que incide luz sobre el semiconductor, dentro de él se producen pares electrón-hueco. Suponiendo que la energía del fotón incidente sea mayor que la banda prohibida del material, entonces el fotoelectrón ganará suficiente energía para ser excitado hacia la banda de conducción. El número

incrementado de electrones en la banda de conducción, con un incremento correspondiente de huecos en la banda de valencia, produce un aumento en la conductividad y por tanto una disminución en la resistividad del material. (Ver figura 1)

Por lo general para atraer a los electrones y a los huecos a sus terminales respectivas, se aplica a través del semiconductor un potencial eléctrico en serie con un resistor de carga.

En cuanto a la respuesta espectral el LDR de CdS es sensible a la parte verde-azul del espectro, el de CdSe a todo el espectro visible y el PbS es sensible hasta el IR cercano.

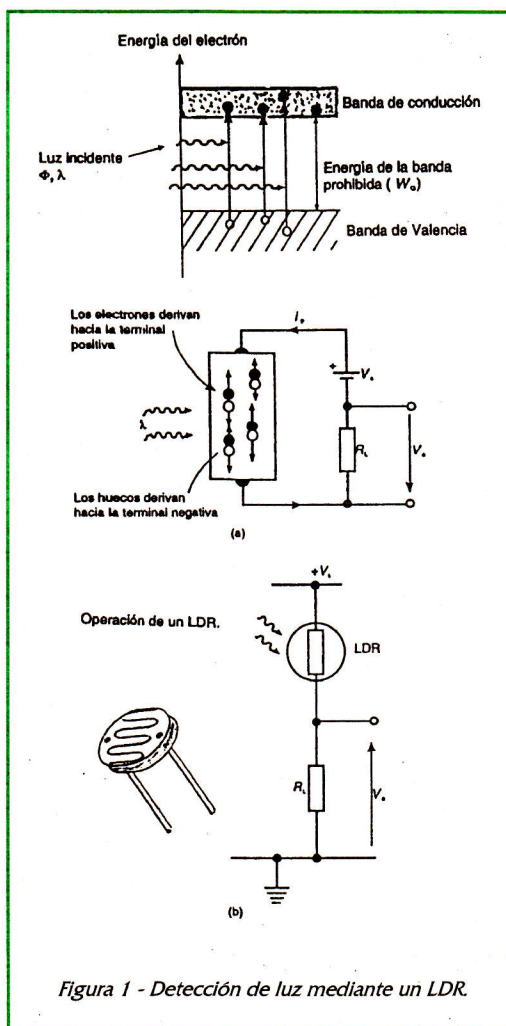


Figura 1 - Detección de luz mediante un LDR.

Fotodiodos

El fotodiodo básico de uso general no es más que un diodo pn cuya unión (juntura) está expuesta a la luz incidente. En condiciones de equilibrio, es decir sin potencial ó iluminación externa aplicadas, a través de la unión existe una barrera de potencial que da como resultado que a través del diodo no haya flujo de corriente neto.

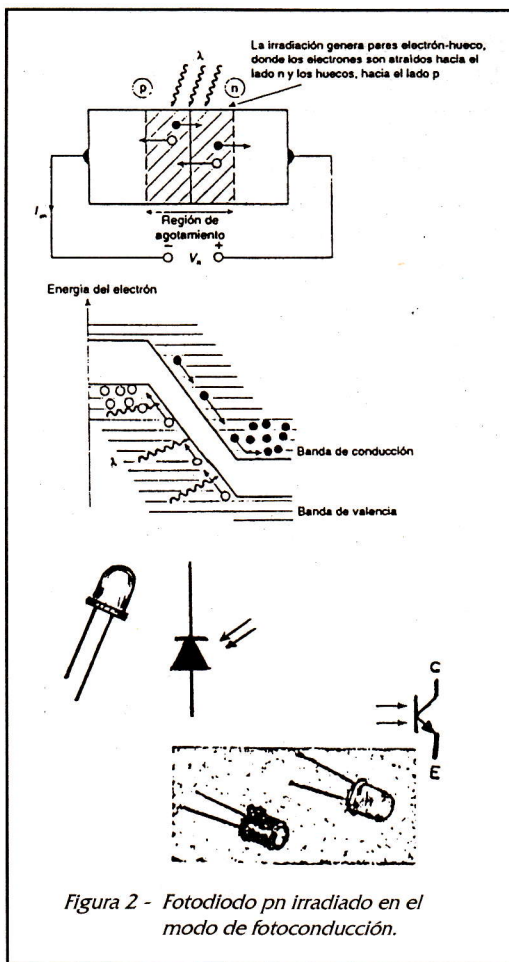
Bajo iluminación, este equilibrio es perturbado: se crean pares electrón-hueco en la región de agotamiento y son "barridos" por la diferencia de potencial a través de la unión. Los electrones son atraídos hacia la banda de conducción del tipo *n* y los huecos hacia la banda de valencia del tipo *p*. Sí bien, es posible la operación del diodo en circuito abierto (modo fotovoltaico), nos referimos a la forma más común de la aplicación, es decir con un voltaje invertido aplicado: modo fotoconductor.

Cuando una unión pn es operada bajo potencial invertido, es decir sí la terminal positiva de la batería se conecta con el lado *n*, y la terminal negativa se conecta con el lado *p*, se ensancha la barrera de potencial y el flujo de portadores mayoritarios de cualquier tipo es detenido y la única corriente que puede circular es la corriente inversa i_0 debida a portadores minoritarios generados térmicamente.

Bajo iluminación, los pares electrón-hueco fotogenerados vuelven a ser "barridos" por el campo eléctrico interno a través de la unión y constituyen una corriente inversa i_{fot} en la misma dirección que la corriente de fuga generada térmicamente (Ver fig. 2).

Ahora podemos ver el resultado: la señal de salida medida es la corriente generada por lo fotones, no la caída de voltaje a través del diodo.

Por consiguiente, se tiene una señal de salida que es una función lineal del flujo luminoso incidente. Otra ventaja es la velocidad de respuesta mucho mayor que la de



un LDR. Una desventaja, la corriente de fuga, de origen térmico (ruido) está superpuesta con la señal de salida y habrá que filtrarla posteriormente.

Todo lo expresado anteriormente lo podemos trasladar a los fototransistores pues allí el elemento sensible es una de las junturas del elemento pero los efectos son los mismo ya estudiados.

Para operación en el modo fotoconductor cualquiera de los circuitos básicos de la figura 3 darán buenos resultados, dependiendo la elección del tipo de respuesta que se desee obtener: logarítmica ó lineal. R_L debe ser lo más baja posible en comparación con la resistencia dinámica del diodo. Con un Amplificador Operacional un valor típico

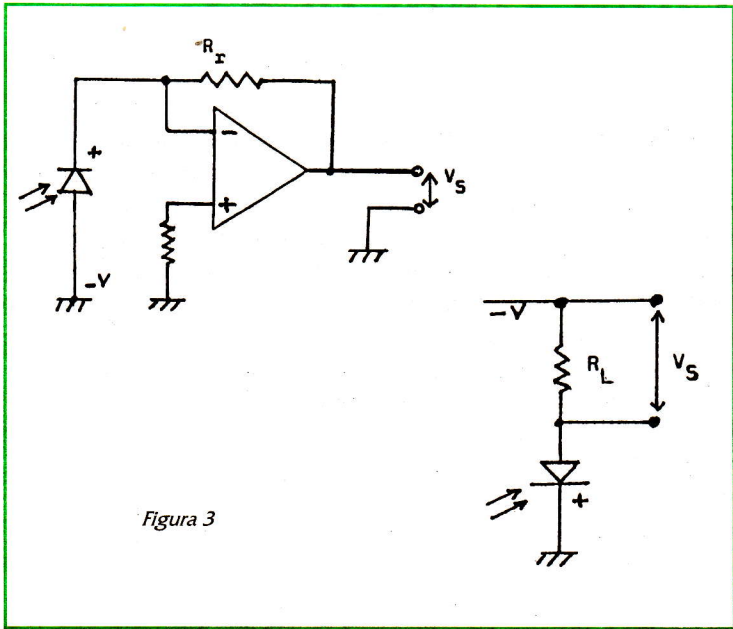
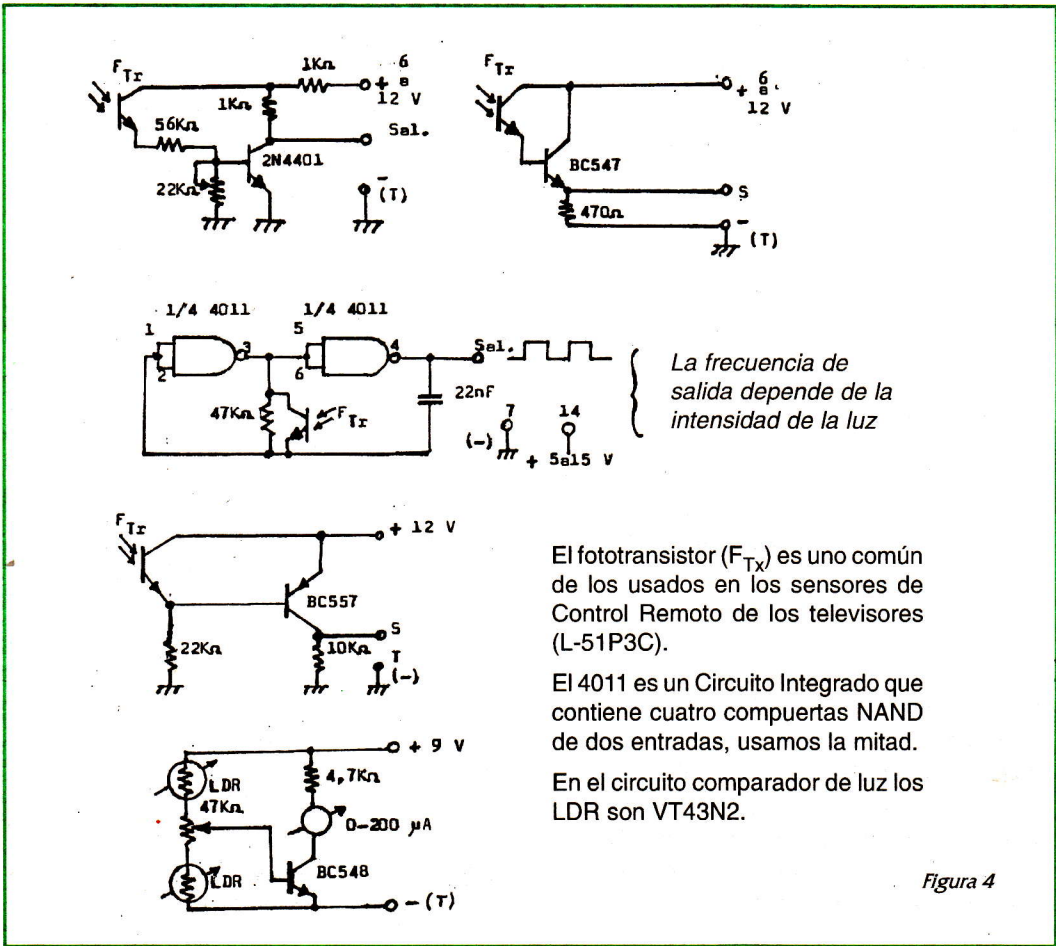


Figura 3

para la resistencia de realimentación puede ser $1\text{ M}\Omega$, aunque esto depende de la señal de salida requerida. Por último, sugerimos (fig. 4) algunos sencillos fotosensores, con materiales de fácil adquisición.

Y una última sugerencia, en el momento de la adquisición de un fotosensor, pedir la fotocopia de las características técnicas principales y la identificación de los terminales de salida.



La frecuencia de salida depende de la intensidad de la luz

El fototransistor (F_{Tx}) es uno común de los usados en los sensores de Control Remoto de los televisores (L-51P3C).

El 4011 es un Circuito Integrado que contiene cuatro compuertas NAND de dos entradas, usamos la mitad.

En el circuito comparador de luz los LDR son VT43N2.

Figura 4

SOLUCIONES PRÁCTICAS

USO DE RESINA POLIÉSTER

Las resinas POLIÉSTER se encuentran en el comercio como mezclas de resinas no saturadas y monómero.

Pueden ser rígidas o flexibles y durante la polimerización, la mezcla líquida se convierte en un sólido insoluble e infusible.-

Estas resinas pueden ser utilizadas en diversas formas como ser sin cargas, para encapsulados, moldeados, revestimientos y diversas reparaciones de laboratorio; o reforzadas con fibra de vidrio, para reponer paredes, tapas de recipientes etc.

Curado: La plipolimerización o curado de una resina poliéster no saturada se produce por la incorporación de peróxidos orgánicos (Peróxido de Metiletilcetona) y un acelerador (Octoato de Cobalto). Este sistema de curado es uno de los más usados pues cura a temperatura ambiente. Durante el curado se produce una contracción del volumen de resina de 5 al 8%.-

Preparación: Para aplicarla sin carga, se debe colocar en un recipiente que permita buena difusión de calor (producido por la reacción), las cantidades adecuadas de resina, acelerador y catalizador que permitan utilizarla en el tiempo calculado (aprox. 30 minutos). Se debe mezclar bien, primero el acelerador (color violeta) y la resina, agregando luego el catalizador y volviendo a mezclar todo cuidadosamente.-

Las cantidades que dan buen resultado son: **acelerador:** (color violeta: 0,5% por unidad de resina) y **catalizador:** (1,5% por unidad de resina).

Un sistema de curado, cuya mezcla tiene un tiempo abierto de aproximadamente 20 minutos y una cura total de 4 a 6 horas se puede lograr incorporando 100 g de resina y 20 gotas de acelerador; mezclar bien y luego agregar 25 gotas de catalizador.-

Es de destacar que a temperaturas superiores a 17 °C el tiempo abierto se reduce y si fuera necesario mantenerlo hay que disminuir la cantidad de acelerador.

En el comercio se encuentra actualmente resina poliéster pre-acelerada es decir que la cantidad correcta de acelerador, ya está incluida y solamente hay que agregar el catalizador, en la proporción adecuada para que se produzca la reacción química de curado.

La resina poliéster, se puede aplicar a mano o a máquina, pulverizado por pistola, prensado en frío o caliente e inyectado; moldeado en recipientes y revestimientos.

Los materiales que más se usan para reforzar son la fibra de vidrio, fieltros, telas etc.

Las cargas más usadas son: tiza, carbonatos, sulfatos, los que disminuyen la contracción y abaratan el costo, pero deben ser de buena calidad y molienda fina.-

El diluyente más usado es Monómero de Estireno no aconsejándose acetona.-

Como agentes de limpieza, se utiliza acetona, toluol, toluol/butanol 50/50.-

Las resinas poliéster se deben guardar en lugar fresco y bien seco, no expuestas a la luz solar teniendo en estas condiciones vida útil de 6 meses aproximadamente. Se debe mantener siempre separados el acelerador y el catalizador.

Cuando se opere con la mezcla de resina-acelerador-catalizador, se debe hacer en lugares bien ventilados, evitando inhalar vapores y el contacto con la piel, en especial nariz y ojos. Si se produjeran, se debe enjuagar bien con bastante agua y jabón y si es posible enjuagar con una solución de bicarbonato de sodio al 2% en agua.

Tomado de libros técnicos y divulgado con el fin de que los Ayudantes Preparadores y profesores puedan utilizarla en reparación de material de Laboratorio.

Edgar Gómez - Ayudante Preparador del Laboratorio de Física del Liceo N° 1 de Flores

ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA

Roberto Richardson

Universidad de Santiago de Chile

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Geográfica

richard@lauca.usach.cl

El conocimiento adquirido de la composición de la atmósfera es mayor hoy en día, gracias al empleo permanente de los sensores transportados en las plataformas satelitales para aplicaciones meteorológicas, que envían a la tierra imágenes con una gran variedad y cantidad de información, lo que a través de otras técnicas sería imposible obtener. Esta información de la atmósfera obtenida mediante las técnicas de percepción remota abarca numerosas aplicaciones; sin embargo, hay que mencionar que aquí hay dos áreas que representan distinta orientación.

La primera de ellas esta directamente relacionada con la constitución de la atmósfera y su relación con los sensores, mecanismo empleado para interpretar las perturbaciones que esta capa, genera en la información o energía electromagnética (dispersión de radiación, ventana atmosférica) que los sensores captan de ella y la superficie.

La segunda de esta orientación, tiene que ver con el estudio de fenómenos atmosféricos dinámicos (composición, contaminación y otros), en los que la Percepción Remota es más bien una herramienta de apoyo en la obtención de información.

Introducción

La atmósfera es la capa de gases que rodea la tierra, transparente e impalpable, sin ella no veríamos la luz del sol, no habría sonido, ni animales, ni plantas, además sirve como atenuante en el paso de la energía de una fuente al objeto y del objeto al sensor. Cuando definimos lo que es Per-

cepción Remota decimos: es obtener información a distancia de objetos (paisajes) sin estar en contacto directo, captando la energía reflejada o emitida por dichos objetos por medio de instrumentos llamados sensores.

Es así como podemos apreciar lo complejo que es efectuar estudio sobre la absorción atmosférica, cuando en cierta parte de la atmósfera por la absorción que se produce, impide el estudio de ella, es por esta situación la presentación de este artículo con el cual nos instruiremos básicamente para saber más de esta temática.

El Espectro Electromagnético y la atmósfera terrestre.

El espectro electromagnético es un flujo de energía continua que va desde longitudes de onda (λ) muy cortas con frecuencia extremadamente alta, hasta longitudes de onda (λ) largas y de frecuencias muy bajas, por tanto hay una continuidad de frecuencias.

Sí no estuviese la atmósfera sobre la superficie de la tierra, la energía electromagnética de todas las longitudes de onda podrían interactuar con la superficie y podrían transmitir la información acerca de la naturaleza de la superficie. Consideramos la atmósfera suficientemente transparente para la Percepción Remota en solamente una pequeña porción del espectro electromagnético.

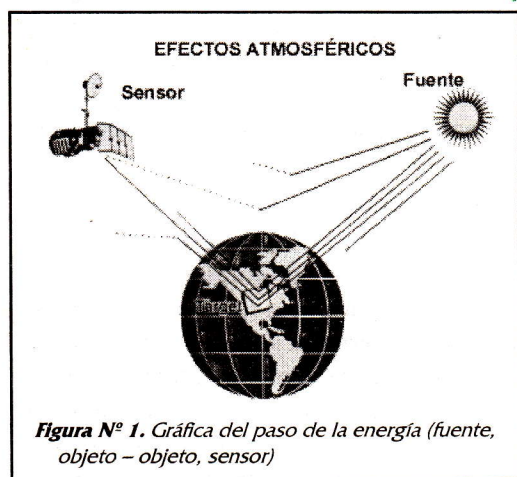
Las bandas espectrales de menor atenuación son conocidas como Ventanas Atmosféricas, pero tienen gran importancia. Las partículas de aerosoles, los gases, podemos decir comprimen la dispersión atmosférica, absorbiendo y emitiendo energía radiante, por lo cual decimos que la atmósfera es atenuante y una fuente de energía radiante.

La energía radiante dispersada y emitida difusamente por la atmósfera, agrega

interferencias a las señales de fondo, similarmente la temperatura aparente de la superficie de la tierra, que es medida en la zona del infrarrojo o en microondas, varía con la altura.

Es así como podemos apreciar lo complejo que es efectuar estudio sobre la absorción atmosférica, cuando en cierta parte de la atmósfera por la absorción que se produce, impide el estudio de ella, es por esta situación la presentación de este artículo con el cual nos instruiremos básicamente para saber más de esta temática.

La difusa radiación de energía salida de la base de la atmósfera también actúa como fuente de iluminación de la tierra, ya que el estado de la atmósfera es raramente conocida por su sinnúmero de complejos efectos que no se pueden explicar siempre en Percepción Remota.



Las Ventanas en el Espectro Electromagnético

La importancia de las ventanas para la Percepción Remota ocurre a través del Espectro Electromagnético, donde la principal ventana se sitúa en la zona del visible y (cercanamente visible) en las regiones del infrarrojo y microondas.

La absorción atmosférica en la zona del ultravioleta aumenta a medida que dismi-

nuye en longitud de onda ($\text{\AA}$), razón principal para no ser aplicable en la Percepción Remota, debido a que el total de la energía solar que llega a la superficie de la tierra es insuficiente.

La radiación ultravioleta absorbida por la atmósfera superior ioniza o Disocia las moléculas de gas, aquellos fotones con energía de 5-9 e.v disocian el oxígeno (O_2), ozono (O_3), nitrógeno (N_2) y aquellos con energía de 12-16 e.v Ionizan el O_2 y N_2

Estas interacciones son muy intensas en la estratosfera y ionosfera que es la zona que conocemos como escudo de la superficie terrestre de aquellas bandas de energía solar que son perjudiciales y destructivas.

En la zona de los rayos X, aun hay más fotones energéticos surgiendo desde transiciones en lo profundo de las corazas electrónicas de los átomos encontrados, la intensidad de interacción con gases atmosféricos es tal, que toda la radiación de rayos X es absorbida en pocos centímetros y decenas de metros (dependiendo del fotón energético) de paso a través de la atmósfera.

La primera significación de ventana atmosférica comienza a abrirse a longitudes mayores de $0,33\mu$ y tiene una buena transparencia en la zona del espectro visible. Los fotones son débilmente absorbidos en esta región pero dispersados por moléculas gaseosas, partículas y polvo, siendo una gran influencia para la Percepción Remota. La ventana en la zona visible continua con interrupciones en zona del infrarrojo, existe bandas de absorción principalmente las de vapor de agua (H_2O) se presentan con mayor frecuencia.

En la zona infrarroja de bandas termales 4μ a 14μ , las fuentes de bandas de absorción ocurren causando cambios vibratorios y rotacionales principalmente con el vapor de agua y el dióxido de carbono, ambas separan las zonas de infrarrojo cercano y

thermal dentro de una serie de ventanas de poca transparencia entremezclados por regiones cerradas de absorción.

En las ventanas entre los $2,05\mu - 2,4\mu$ y $15\mu - 18\mu$ son detectados cambios en los estados de humedad y muestran reflexión diferencial de la energía solar, las ventanas entre $8\mu - 9,2\mu$ y $10,2\mu - 12,4\mu$ cubren la región de emisión normal de energía de la tierra. Entre $3,5\mu - 5\mu$ es zona en la cual un incendio (fuego) en bosque (selva) emite su máximo de energía.

En la zona de las microondas solo las bandas de absorción atmosférica residen entre las ventanas, el resto no es afectada. Cuando cae lluvia interfiere significativamente en este ámbito, y es directamente dependiente de las longitudes de onda y la intensidad de la lluvia, los efecto de las nubes son débiles, pero son corregidos por aquellos programas de medidas de precisión, igual como es el caso de medidas de temperatura de la superficie terrestre.

Un punto importante es considerar que las mínimas medidas de radiancia, ocurren por longitudes de ondas de fuerte absorción atmosférica, tal como la absorción cau-

sa fuertes vibraciones y rotaciones de cambios de energía en cantidades trazadas de energía principalmente el ozono, dióxido de carbono y vapor de agua, El ozono no solo causa cortas ondas que separan la energía solar alcanzando el suelo, también, absorbe significativamente de $9,6\mu$ en el medio de la prominente ventana atmosférica (ver la figura N° 2).

La radiación desde la tierra es completamente absorbida por la fuente de absorción lineal, por lo tanto los gases que causan absorción también son fuentes radiadores de energía.

Propiedades físicas de la atmósfera

La radiación de la energía interactúa con la atmósfera de la siguiente forma:

- La energía puede ser dispersada absorbida y emitida.
- La radiación de energía en la onda dirigida es atenuada y emitida desde la porción (que contienen átomos, moléculas y partículas) y reducida a un coeficiente, debido a la porción absorbe y dispersa energía.

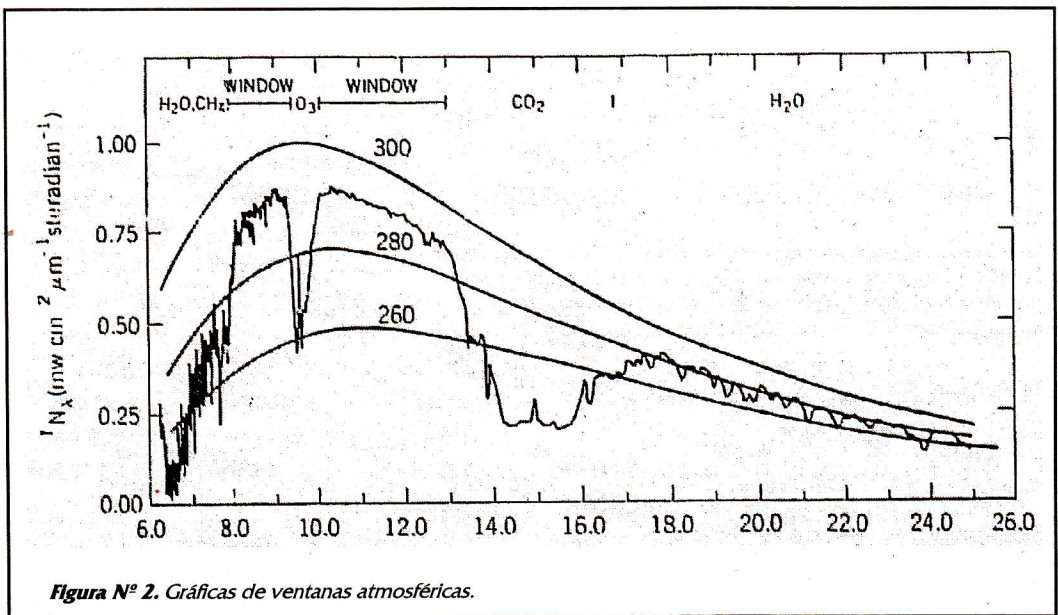


Figura N° 2. Gráficas de ventanas atmosféricas.

- La dispersión de fotones tienen algunas energías como la incidencias de fotones y surge desde la porción en todas direcciones.

Todas las partículas de la atmósfera (atómica, moleculares) dispersan energía electromagnética.

Ventanas atmosféricas

Una ventana atmosférica es la parte del espectro electromagnético donde la radiación que atraviesa la atmósfera no se ve afectada en forma significativa por la reflexión, absorción o difusión causadas por los componentes atmosféricos.

existe para toda radiación electromagnética.

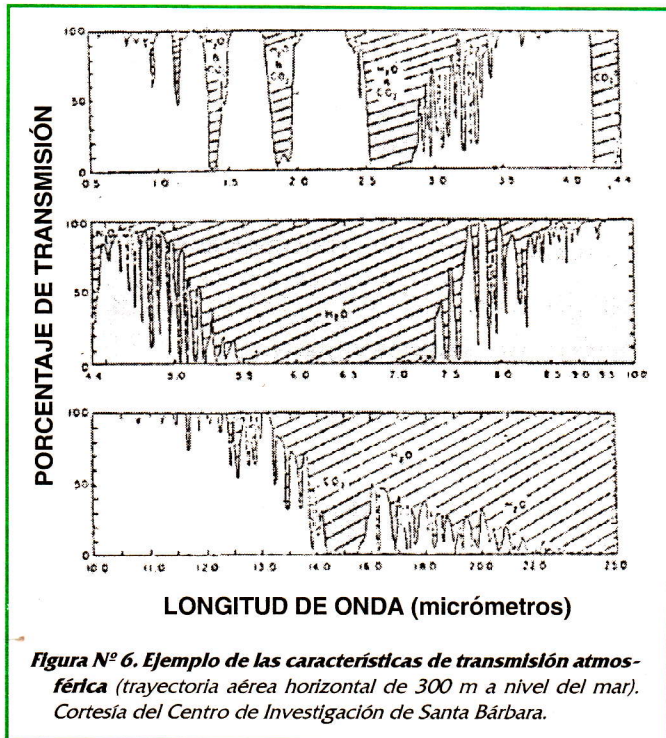
Por tanto, la ventana atmosférica es la parte del espectro electromagnético donde la radiación que atraviesa la atmósfera, no se ve afectada en forma significativa por reflexión, absorción o difusión causada por los distintos componentes atmosféricos. También existe en ella alta energía del espectro electromagnético haciendo de transmisora de este espectro a través de ellas, opuestamente existen regiones donde se realiza la intervención de la atmósfera denominándose "**Bandas de absorción atmosférica**".

La absorción atmosférica

Ahora sabemos que la atmósfera tiene un comportamiento de filtro que es selectivo para las diferentes longitudes de onda, con esto podemos afirmar que en algunas bandas espectrales queda descartado su empleo en Percepción Remota, causada esta principalmente por los componentes atmosféricos que producen la absorción:

- Ozono (O_3) responsable de la eliminación de la energía ultravioleta en región inferior a los $0,3\mu$ así también de un sector de la zona de las microondas próximo a los 27 mm.

- Oxígeno atómico (O_2) principalmente filtra raciones ultravioletas por debajo del rango de $0,1\mu$ y en algunos sectores de la zona de infrarrojo térmico y microondas.
- Anhídrido carbónico (CO_2), es un elemento que principalmente absorbe en la zona del infrarrojo térmico 15m prin-



Resumiendo lo que es ventana atmosférica podemos decir:

Aquellas regiones con alta transmisión de energía se llaman ventanas atmosféricas. Los ojos nos indican que la atmósfera es esencialmente transparente a la luz y se debe asumir que esta condición

principalmente en longitudes de los $2,5\mu$ y los $4,5\mu$.

- Vapor de agua presenta la absorción mas alta en torno a los 6μ y otra zona con el mismo efecto es $0,6\mu$ y 2μ .

Con relación a la percepción Remota la consecuencia directa de la absorción es que está reducida a determinadas bandas espectrales, y se conoce con el nombre de ventanas atmosférica, lugar en la atmósfera que es de alta transmisividad, las principales ventanas atmosféricas las podemos ver en la figura Nº 3.

- Espectro visible e infrarrojo cercano es decir desde $0,38\mu$ y $1,35\mu$.
- Infrarrojo medio $1,5\mu$ a $1,8\mu$, $2,0\mu$ a $2,4\mu$, de $2,9$ a $4,2\mu$ y $4,5\mu$ a $5,5\mu$.
- Infrarrojo térmico entre los 8μ y 14μ .
- Zona de Microondas Por sobre los 20mm , se puede decir para esta zona la atmósfera es prácticamente transparente.

Sabemos ahora que la absorción atmosférica es el resultado de la pérdida de energía de los elementos constituyentes de la atmósfera, esto involucra la absorción de radiación en determinadas longitudes de onda. Por tanto en Percepción Remota las ventanas atmosféricas son importantes para realizar procesos, dado que el diseño de los sensores que hablamos se ajusta a estas bandas, con esto se evita tener extrañas interferencia en el fenómeno que se esté investigando u observando, solamente es imposible evitar la presencia de nubes que absorben en todo el espectro visible y declinan en el Infrarrojo, excepto en el rango de las microondas donde es considerado transparente.

Ahora bien, si se pretende observar la atmósfera los sectores espectrales de mayor conveniencia son aquellos donde la absorción atmosférica es alta, principal razón del porque se desarrollan los sensores incorporando bandas en estas regiones del espectro.

Ejemplo tenemos el Satélite METEOSAT cuya banda 2, de su sensor rango $5,7\mu$ y $7,1\mu$, diseñado en su tiempo para estudiar el contenido de vapor de agua en la atmósfera o el sensor GOME que se instalo en plataforma satelital Europea ERS 2, que cuenta con varias bandas en el ultravioleta para el seguimiento de la capa de ozono.

Comentario

Al dar término a este artículo sobre la absorción atmosférica, se puede concluir que la absorción se produce cuando cierta energía de igual frecuencia de resonancia de un átomo o molécula, es absorbida, produciendo un átomo excitado, que en vez de emitir un fotón de igual longitud de onda, se transforma en calor de movimiento y se emite en longitudes de ondas largas, generando las bandas selectivas que impiden el paso de la energía desde la fuente al objeto y del objeto al sensor, presentando la absorción total.

La atmósfera posee regiones de alta transmisión "bandas de transmisión" donde una parte del espectro electromagnético por donde la radiación atraviesa la atmósfera no se ve afectada por la absorción, ni reflexión, ni difusión y es posible utilizar métodos de percepción remota.

Bibliografía

- Manual of Remote Sensing*, Second edition, American Society of Photogrammetry, 1980
- Introduction to Remote Sensing of the Environment*, Benjamin F. Richason Jr., 1978
- Principles of Remote Sensing*, Paul J Curran, 1985
- Satellite Remote Sensing and Introduction* Rey Harris, 1987
- Fundamentos de Teledetección espacial* Emilio Chuvieco 1996 (3.^a edición revisada)
- Remote Sensing and Image Interpretation* Lillesand/Keifer 1979
- Introducción a la Percepción Remota y técnicas de procesamiento digital de Imagen*, Richardson 1995
- Cuaderno B 1 Bases Físicas de la Teledetección* GDTA 1991

A pedido de algunos profesores, ampliamos el diccionario de términos que en números anteriores se publicó.

INTERNET: Diccionario (1)

Ancho de banda - Cantidad de información que puede transmitirse a través de una conexión por unidad de tiempo. Se suele medir en bits por segundo.

APPLET - Aplicación escrita en JAVA y compilada.

ANSI - (American National Standards Institute) Organismo americano dedicado a la normalización. Por lo que nos ocupa, desarrolló un standard para representación de información en la pantalla, en el terminal. Una BBS en modo ANSI o modo terminal, sería en modo texto.

ASCII - American Standard Code for Information Interchange. Estandar Americano para Intercambio de Información. La tabla básica de caracteres ASCII esta compuesta por 128 caracteres incluyendo símbolos y caracteres de control. Existe una versión extendida de 256

Baudio - Número de veces por segundo que la señal portadora cambia de valor. Se suele confundir con los bps. Un ejemplo para clarificarlo: Un módem de 14.400 bps puede estar funcionando a 1800 baudios, ya que es capaz de codificar 8 bits en cada cambio de valor de la señal.

Chat - Conversación electrónica en tiempo real a través de teclado y monitor. Puede establecerse entre 2 o más usuarios. En castellano se puede ver traducido como teleconferencia.

Ciberespacio - Conjunto de todos los servicios telemáticos existentes, entre los cuales destaca especialmente Internet.

Continúa: **Diccionario(2)** en pág. 38

CUBA 2000

"III Taller de Enseñanza de Física y Química"

Al igual que en 1998, retornamos a Cuba

PROGRAMA 1

- 3 noches en La Habana (Hotel Kohly)
- 3 noches en Varadero - Traslados al Evento de Matanzas
- 4 noches en Punta Cana (Hotel Caravela Babaro)
- 2 noches en La Habana (Hotel Deaville)

Todo con media pensión.

Precio por persona en base doble: U\$D 1490

PROGRAMA 2

- 3 noches en La Habana (Hotel Kohly)
- 3 noches en Varadero - Traslados al Evento
- 2 noches en Trinidad (Hotel Las Cuevas)
- 5 noches en La Habana (Hotel Deaville)

Todo con media pensión.

Precio por persona en base doble: U\$D 1480

Puede hacerse un programa de una semana.

Los dos programas incluyen ticket aéreo en Cía. Cubana de Aviación.

Consultas sobre programas de viaje y planes de financiación, con:

Coordinadoras del Grupo: Sra. Nora S. Martínez - Telefax: 628 1345 - Cel.: 094 436713

Sra. Alba Simone - Tel.: 707 1588

Agencia de Viajes A & T TURISMO: Sr. Gustavo Steinfeld

Tel.: 903 0939 Convención 1399

CAOS: UNA INTRODUCCIÓN

Enrique Inzaurrealde
Profesor

El análisis y predicción del comportamiento de los sistemas dinámicos ha adquirido, en los últimos años, un grado de interés superlativo debido, en parte, a los avances experimentados en dicho terreno y, principalmente, al surgimiento de la sospecha de que un desarrollo completo de la teoría de tales sistemas pudiese llegar a explicar una variedad de fenómenos tan disímiles como la flecha del tiempo y el desarrollo de la vida misma.

Para poder encarar un conocimiento más o menos superficial acerca de los temas abordados por tal rama de la matemática aplicada y sobre cómo pretende llegar a su análisis, es necesario poder definir de modo unívoco el concepto de caos que semejante ámbito científico maneja y por ahí comenzaremos esta introducción a uno de los temas más apasionantes de la investigación científica contemporánea. Dejo constancia que esto es una breve y, seguramente incompleta introducción al tema, debido a que no soy un estudioso del mismo, sino un simple aficionado a temas científicos. Aún así, quisiera aclarar algunos puntos referidos al caos que se ha creado por el manejo de las definiciones que sobre el caos se han establecido y a la difícil y por momentos excesiva extrapolación que de tales definiciones se han efectuado a diferentes ramas de la ciencia.

Es cierto que las definiciones y algunos principios se han obtenido mediante la investigación de fenómenos diversos. No obstante, las demostraciones que se han hecho se refieren a tales fenómenos y, lo más general, se ha obtenido al estudio matemático del tema. Sin embargo, existen ideas de aplicar las definiciones fundamentales del caos a las ciencias sociales y, en particular, a la psicología. Este camino

no parece del todo claro, más teniendo en cuenta que las leyes descubiertas en tales ámbitos carecen, en gran medida, de un grado de certeza universal, sino más bien dependen de concepciones filosóficas e ideológicas. Quisiera ser más explícito. Es relativamente fácil demostrar el carácter caótico del movimiento de las moléculas de un gas, dado que se conocen perfectamente las leyes que rigen tales movimientos y de las mismas leyes se deducen las condiciones que cumplen los movimientos caóticos cuando son aplicadas a un conjunto suficientemente grande de tales moléculas. No es ese el caso de la psicología, donde las leyes básicas no son claramente determinadas, sino por consecuencia de las concepciones filosóficas que, en todo caso, no son universales, sino en todo momento discutibles. Por lo tanto, el carácter caótico de procesos psicológicos y sociales no es, todavía en la actualidad, demostrable, sino más bien sospechable. Y cualquier persona con formación científica sabe perfectamente que la ciencia no basa sus leyes en «evidencias», sino necesariamente en «pruebas». La sospecha sirve, en todo caso, para orientar al investigador en su análisis y, al fin, en sus síntesis finales que constituyen las teorías, pero en ningún momento tales sospechas pueden ser usadas como fundamento para establecer las teorías, sino que sólo las pruebas experimentales y demostraciones lógicas a partir de ellas, son las que habilitan a esa sospecha (que recibe el nombre de hipótesis) a convertirse en leyes. Dicho esto, pasaré revista a las nociones fundamentales que definen el caos.

Concepto de caos

Muchas veces confundimos la palabra caos con ignorancia sobre determinado tema. Así, hablamos del movimiento caótico de las moléculas de un gas y asumimos, en tales circunstancias, que en vistas

de la imposibilidad de seguir y predecir el movimiento de cada molécula individual, debemos aplicarles un estudio estadístico. Lo mismo sucede a nivel de las ciencias sociales, en las cuales se desarrollan estudios estadísticos del comportamiento de las masas humanas frente a determinadas condicionantes ambientales, o sociales, dado que es imposible encarar un análisis individual de cada persona para poder, a partir del mismo, predecir cuál va a ser el comportamiento del grupo. En ambos ejemplos **no** estamos refiriéndonos a fenómenos que sean caóticos per se, sino a fenómenos cuya cantidad de variables es tan grande que sería poco práctico estudiarlos por medio de técnicas de análisis matemático. En cambio, lo aconsejable y por lo tanto, lo que se hace, es investigarlos usando como herramienta el análisis estadístico. Quiero decir, que el concepto de caos que manejaremos no se refiere necesariamente a nuestra ignorancia del tema. En consecuencia, estos fenómenos no por ello son caóticos y a ellos no se aplica la definición de caos en este sentido. De hecho, el movimiento de las moléculas de un gas es caótico, como veremos, pero no así, en principio al menos, el comportamiento de una sociedad humana, al menos desde el punto de vista del caos determinístico, que es el que nos ocupará en este artículo.

En el análisis de sistemas se definen aquellos sistemas caóticos como los que cumplen las siguientes condiciones:

Sensibilidad a las condiciones iniciales; esta es la primera condición que cumplen aquellos que obedecen al caos determinístico y se refiere a que, dados dos elementos (partículas) que parten de condiciones iniciales muy cercanas una de la otra y que obedecen a las mismas leyes del movimiento, divergen exponencialmente en sus trayectorias de forma tal que, el conocimiento de la trayectoria seguida por una de ellas no revela en absoluto datos sobre cuál fue el destino de la otra partícula. Tómese como

ejemplo un gas. Imaginemos al gas compuesto por un enrejado fijo de moléculas (como un cristal) y analicemos el movimiento de dos moléculas que se mueven libremente dentro de él (tal fue la descripción de Boltzmann de un gas ideal). Ambas moléculas parten de posiciones muy cercanas (una al lado de la otra) y moviéndose en la misma dirección.

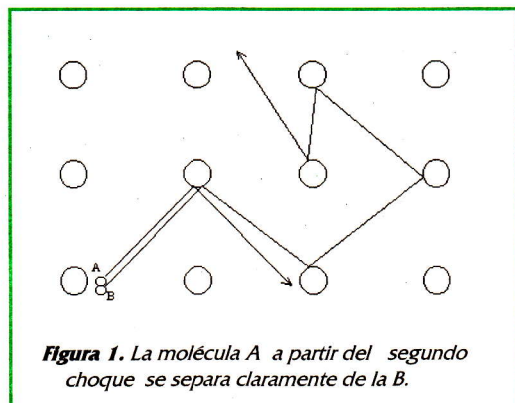


Figura 1. La molécula A a partir del segundo choque se separa claramente de la B.

Sabemos que, aplicando las leyes de reflexión, suponiendo que la cantidad de movimiento de las moléculas no cambia y que los choques son perfectamente elásticos, las trayectorias de las moléculas A y B son perfectamente determinables. No obstante, vemos que ambas moléculas, al cabo de dos o tres choques, se separan claramente, o sea que sus trayectorias divergen. Esta divergencia es muy grande y tanto mayor cuanto más choques sean considerados. A semejante caso se le llama sensibilidad a las condiciones iniciales, pues una pequeña (diferencial) divergencia inicial, produjo una divergencia grande (macroscópica) al cabo del tiempo. A esta divergencia, que resulta ser exponencial, se le llama sensibilidad a las condiciones iniciales y viene representada por el denominado exponente de Liapunov, λ .

Una segunda condición que cumplen todos los fenómenos que obedecen a las leyes del caos determinístico, es la de que resultan ser auto-repetitivos, lo que se de-

nomina invariancia de escala. Aquí hablabamos de trayectorias, que no significan trayectorias en el espacio euclidiano necesariamente, sino que son trayectorias en el espacio de fases, donde las coordenadas pueden ser de posición, de tiempo, velocidad, cantidad de movimiento, energía, etc.

Resulta que todo fenómeno caótico determinista tiende a obedecer una trayectoria llamada atractor. Esto es, si bien las partículas se separan exponencialmente unas de otras en cuanto a sus trayectorias, todas las trayectorias se aproximan a una forma geométrica bien definida, o sea, si observamos el movimiento de dos partículas aisladas y cercanas entre sí, sus trayectorias individuales divergen exponencialmente, pero entran por diferente lugar en la figura denominada atractor. Un atractor es, en sí mismo, un fractal. Los fractales son entes matemáticos que tienen la propiedad de la autorrepetición. Eso significa que ellos tienen una forma definida, pero si tomamos un microscopio y observamos una pequeña región del fractal, resulta que esta pequeña región del fractal tiene la misma forma que el total y, si luego amplificamos esta pequeña región para observar una región infinitésima de la misma, resulta ser de la misma forma que la figura macroscópica. Para comprender esto pensemos en un árbol. Presenta ramas que siguen al tronco, a partir de las cuales están las hojas. Pero si tomamos una hoja del árbol, resulta

tener una ramificación interna (que aún es visible) similar al árbol mismo. Podemos, asimismo, observar nuestra piel. Parece dividida en secciones de formas diferentes, como si fuera un rompecabezas. Pero si ponemos un pedazo de piel al microscopio, vemos que está formado por un rompecabezas mucho más pequeño de células. En el caso de estos fenómenos reales, la autorrepetición (o invariancia de escala) es limitada, o sea, no podemos seguir dividiendo infinitamente ningún objeto, existe un límite material para la subdivisión y análisis. En el caso del fractal, la subdivisión es infinita y siempre nos encontramos con la misma figura inicial.

Hasta aquí la introducción al tema del caos matemático (o, más precisamente, al estudio de los sistemas dinámicos), en próximos artículos ampliaremos sobre el concepto de geometría fractal y atractores (siempre dentro de un marco no técnico), tipos de sistemas caóticos y aplicaciones a las ciencias.

Referencias bibliográficas

- Certidumbres, Incertidumbres y caos* - R. Markarián y otros. Ed. Trilce
- Fractales, ¿orden en el caos?* - Owen Wangensteen.
- Fractals* - Manual, bajado de internet, sitio <http://nautilus.fis.uc.pt/>

Un médico, un ingeniero y un informático están charlando sobre cuál de sus profesiones es la más antigua.

—Pues mira —emplea el médico— la Biblia dice que Dios creó a Eva de una costilla de Adán. Esto, obviamente, requiere cirugía y, por lo tanto, la medicina es la profesión más antigua.

—Sí, bueno —replica el ingeniero—, pero antes de eso la Biblia dice que Dios separó el orden del caos. Esta fue, obviamente, una obra de Ingeniería.

El informático se echa para atrás en la silla y dice, sonriendo tranquilamente porque sabe que ha ganado esa mano: —Sí, pero ¿cómo te crees que Dios creó el caos?

Primera recomendación

Esta vez recomendaremos una "visita" a nuestra propia página y a las de algunos de nuestros vecinos más cercanos.

Bienvenidos

10/03/2000

Indice

Editorial

Qué es la APFU

Noticias y Novedades

Encuentro Anual

Revista Educ. en Física

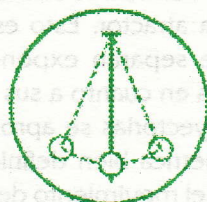
Boletines

Cartas a la APFU

Links

Comuniquese con APFU

**Asociación de
Profesores
de Física**



del Uruguay

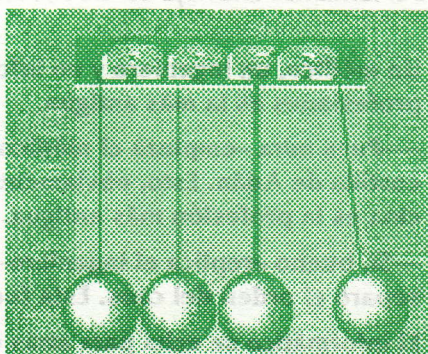
Bienvenidos

Nuestra dirección: <http://www.ciencias.fastnet.com.uy/apfu/>

La A.P.F.U. (Asociación de Profesores de Física del Uruguay) se fundó el 21 de setiembre de 1989. Nuestra asociación carece de fines de lucro, ideología filosófica, política o religiosa alguna. Reconocemos como única finalidad el mejoramiento de la enseñanza de la Física; procurar que dicha enseñanza sea cada vez más significativa y eficiente en todos los niveles educativos y promover el estudio y la investigación en Física y contribuir al perfeccionamiento docente.

Segunda recomendación

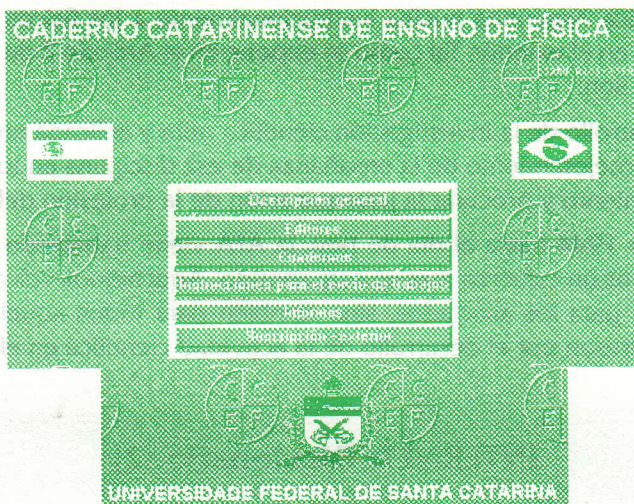
APFA



Su dirección: <http://cabbat1.cnea.gov.ar/apfa/apfa.html>

- La Asociación de Profesores de Física de la Argentina es una asociación civil sin fines de lucro, ni ideología filosófica, política o religiosa alguna. Cuenta entre sus objetivos:
- Procurar que la enseñanza de la Física sea cada vez más significativa y eficiente en todos los niveles educativos y en todas las jurisdicciones del país.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Física.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre las personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Física.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Física por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico-técnico que enfrente el país.
- Difundir las novedades metodológicas, en equipos y en otros medios auxiliares de la enseñanza.
- Procurar el acercamiento entre los diferentes niveles del sistema de educación científica.

Tercera recomendación



Su dirección: <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/>

El Caderno Catarinense de Ensino de Física (CCEF) es un periódico cuatrimestral, destinado con prioridad para el profesor de física de la escuela secundaria. Con el objetivo de promover una divulgación efectiva y permanente de experiencias hechas por profesores e investigadores, visando elevar la calidad de la enseñanza de física tanto en las escuelas de la red como en las instituciones formadoras de nuevos profesores, publica, entre otros: experimentos de fácil adquisición, montaje y utilización de los mismos en la clase; artículos de divulgación científica y tópicos de física general, en lenguaje accesible al profesor de enseñanza media; artículos de investigación en la enseñanza de la física; artículos sobre historia y filosofía de la física; recursos de carácter instructivo aplicados a la enseñanza de la física; artículos sobre política educacional y eventos relacionados con la enseñanza de Física.

Editado por profesores del Departamento de Física de la Universidade Federal de Santa Catarina, el CCEF divulga artículos en portugués y español.

Cuarta recomendación

**ASOCIACION
FISICA
ARGENTINA**

Institucional

Autoridades
Divisiones
Filiales
Documentos
Padrón

**Ciencia y
Sociedad**

Interacción
Foros de la AFA
Base de datos
Artículos
Declaraciones

Interacción y

Interacción

Autoridades
Divisiones
Filiales
Documentos
Padrón

**Ciencia y
Sociedad**

Interacción
Foros
Base de datos
Artículos
Declaraciones

Bienvenidos a la Home Page de la

**ASOCIACION
FISICA
ARGENTINA**

Sobre este sitio

Nuevo:

22/06/99: Ayuda Económica AFA99

01/11/99: Boletín N.º 56

10/11/99: Boletín N.º 57

Su dirección: <http://www.df.uba.ar/~afa/afa-home.html>

La Asociación Física Argentina nuclea institucionalmente a los físicos argentinos que trabajan en el país o en el exterior. Tal como se expone en el Artículo 2 de su Estatuto, Sus objetivos originales son:

«Fomentar el desarrollo de la investigación científica pura y aplicada en el campo de la Física, promover el mejoramiento de la enseñanza de esa disciplina en todos los niveles, divulgar su conocimiento y procurar la jerarquización de la profesión del Físico.»

Desde Agosto de 1944 hasta el día de hoy, la AFA viene trabajando en pos de este objetivo y este sitio es un esfuerzo mas en este sentido. Aquí hemos volcado información de interes, no solo para los asociados, sino también para todos aquellos que de una forma u otra se interesan por el desarrollo de la actividad científica en el país.

INTERNET: Diccionario (2)

Correo electrónico - (e-mail) Intercambio de mensajes entre usuarios de una red de ordenadores, sea por cable (LAN, etc) o telemática (Internet, Compuserve, etc). En principio, sólo es texto y de carácter privado. Pero a los mensajes se les puede vincular ficheros de cualquier tipo y enviarlos juntos. Para poder enviar o recibir correo en Internet necesitamos un buzón o dirección electrónica.

Download - Literalmente «Bajar Carga». Se refiere al acto de transferir un fichero/s desde un servidor a nuestro ordenador. En español: «bajarse un programa».

DUPLEX - Capacidad de un dispositivo para operar de dos maneras. En comunicaciones se refiere normalmente a la capacidad de un dispositivo para recibir/transmitir. Existen dos mo-

dalidades HALF-DUPLEX: Cuando puede recibir y transmitir alternativamente y FULL-DUPLEX cuando puede hacer ambas cosas simultáneamente.

DVD - Digital Video Disk. Nuevo estandar en dispositivos de almacenamiento masivo con formato de CD pero que llega a 17 GB de capacidad.

E-mail - Electronic Mail. Correo Electrónico. Sistema de mensajería informática similar en muchos aspectos al correo ordinario pero muchísimo mas rápido.

*Continúa: **Diccionario (3)**
en próximo número*

Laboratorio... ¿qué hay de nuevo?

POYECTO PARA TERMODINÁMICA

Oscar Collado, Odi Prieto, Alejandra Delgado, Sandry Ramírez, Sergio Falcón

Introducción

Ciertamente es difícil encontrar un experimento de termodinámica donde se pueda verificar el primer principio.

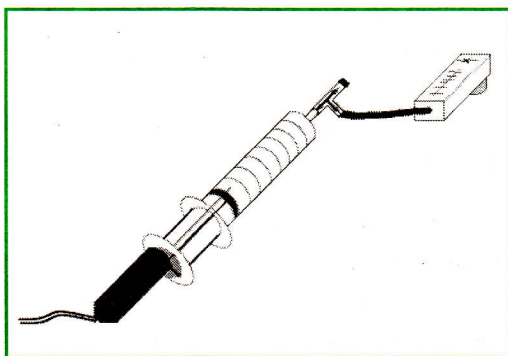
Si bien podemos lograr procesos cuasies-táticos, adiabáticos, isotermos o isovolumétricos tenemos dificultades para tomar medidas de las variables intensivas: temperatura y presión.

Tal vez haya en nuestros laboratorios una interfase Cassy con un equipo de sensores que prácticamente no utilizamos: uno es el sensor de temperatura, una termocupla Ni-CrNi, y otro es el sensor de presión. Este último viene acompañado de un programa donde no hay otras opciones que medir la presión sanguínea. Sin embargo, podemos adaptarlo al programa medir y evaluar, calibrarlo y usarlo para medir presiones relativas, entre -2000 y $+2000$ hPa.

Uno de nuestros objetivos fue, entonces, "adaptar el sensor de presión" para nuestros fines.

A su vez, dejando abierto el espectro para que los compañeros preparen experimentos con gases, hemos considerado conveniente, probar que el aire se comporta como gas ideal a temperatura ambiente y bajas presiones.

Una vez concluido este objetivo, buscamos procesos termodinámicos verificables.



Dispositivo Experimental

Utilizamos una jeringa de plástico descartable de 60ml.

Según se ve en la figura, insertamos el sensor de temperatura por el émbolo y sellamos.

En el extremo de la jeringa usamos una llave de paso y en ella conectamos el sensor de presión (se midió el volumen del tramo de tubo del sensor).

Las cajas correspondientes de los sensores se conectaron en las entradas A y D de la interfase, indistintamente.

Calibración

El sensor 524050 para medir la presión sanguínea tiene adjunto el programa correspondiente en un subdirectorio de Cassy (C:\Cassy\presión).

#8 «Unidad B» 1-1500 3 4 0

«Flujo magn.»	0 0	«Flujo magn.»	«T»	-1 1 3
«»	1 1	«Flujo magn.»	«B»	«mT» -100 100 1 «100*x»
«»	2 2	«Flujo magn.»	«»	«mT» -10 10 2 «10*x»
«Presión»	0 0	«Presión»	«p»	«hPa» -2000 2000 0 «1000*x»
«»	1 1	«Presión»	«»	«hPa» -200 200 1 «200*x»
«»	2 2	«Presión»	«»	«hPa» -20 20 2 «20*x»
«Calibrar»	0 0	«»	«U»	«mV» -1000 1000 0 «1000*x»
«»	1 1	«»	«»	«mV» -100 100 1 «100*x»
«»	2 2	«»	«»	«mV» -10 10 2 «10*x»
«Compensación ON/OFF»	3 3			

Para poder usarlo en C: \Cassy\medir y evaluar debemos acceder al archivo de configuración de este programa (desde DOS tipear: edit lh.cfg) y buscar (ver cuadro superior).

Copiar lo que aparece arriba resaltado en negrita y pegarlo al final del archivo Agregar una línea con: # 20 «Presión» 1 (número de caja, «nombre de la unidad» e indicación de caja analógica). No olvidar Guardar.

De este modo se puede utilizar el sensor en la opción Multímetro, ubicando las cajas de sensor en las unidades A ó D de la interfase.

Una vez modificado el archivo de configuración procedemos a la calibración del sensor, ésta la realizamos utilizando un manómetro que mide presiones relativas a la presión ambiente. Construimos gráficas de presión del manómetro en función de presión del sensor y obtuvimos una relación lineal que nos permite determinar la constante de proporcionalidad. En el anexo remitimos algunas de las gráficas obtenidas.

El promedio de todas las constantes nos dio -3,68; el error en este valor es del orden de un 2%, cifra que coincide con las fluctuaciones de la presión que pueden ocurrir en el laboratorio. El valor de la constante se puede introducir en el programa para trabajar con la presión real del sistema de la siguiente manera:

En la opción ENTRAR FORMULA, símbolo físico: PR; Unidad física: hPa, Cifras decimales: 0; fórmula: $PR(p, n) = (p/-3,68) + \text{valor de la presión atmosférica medida con un barómetro del laboratorio. Siendo "p" la presión que mide el sensor.}$

Existe la posibilidad de ingresar el factor de calibración en el archivo de configuración e ingresar en el menú de MULTIMETRO la fórmula $PR(p, n) = p + \text{la presión atmosférica que indica un barómetro en el laboratorio.}$

Posibles procesos a estudiar.

En el proceso adiabático aparece como factor limitante el escaso rango de temperaturas debido a las pequeñas variaciones de volumen registradas en la jeringa utilizada, no permitiendo identificar el tipo de proceso.

Sería importante realizar un proceso isóbaro, modificando la temperatura del gas, por ejemplo sumergiendo la jeringa en un baño de agua. En este caso el rozamiento del émbolo con las paredes de la jeringa es considerable.

Al enfrentarnos al proceso isovolumétrico, para obtener valores de temperatura y presión con el fin de encontrar, por extrapolación de la recta el cero absoluto, no obtuvimos resultados aceptables para su presentación. Pensamos en trabajar con el sistema dispuesto en un baño de agua a

bajas temperaturas para evitar la dilatación de la jeringa.

El proceso isotérmico se puede realizar con escasas precauciones; manipulando a temperatura ambiente, podemos probar que el aire se comporta como gas ideal, linealizando la curva P-V.

Procedimiento

Experimentalmente realizamos un proceso isotérmico; compresión de aire, midiendo temperatura y presión con los sensores de la interfase Cassy e introducimos el volumen como parámetro (definido en el menú de MEDIR Y EVALUAR) para cada par de valores.

Preferimos trabajar con jeringas de plástico debido a que las pérdidas de gas en éstas son despreciables. Debemos tener la precaución de realizar la fuerza sobre el émbolo, en la misma dirección siempre, perpendicular a la sección transversal de éste.

Variamos 3 ml aproximadamente, empujando el émbolo muy lentamente, y tomamos las medidas, introduciendo por teclado el volumen correspondiente.

Una vez obtenida una serie de 10 ó 12 valores se construye la gráfica Presión del gas en función del volumen. Linealizamos dicha curva graficando Presión en función del inverso del volumen, determinamos la constante de proporcionalidad.

Si el aire se comporta como gas ideal, ésta pendiente será igual a "P.V" o sea "n.R.T", si durante el experimento la temperatura se mantuvo constante, podemos calcular un valor de n y compararlo con un "valor teórico".

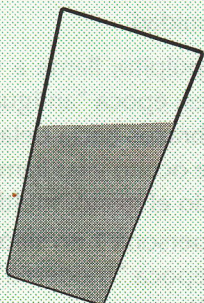
Ese valor lo despejamos de la ecuación de estado con los valores de T, P y V iniciales.

Otra posibilidad que nos brinda este proceso y el uso del programa medir y evaluar de Cassy es el cálculo del trabajo termodinámico, como el área encerrada bajo la curva y compararla con el valor calculado teóricamente por la ecuación:

$$w = n.R.T.\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)$$

Notas

- Calcular el volumen del tramo de tubo del sensor
- Calcular n (número de moles de aire contenidos en la jeringa de capacidad 61,5ml) ($n = \text{pendiente} / R.T$)
- Considerando el estado inicial del gas, se determina n, con la ecuación de estado del gas ideal y se verifica que corresponda con el "valor teórico" mencionado en procedimiento y se trata de verificar que el aire se comporta como gas ideal en esas condiciones.



El pensamiento trimestral

Un optimista ve un vaso medio lleno.

Un pesimista ve un vaso medio vacío.

Un ingeniero ve un vaso demasiado grande.

PROYECTOS PARA 1º B.D.

(UNA SUGERENCIA)

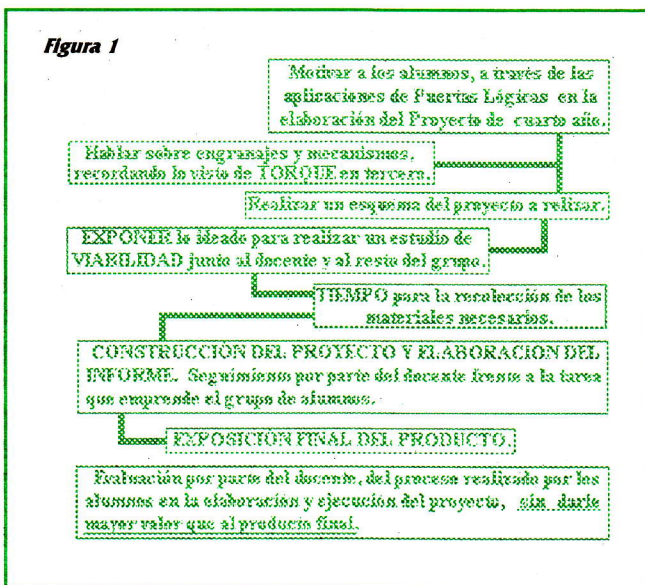
Profesor **Sandry Ramírez**

Los alumnos de primer año B.D. deben llevar adelante proyectos donde aplican conocimientos y conceptos “previamente” adquiridos y/o algunos que se tratan durante el curso, utilizando, para ello, distintos “métodos” de elaboración.

Es objetivo de este artículo, proponer un esquema de trabajo donde se motive a los alumnos, que tengan interés, a construir una “máquina”, ayudado por ideas que también se resumen aquí.

En el esquema de la Fig. 1 no se estipulan plazos, sino estadios por donde creemos se debe pasar; resaltando, que la evaluación, debe ser durante el proceso de ejecución, sin darle al mismo mayor valor que al producto final.

Figura 1



Los temas que aquí se proponen refieren a: puertas lógicas; funcionamiento básico de diodos, transistores y C.I.; máquinas simples; rendimiento; conservación de la energía, fuerzas y torque.

Algo sobre máquinas, mecanismos y puertas lógicas

Introducción

Mucho se habla en los cursos de Física oficiales, sobre la aplicabilidad de los temas y principios que se tratan en clase. Pero es sabido que en un gran número de casos, no se pasa del bloque en el plano inclinado, carrito-polea-hilo FISM-pesas, conservación de la energía (¿energía?) en esas situaciones; variantes ingeniosas de las mismas, prender lamparitas, calcular “i”, “Req”, etc. Quizás esto se deba a falta de comunicación entre profesores de distintos liceos, falta de tiempo, falta de información, o el no animarse a salir de lo más o menos “común”. El no querer extenderse en tal o cual tema para no “retrasar” el programa. No animarse porque es claro que las “cosas

reales” “no se comportan” como la teoría lo predice, etc. No es menester analizar estas circunstancias, pero sí aportar cosas que hemos venido aplicando desde hace 7 años en cursos de Robótica Educativa en sexto año escolar, primero y segundo año liceal y en primero BD (curso de Física) en alguna oportunidad.

Situación 1: púlpito; llama a un lado; sacerdote; fieles; época “antigua”; sacerdote extiende brazos hacia delante y arriba, pisa un fuelle oculto y las llamas se avivan acompañando el gesto; multitud: oohh!!

Situación 2: persona 1 en sillón escuchando música; época “moderna”; persona 2 (o entidad 2) se aproxima a la puerta y

pisa alfombra frente a ésta; frente a entidad 1 (o persona 1) se enciende una luz; persona 2 se asombra pues persona 1 le abre la puerta antes de "tocar" el timbre.

Situación 3: puerta del "súper"; época contemporánea; entidad 1 se aproxima, puerta se abre; entidad entra; otras entidades no se inmutan.

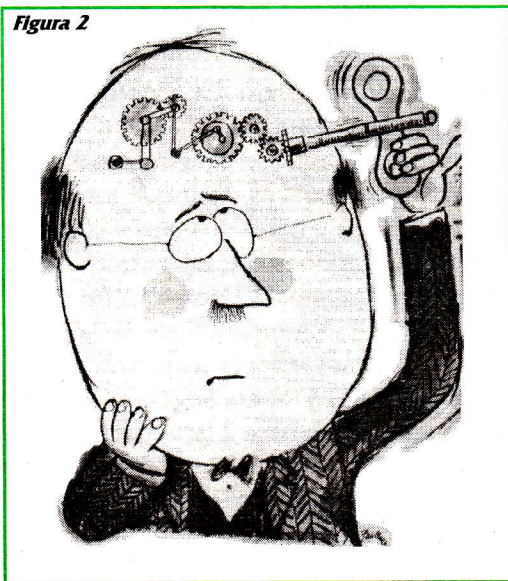
¿Situaciones distintas? Puede ser, pero el "funcionamiento lógico" es: el mismo. ¿Cómo? Entra un dato: pisa o no pisa el fuelle; pisa o no pisa la alfombra; se acerca o no a la puerta; se procesa y se produce una respuesta del estilo: se avivan o no las llamas, se enciende o no la luz, se abre o no la puerta. **Entra, procesa y sale, respuesta lógica; puerta lógica.**

"Sacrílego" gritarán los amantes de la electrónica y de las cosas formalmente puras; del álgebra de Boole y del modus ponens; de la electrónica digital y del CI 7404. Bueno, tienen (¿tal vez?) razón; pero afirmó un alumno: eso es como si le preguntara a mi madre si me da permiso para "ir a lo de mi amigo"; porque *si me deja; voy* y si *no me deja; no voy*. No, mi amigo, o ponemos el estado de la entrada en +5Vcc (>2V) ó 0Vcc (<0,8V) o no hay arreglo. ¿De eso se trata? Si, bueno, aclaremos ese punto ¿sí?. Nuestra intención fundamental es, no únicamente la formalidad requerida del tema, sino también, recrear situaciones, bucear en conceptos y preconceptos de alumnos y profesores para buscar posibles ángulos de ataque de estos temas, tratando de "simplificar" sin quitar contenido (**¡la tarea más difícil!**)

Figura 2. ¿Cómo se lee esta imagen? ¿Hombre máquina? ¿Autómata? ¿No piensa? (¿No existe?) ¿Se da cuerda para seguir funcionando? ¿Libre interpretación?

¿Y si intentamos otra? Le damos cuerda a nuestra imaginación, ponemos a funcionar nuestros mecanismos de pensar, imaginar, razonar por "mano propia", nos "damos cuerda" en el sentido coloquial de la frase. ¿Qué? ¿estamos oxidados? No me

Figura 2



diga. ¿No se cree capaz? Mis alumnos, en esa, "me pueden" superar; pues, ¡que bien! No hay mejor alimento para la vocación; hoy, justo hoy que me dio el "bajón" y siento que nada me interesa (a mis alumnos) nada los sorprende, no estudian, total, ¿para qué sirve ese bloque en el plano inclinado unido a otro, por un hilo que pasa por una polea; que está colgado; ... ; puf! ¿Y si fuese una pierna enyesada colgada, hilo, polea y demás? ¿Y si fuese un arnés dentro de un coche para protagonizar un espectacular choque en una película? ¿una puerta que se abre ante mi presencia? ¿una cadena de montaje? ¿una barrera? ¿un ascensor? ¿una escalera mecánica? ¿un puente giratorio? ¡Puf! Podríamos seguir con ejemplos de los demás temas a tratar, pero quitaremos un poco de ingenuidad y resumiremos.

Introducción a los circuitos lógicos

La Lógica puede considerarse como el arte de construir un razonamiento compuesto de proposiciones que pueden ser verdaderas o falsas. En Electrónica, un circuito o "**puerta lógica**" es aquél que propor-

ciona a su salida una señal que depende de señales aplicadas a su entrada.

A mediados del siglo XIX, George Boole desarrolló el álgebra para analizar proposiciones lógicas según su contenido de “verdadero” o “falso”, es decir que los datos tienen sólo dos valores posibles y el resultado de operaciones con los mismos debe ser *binario* también. El álgebra de Boole se llama Análisis Matemático de la Lógica, pues asocia esos valores a los símbolos 0 (cero) y 1 (uno) y opera según el sistema de numeración en base 2 (sistema binario). Los circuitos lógicos serán entonces los que efectúen operaciones sobre señales binarias con las reglas del álgebra de Boole.

En el campo de la ingeniería Hidráulica, los valores pueden ser: válvula abierta o cerrada, desde el punto de vista eléctrico pueden ser contacto abierto o cerrado; en electrónica se toman como valores de tensión alta o baja; a uno de esos niveles se le asigna el valor 0 y al otro el valor 1 (pueden ser una tensión positiva para el estado alto, H de high en algunos libros, y 0V o muy baja para el estado bajo, L de low).

Funciones lógicas básicas

Tomando, en primera instancia, el punto de vista eléctrico; se asigna como señales: (0) interruptor abierto, (1) cerrado; (0) desactivado o apagado, (1) activado o encendido. (se trabaja con lógica positiva).

Una función del álgebra de Boole es una variable binaria cuyo valor depende de una expresión algebraica que relaciona entre sí a las variables binarias por medio de las operaciones básicas.

$$S = f(a, b, c, \dots)$$

(el valor lógico de S (0 ó 1) depende de $a, b, c, \dots$)

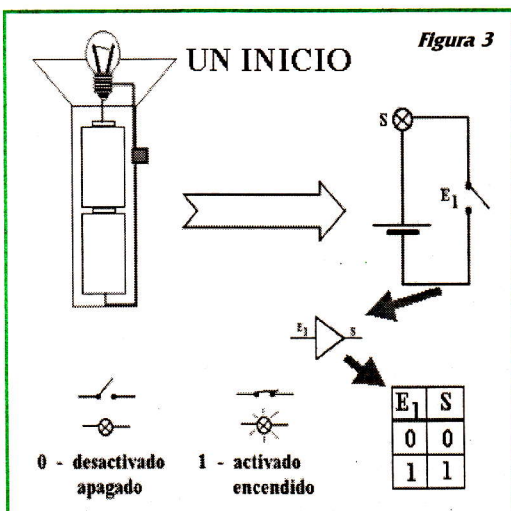
Las cuatro funciones básicas son: igualdad, complemento o negación, suma y producto. Tanto en Física como en Matemática las funciones se representan tabularmente con bastante frecuencia; pues bien,

a esas tablas donde queda expresada la función, se les llama *tabla de verdad* refiriéndose a las funciones del álgebra de Boole)

Antes de continuar

¿Cómo se propone? ¿Cómo se inicia? ¿Por dónde? ¿Cuándo? Es indudable que estas preguntas sólo las puede contestar el docente en función del grupo, el medio físico, etc. A pesar de esto, y, en base a experiencias previas que ha resultado en algunos casos, sugerimos un posible inicio que no explica el porqué, sino en qué circunstancias funciona el dispositivo presentado. Estamos convencidos que el tiempo de clase que se use en ello, **no es tiempo perdido**.

El inicio sugerido en la Fig. 3 es el funcionamiento de una linterna, haciendo hincapié en: *entra dato, se procesa y sale*; esto permite mencionar “dispositivos” de entrada (“llaves” o “sensores”): red switch (“llaves” que funcionan con imanes), llaves ópticas (con luz), micro switch (pequeñas “llaves” con palanca o no, como las de los botones del mouse), etc.; y posibles dispositivos a los cuales puede aplicarse la salida; como por ejemplo: luces, relés que controlan más potencia, **motores que controlan máquinas**, etc. (Recordar que los inte-



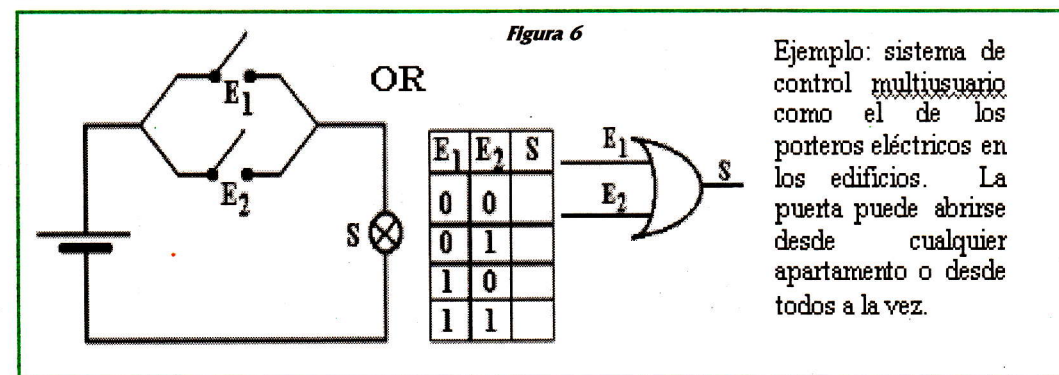
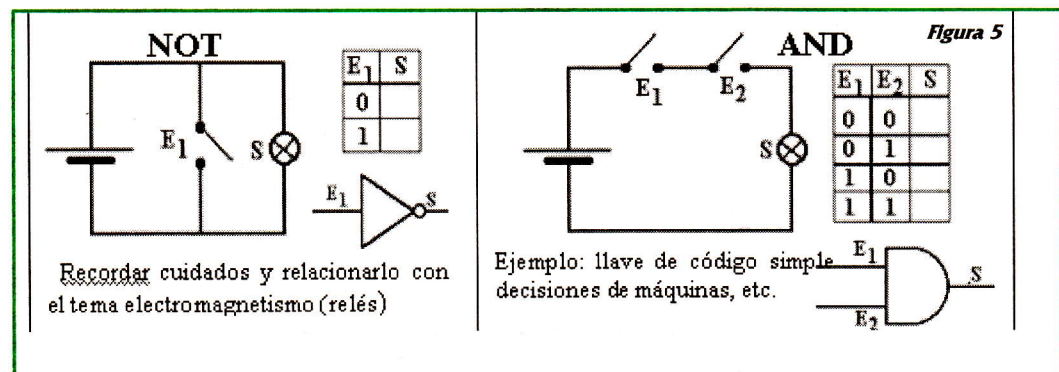
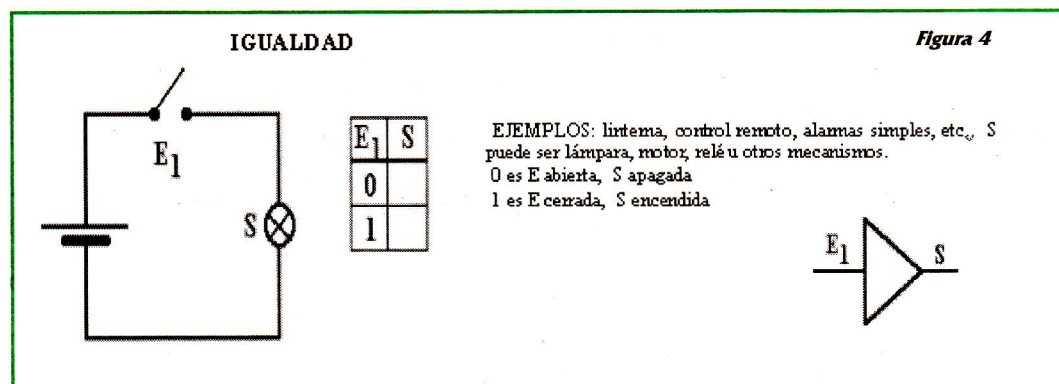
ruptores pueden venir, "normalmente abiertos" (NO) o "normalmente cerrados" (NC); o con ambas posibilidades como los micro switch).

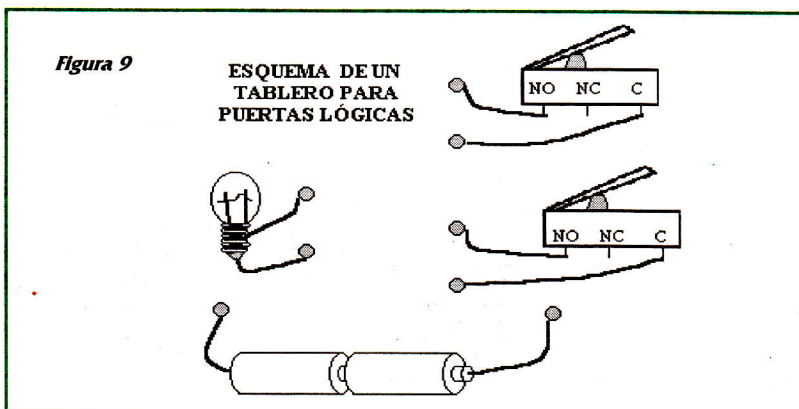
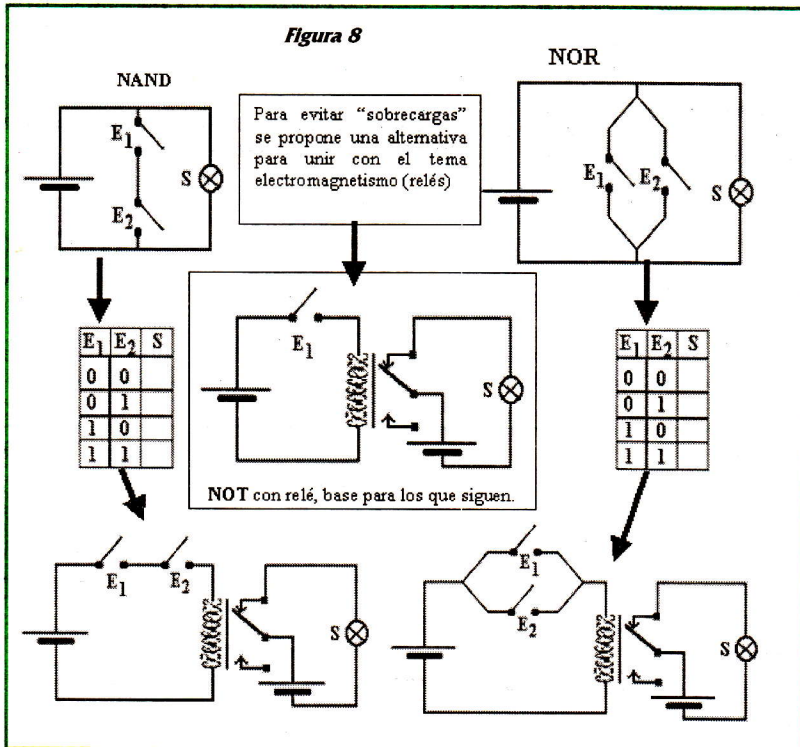
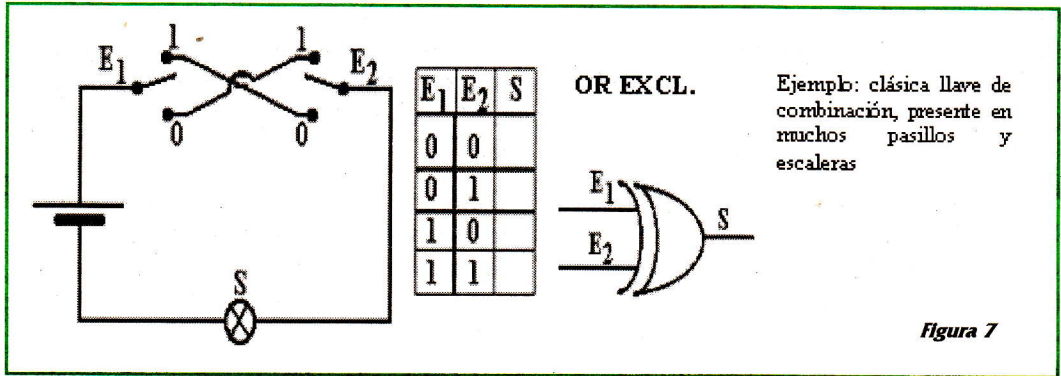
En lo que sigue se resume lo referente a puertas lógicas con algunas sugerencias de aplicación.

La Figura 9 muestra un tablero factible de ser montado sobre "hardboard" con una base inclinada unos 45°. La finalidad del

mismo es la de ser usado en clase para resolver los cuadros (tablas de verdad) anteriores, directamente, o mejor aun, para "verificar" lo que habían razonado con anterioridad.

Cuide que los alambres de conexión tengan la resistencia eléctrica "adecuada" al "resultado esperado"; o aproveche para tratar el tema de la resistividad de los distintos alambres que existen en el laboratorio.





Lógica electrónica

Se dijo que las variables son tensiones "alta" o "baja", donde a una se le asigna el 0 y a la otra el 1; entonces:

- Lógica positiva: 1 es nivel "alto"; 0 es nivel "bajo"
- Lógica negativa: 0 es nivel "alto"; 1 es nivel "bajo"

Se puede ver claramente que AND en lógica positiva es OR en la negativa y viceversa.

Las puertas lógicas o circuitos lógicos se encuentran comúnmente en los CI (circuitos integrados o chips) que miniaturizan un circuito constituido por elementos semiconductores (diodos y transistores mayormente); de ahí que existan distintas familias de ellos, por ejemplo: los que usan ambos elementos son la familia DTL (diodo-transistor-lógica); los que usan ambos, TTL (transistor-transistor-lógica); etc. Muchos de ellos, entre sus pines (patas), poseen varias puertas lógicas con distinto número de entradas que muchas veces pueden ser usadas independientemente.

Se le llama capacidad de entrada de una puerta al número de entradas que tiene la misma y se le llama capacidad de salida (FAN-OUT) al número de entradas que puede atacar la salida de la misma, lo cual depende de la intensidad que necesitan las entradas y de la que es capaz de absorber o suministrar dicha salida. Todas las puertas lógicas y las distintas operaciones que se pueden hacer con ellas, constituyen la base de la electrónica digital y con ello de todos los circuitos que manejen ese tipo de señales, televisores de última generación, computadoras, etc..

Puertas lógicas con elementos bipolares y multipolares

(Es posible, con el material disponible en laboratorio, armar los circuitos que se han mencionado y que se mencionan a continuación)

Diodos

Sin detallar los principios de su funcionamiento, hagamos algunas consideraciones sencillas (Figuras 10, 11 y 12).

El diodo conduce "unidireccionalmente", permite el pasaje de la corriente en un solo sentido. Si la tensión sobre el cátodo es menor que la tensión sobre el ánodo, presenta resistencia muy baja (polarización directa); al revés presenta resistencia muy alta (polarización inversa). Por lo general necesitan 0,7 V (pol. Dir.) para iniciar su funcionamiento.

Transistores

Sin detallar los principios de su funcionamiento, hagamos algunas consideraciones sencillas (figuras 13, 14, 15 y 16).

Un transistor puede operar básicamente de tres formas distintas: como interruptor abierto ("off") cuando la d.d.p. entre base y emisor (B-E) es nula o negativa; como interruptor cerrado ("on") cuando la tensión entre B-E es superior a cierto valor (en general, mayor que 0,7 V; llamada tensión umbral o de conmutación; la misma depende de la temperatura); en modo lineal, sin interés para esta sección donde sólo interesa la conmutación "on" "off".

Nota previa al trabajo con chips

En este punto se tiene cierto conocimiento de cómo es que un circuito digital toma decisiones en base a señales aplicadas en sus entradas y se encuentra a las "puertas" mismas de la electrónica digital, pues los circuitos digitales están diseñados de tal forma que las decisiones más complejas e intrincadas que deba tomar, sean la composición de decisiones muy simples hechas por el tipo de puertas que se están analizando. Como se ha visto, la base de todo esto es muy sencilla y su comprensión no toma más tiempo que el de comprender el funcionamiento de los componentes discretos más comunes. Estos componentes reducidos de tamaño e integrados en una sola

Figura 10

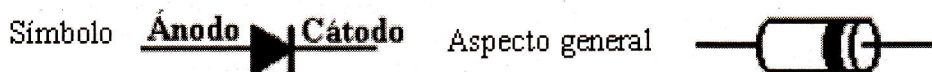


Figura 11

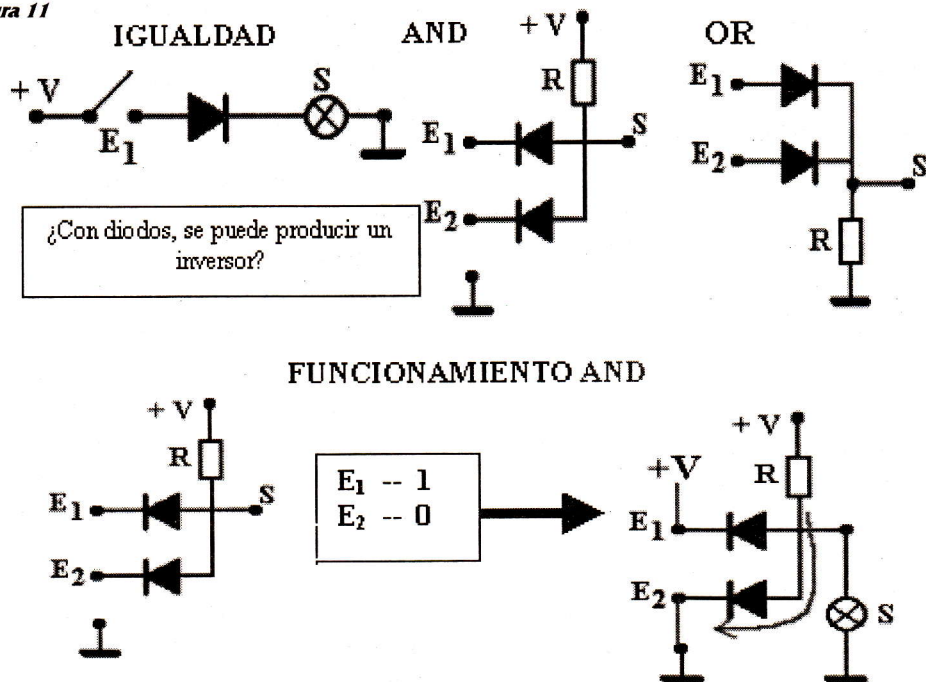


Figura 12

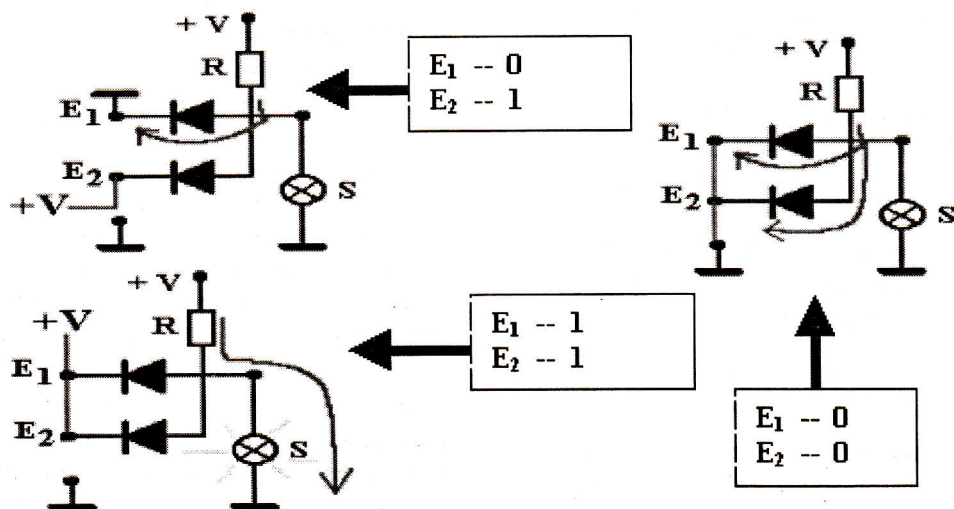


Figura 12

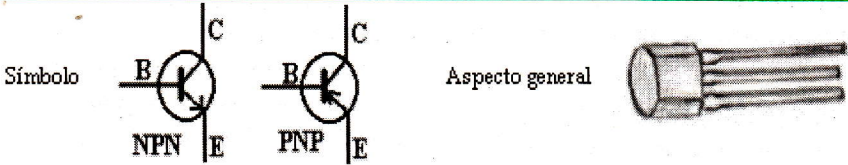


Figura 13

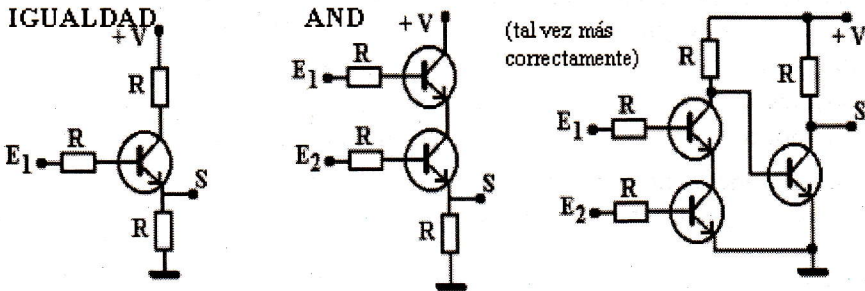


Figura 14

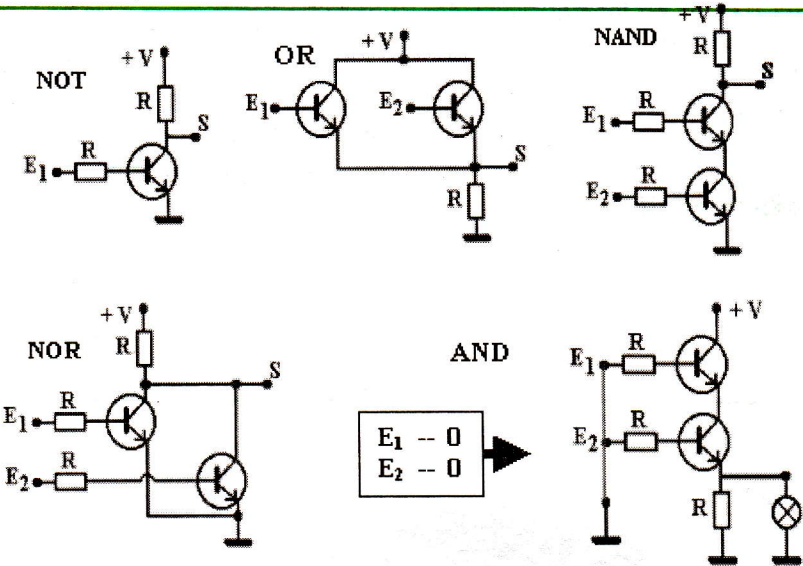
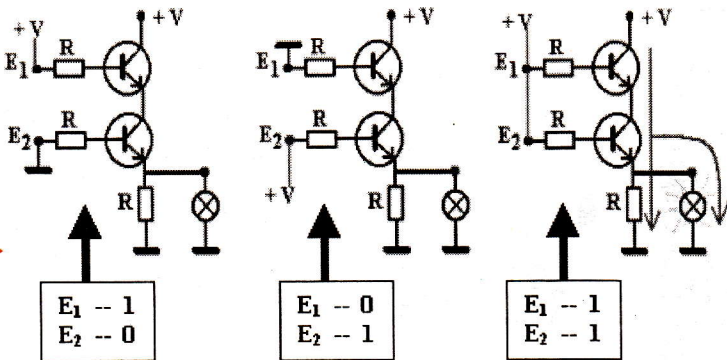


Figura 15



pastilla de material semiconductor es lo que llamamos comúnmente "**chip**" o **CI** (circuito integrado)

Estos chips se encuentran formando verdaderas familias lógicas, clasificadas de acuerdo a los componentes que conformen esas pastillas. Dentro de estos circuitos integrados se encuentran aquellos que realizan las funciones más sencillas y elementales: AND, OR, NAND, NOR, etc.; y también aquellos que realizan otras funciones como: registros, contadores, memorias, etc.

No tenemos inatención de internarnos en el funcionamiento digital pero como información agregamos que, en el mercado, se encuentran varias familias lógicas integradas que pueden –con sus ventajas e inconvenientes– ser usadas en las experiencias de análisis de respuesta por alumnos de cuarto año. Por ejemplo: la TTL (Transistor Transistor Logic), que sugerimos por su "aguantea" para estas experiencias.

Puertas lógicas en CI

Procederemos a describir someramente los CI que utilizaremos para analizar respuesta y el circuito testigo de salida.

Recuerde: todos los CI necesitan una "alimentación" permanente que por lo general se logra conectando +5V a la "pata" (pin) 14 y borne GND a la pata 7, numeración aclarada en los dibujos de más adelante; las señales de entrada pueden darse con otra fuente o con la misma (en nuestra sugerencia utilizamos la misma fuente de alimentación del CI).

Todos los chips usados pertenecen a la familia TTL, alimentados por 5V, con un valor mínimo para las entradas "1" lógicas de 2V y menores de 0,8 V para entradas "0" lógicas; salida "1" lógica mínima de 2,5 V (3,3 V más típicamente) y salida "0" lógica máxima de 0,8 V (0,22 V más típicamente). Esto significa, por ejemplo, que si conectamos a la entrada de una puerta inversora, que esté dentro de un chip, una tensión mínima de 2V (1 lógico) obtendremos, a la salida de la misma, una tensión máxima de 0,8 V (0 lógico).

Los CI utilizados son: SN7404N (inversor); SN7408N (AND con dos entradas); SN7432N OR dos entradas); SN7400N (NAND dos entradas) y SN7402N (NOR dos entradas).

Figura 17

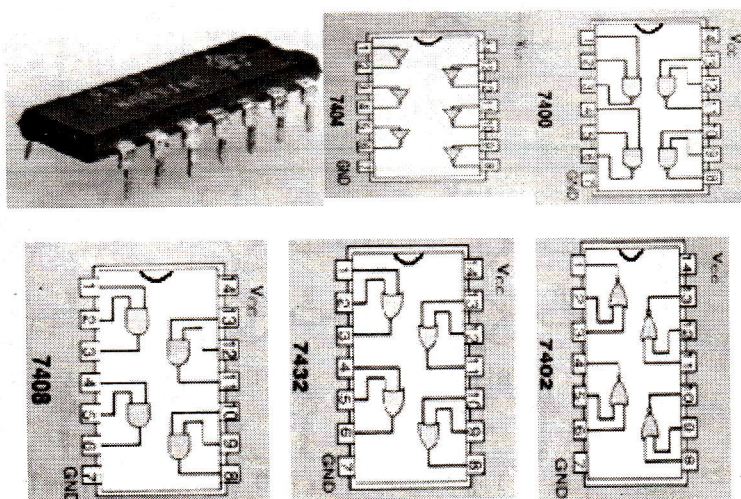
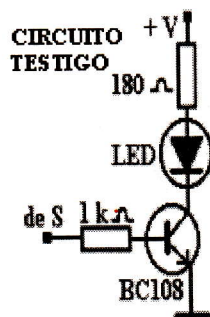
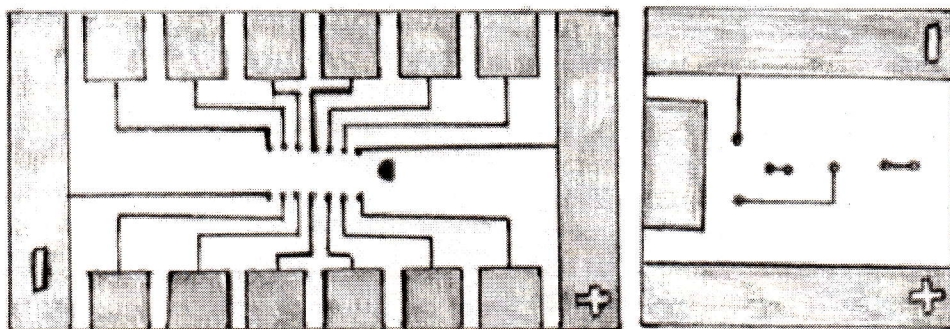


Figura 18



El circuito testigo (general) usa: 1 led común, 1 R de 180 ohm (marrón, gris, negro) (o de 120 ohm si el led no brilla mucho), 1 R de 1 Kohm (marrón, rojo, marrón) y un transistor BC107, BC108 o equivalente.

Puede alimentar el chip con la fuente de los equipos españoles y dar entrada "1" conectando al + de la misma cualquiera de las entradas de una puerta del chip; si usa pilas, recuerde que este circuito "consume bastante". Como cada CI contiene un mínimo de 4 puertas, que en todos los casos se pueden usar independientemente, recomendamos: montarlos sobre zócalos y usar otra puerta cuando la que esté en uso se "queme" (cosa no muy probable) o para sacar un chip y colocar otro ahorrando circuitería y soldaduras.

Máquinas – Fuerzas Trabajo y energía – Torque

Al introducir la parte mecánica del tema, se debe considerar que los alumnos deben tener el conocimiento mínimo de estos temas de tercer año; de no ser así, recordarles con ejemplos sencillos, el funcionamiento básico de las conocidas máquinas simples.

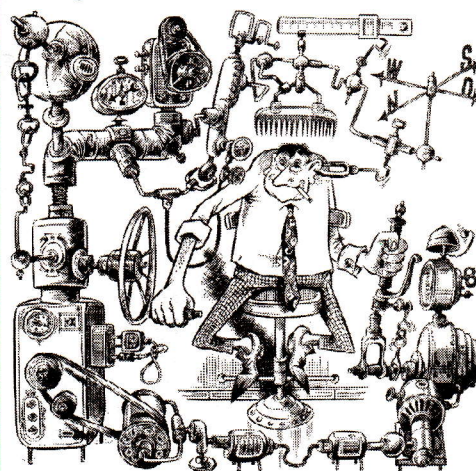
A manera de resumen orientador diremos que: las máquinas que realizaremos son dispositivos que ponen elementos en movimiento, transformando para ello distintos

tipos de energía en otros, aprovechando y regulando la acción de las fuerzas; funcionan electromecánicamente, es decir con piezas mecánicas como engranajes y poleas; y con elementos eléctricos y electrónicos como motores y sensores.

Las fuerzas las notamos por sus efectos, como por ejemplo empujamos algo poniéndolo en movimiento o frenándolo, estiramos un resorte o nos apoyamos sobre una goma y vemos como esta se deforma, acercamos un imán a pequeños trozos de hierro, etc.

Si un dispositivo "manipula", regulando y aprovechando la acción de esas fuerzas, multiplicando esa acción cuanto sea posi-

Figura 19



ble, lo llamaremos máquina (no es una denominación exclusiva y no es general).

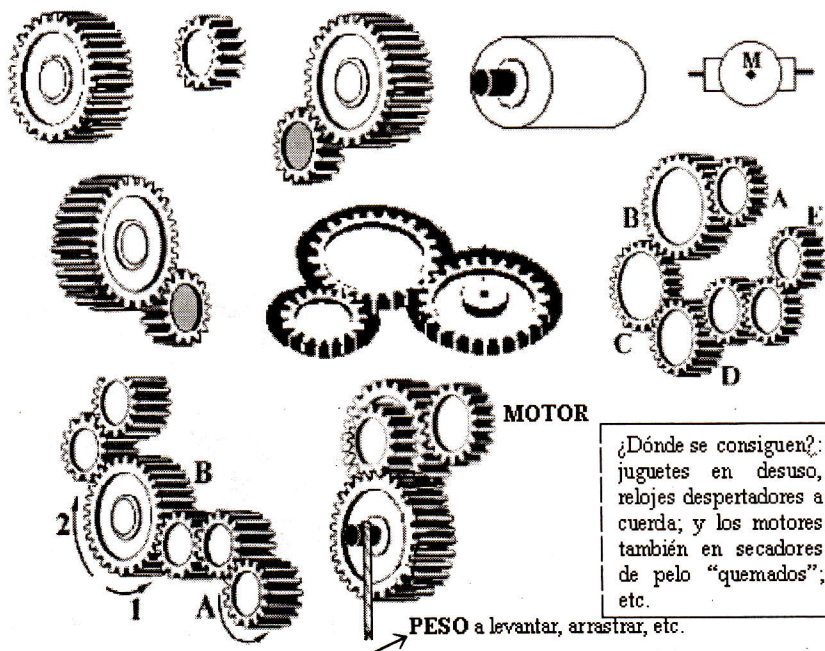
Generalmente las máquinas se usan para realizar algún trabajo, como por ejemplo: levantar bultos, transportar carga de un lugar a otro, moler cereales, empaquetar productos, apisonar, ensamblar, etc.. Como es sabido las máquinas necesitan energía para poder trabajar, las fuerzas reguladas por el mecanismo de esas máquinas son las que trabajan y por lo tanto las que transforman la energía trabajando. Como se ve, no se dijo que se usa la energía y que esta se "gasta" o se crea con las máquinas, sino que éstas la transforman, eso quiere decir: energía suministrada=energía obtenida (idealmente, claro); por el trabajo de una máquina no se puede obtener ni más ni menos que la energía que se le suministró para que funcionase; la energía se conserva.

El rendimiento de una máquina muchas veces se mide por el porcentaje útil de la energía obtenida, pues ésta siempre es menor que la energía entregada. Esto aparenta ser contradictorio con lo anterior;

¿dónde está el resto?; pues se usó en aumentar la temperatura del aire y de los elementos circundantes y tal vez en alguna otra acción. Esto es muy importante, pues nos dice que ninguna máquina puede funcionar eternamente sin una fuente de energía externa; las máquinas que se "alimentan" sólo de su propio trabajo, dejarán de funcionar en algún momento.

Para hacer que un cuerpo gire alrededor de un eje de giro, es necesaria una cupla, es decir, un par de fuerzas paralelas, una aplicada en un sentido, la otra en el sentido opuesto, ambas de la misma intensidad; una "medida" del "efecto de giro" producido es lo que llamamos torque de la cupla. La mayoría de las veces, nos es difícil identificar las dos fuerzas actuantes (la cupla actuante), por ejemplo cuando abrimos o cerramos una puerta, sólo reconocemos la que aplicamos en el pestillo, casi siempre en estos casos, la otra está aplicada en el eje de giro, y como vemos, de ser así, pierde relevancia para el efecto que queremos producir.

Figura 20



Engranajes rectos y sus “leyes” “Reducciones”

- Motor aplicado a engranaje chico: se logra menor velocidad de giro en el engranaje grande (reducción) con mayor torque “en el eje”.
¿Y al revés?

- En una cadena de engranajes los ejes impares giran en *sentido opuesto* a los pares.

Si construye la cadena del último dibujo, e insta a los alumnos a detener el giro del último, presionando el eje con los dedos, no quedarán dudas de la utilidad de este mecanismo (Ver figura 20).

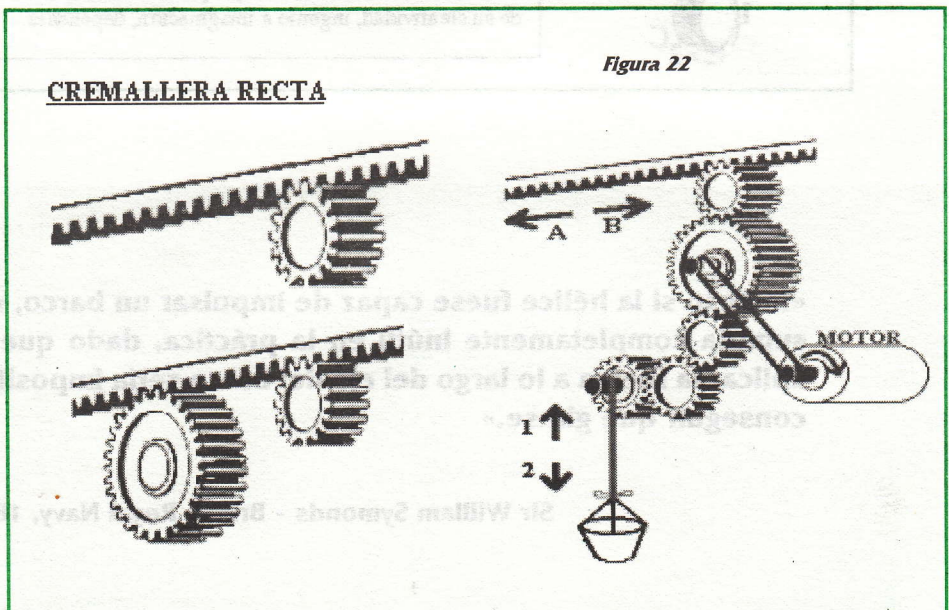
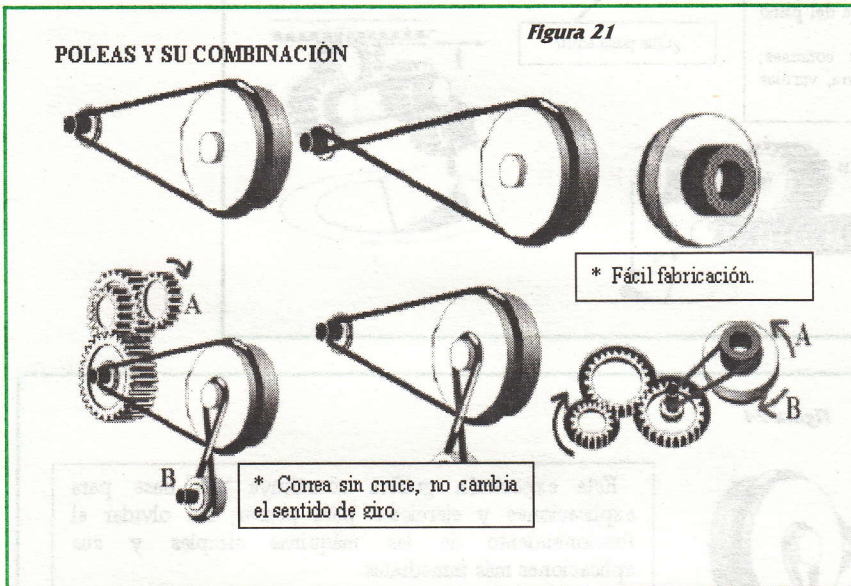
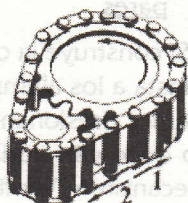


Figura 23

TORNILLO "SIN FIN"



Aplicación inmediata del plano inclinado.
¿dónde...?: tornillos comunes; desodorantes en barra, varillas roscadas; etc.



ENGRANAJES "CÓNICOS"



¿Qué pasa aquí?

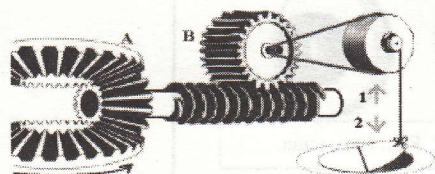
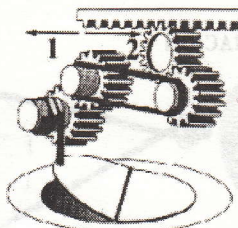
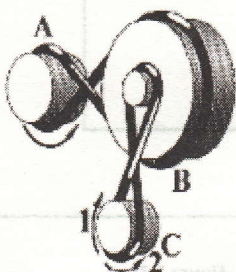


Figura 24



Esta exposición gráfica constituye una base para explicaciones y ejercicios para pensar, sin olvidar el funcionamiento de las máquinas simples y sus aplicaciones más inmediatas.

Cuando nos ponemos a trabajar en esto, les aseguro, se nos hace severamente difícil no entusiasmarlos.

De la motivación e interés que puedan tener los alumnos, de su creatividad, ingenio e imaginación, dependerá.

«Incluso si la hélice fuese capaz de impulsar un barco, resultaría completamente inútil en la práctica, dado que al aplicar la fuerza a lo largo del eje del barco sería imposible conseguir que gire.»

Sir William Symonds - British Royal Navy, 1837

¿POR QUÉ ES NECESARIO AMPLIAR EL PANORAMA DE LA FÍSICA CLÁSICA?

Prof. Mario Guerra
Consultor de UNESCO

Resumen. *La Física Clásica no logra explicar en forma satisfactoria la naturaleza de los fenómenos que ocurren a nivel de la materia. Tampoco logra explicar por qué razón los fenómenos observados se presentan en la forma en que ocurren. La Física Cuántica no solamente logra dar esas explicaciones en forma adecuada sino que, además, nos revela aspectos profundos de las reglas físicas que gobiernan el comportamiento de la naturaleza.*

Leyes físicas. Constantes de escala

La naturaleza presenta a nuestra escala fenómenos que pueden ser analizados con modelos. Los conceptos construidos en estos modelos, se originan en la misma escala que describen, mediante procedimientos de medición definidos[Física newtoniana].

La frase, «nuestra escala», se asocia a un ámbito de fenómenos y medidas, donde:

- a) Las velocidades son “pequeñas” comparativamente con la velocidad de la luz. La velocidad de escape del campo gravitatorio terrestre es 11 km/s (primera velocidad cósmica); la velocidad de escape del Sistema Solar es alrededor de 40 km/s (segunda velocidad cósmica). Estas velocidades representan 1/30.000 y 4/30.000 de la velocidad de la luz en el vacío. Las restantes velocidades utilizadas en nuestras ocupaciones generales, son muy inferiores. Las “partículas” en los aceleradores, no conforman un conjunto de objetos de “nuestra escala”.
- b) Las diferentes magnitudes son «continuas». Entre ellas, la energía. Asumir

estos comportamientos conlleva consecuencias importantes.

El cambio de escala, es un asunto delicado, que merece un comentario aclaratorio más. En la Física Clásica los cambios de escala son importantes en diversas ramas..

Cuando se desea construir un modelo en dimensiones diferentes a las del objeto real, por el simple hecho de “disminuir las dimensiones” NO se garantiza que los fenómenos en los dos sistemas evolucionen del mismo modo. Este problema, tienen que ver con un asunto importante, conocido generalmente como “problema de la similitud física”. Se trata de un concepto extremadamente más complejo y general, que la simple semejanza geométrica. Aclaremos algo más este punto crucial.

Supongamos que deseamos diseñar un ducto de drenaje de ciertas dimensiones, para desagotar un embalse en cierto tiempo prefijado, de manera que la cantidad de masa líquida no exceda por segundo una cuantía también prefijada. En este caso, el diseño se puede realizar si construimos un prototipo experimental en el laboratorio, que se comporte en forma “similar” al que deseamos construir. Una de las cosas que garantizarán la similitud, es el mantenimiento del llamado “número adimensional (es decir, no tiene unidades y se trata de un número puro) de Reynolds” que se define así: $Re = \rho v d / \mu$, donde “ ρ ” es la densidad del fluido que escurre, “ d ” el diámetro del tubo, “ v ” la velocidad media del escurrimiento y “ μ ” la viscosidad dinámica. Si el fluido en el escurrimiento por el ducto real y el fluido en el escurrimiento por el ducto diseñado es el mismo, los comportamientos serán semejantes en un aspecto: la forma en que la fuerzas viscosas controlan el escurrimiento.

Precisamente, este aspecto que tiene relación con el juego que desempeñan las

fuerzas viscosas, manteniendo el “ordenamiento laminar del escurrimiento” frente a las fluctuaciones desordenadas de las partículas del fluido, o por el contrario, “el triunfo de la turbulencia” en detrimento de la acción ordenadora de la viscosidad, está regulado por los valores del número de Reynolds.

Pero en general, la similitud física, exige la consideración de otros aspectos. La incidencia de las fuerzas de tensión superficial, está gobernada por otro número adimensionado, el llamado “número de Weber”, que se define así: $W = \rho \cdot v^2 \cdot d / \sigma$, donde “ σ ” representa ahora la constante de tensión superficial (por ejemplo del fluido con las paredes).

Los aspectos elásticos del escurrimiento, se relacionan en cambio con el llamado “número de Cauchy”, que se define así: $C = \rho \cdot v^2 / \epsilon$, donde “ ϵ ” es la llamada constante elástica del fluido que se define a su vez como proporcional a la cantidad “ $\rho \cdot dp/d\rho$ ”. La similitud de estos números adimensionados, garantiza, la similitud de los comportamientos físicos del fluido en el ducto real y en el ducto prototipo del laboratorio.

Esto nos dice que los cambios de escala, son problemas que también son importantes en el ámbito de la Física Clásica. Lo que ocurre, es que la extensión de un modelo físico o de una teoría a otras escalas, es un problema de mayor complejidad aun, que la conservación de números adimensionados o la simple similitud física.

¿Cuales son las características esenciales de los modelos contruidos a nuestra escala?:

- a] son deterministas, porque se basan en leyes entre cantidades definidas unívocamente, estableciéndose una correspondencia biunívoca entre estados físicos y cuantías asociadas a ese estado.
- b] las cuantías involucradas en cualquier ley y fenómeno, en principio, son determi-

nables con la precisión que deseemos. No existe limitación alguna, salvo la que «naturalmente» imponen los umbrales de sensibilidad de los instrumentos utilizados. En principio, el logro de precisiones crecientes se reduce a las limitaciones tecnológicas. No existen limitaciones teóricas para alcanzar precisiones indefinidas.

- c] son teleológicas, porque fijadas las condiciones iniciales, queda determinado el futuro del fenómeno para todo instante posterior.
- d] nada asegura, en los modelos macroscópicos, la posibilidad de extenderlos a otras escalas de medidas. Para averiguar esto, hay que «ponerlos a prueba» y analizar el grado de coincidencia entre las previsiones y las mediciones experimentales, cuando ellas son posibles. Como consecuencia, es razonable y consistente con la teoría clásica, el concepto de «trayectoria» asociado a un movimiento cualquiera. La parametrización de esta curva, son las ecuaciones horarias del movimiento.
- e] las teorías clásicas, nada dicen acerca de «la estructura» de la materia ó la energía. Esto es consecuencia directa de su carácter fenomenológico. Los modelos que se elaboran, prescinden de estas consideraciones. Sus especulaciones, se refieren a aspectos directamente observacionales de los cuerpos. Ninguna teoría clásica puede, en consecuencia, dar un modelo eficaz de los aspectos estructurales de la materia y la energía.

¿Hay fenomenos “más alla” de nuestra escala?

Es un hecho corroborable, que **existen** fenómenos fuera de nuestra escala. Veamos algunos ejemplos:

- a] La conducción eléctrica en gases, líquidos y cristales, tiene características diferentes; estados de agregación diferen-

tes, tienen propiedades cuantitativamente diferentes; la materia a bajas temperaturas es radicalmente distinta, en algunos casos, con su comportamiento a temperatura ambiente ya que aparecen propiedades físicas nuevas (superfluidez, superconductividad); las reacciones químicas, nos dicen de la formación «misteriosa» de nuevas moléculas a partir de átomos; la magnetización, en algunas sustancias es muy fuerte, para otras, muy débil.

b) Los fenómenos cósmicos a grandes distancias (la expansión de las galaxias; el «color negro» del universo y la «paradoja de Olbers»; las coloraciones diferentes de las estrellas; los fenómenos de radiación estelar) son manifestaciones del Universo lejano.

¿Es posible extender la física clásica a cualquier escala?

Podríamos pensar que los modelos elaborados a nuestra escala, se pueden extender fuera de ella, si fuera necesario con algunas hipótesis «bien elegidas». La Física ha perseguido la meta de la «universalidad», desde sus remotos orígenes. ¿Es posible esta extensión?

En el siglo XIX, se intentó explicar la conducción metálica con leyes clásicas (modelo de Drude). Es insatisfactorio. Por lo pronto:

1. **No** explica las razones que juegan para que la conductividad de un metal sea casi 22 órdenes de magnitud diferente a la de un semiconductor;
2. anuncia caminos libres promediales para los portadores de carga mucho más cortas que los reales que son alrededor de 50 a 100 veces más largos que lo previsto por el modelo.
3. la extensión del modelo clásico a la estructura atómica presenta, al menos, dos inconvenientes: **a)** resulta una estructura esencialmente inestable, en virtud de la radiación de energía asociada a las car-

gas que aceleran. Los electrones planetarios, al estar acelerados, producen una radiación de energía, que provoca la «caída del electrón hacia el núcleo». Como el período de revolución previsto para el electrón en el modelo planetario de Bohr es de orden 10^{-16} segundos, no es explicable la ESTABILIDAD de la materia circundante por largos períodos de tiempo, como es observable; **b)** el modelo clásico del electromagnetismo de Maxwell introduce el concepto de «masa magnética» con ciertas incoherencias que no pueden solucionarse en el propio modelo. En particular, si se concibe al electrón como una esfera con densidad de carga volumétrica distribuida, no es posible explicar la estructura anunciada, que sería esencialmente inestable.

Entonces: **Es un hecho comprobable que los modelos clásicos no dan explicaciones satisfactorias en forma independiente de la escala que consideremos.**

Consideramos una consecuencia de esta «dependencia de la escala» que tienen las leyes clásicas. Recordemos que el movimiento planetario, como consecuencia de la ley de gravitación universal de Newton, se rige entre otras cosas, por la «tercera ley de Kepler»: $T^2 \propto a^3$. Aquí «T» es el período de la órbita y «a» el semieje mayor de la misma.

Si efectuamos un cambio de escala en las longitudes, donde «a» se muda en « λa », y «T» se muda en « λT », la ley predice un «acomodamiento» del período al valor adecuado que deseemos, seleccionado arbitrariamente el semieje «a» y la constante de escala « λ ». En efecto, si cambiamos el período y el semieje realizando una modificación de escala, tenemos:

$$(\lambda \cdot T)^2 \propto (\lambda \cdot a)^3$$

Entonces: $T^2 \propto \lambda \cdot a^3$, que nos dice que seleccionando «a» y la constante de escala **real** « λ », podemos determinar un «período po-

sible" cualquiera. Si seleccionamos "T", recíprocamente, podemos determinar un valor arbitrario de "a" tan grande o pequeño como deseemos.

Esto significa que, en principio, las trayectorias planetarias no están ni espacial ni temporalmente acotadas. Podemos tener "órbitas de cualquier radio o de cualquier período". En cualquier caso, la gravitación se encargará de ajustar el período "T" o el semieje "a", al valor correcto.

Si trasladamos este modelo a los átomos planetarios, esto significa que los mismos podrían tener "cualquier tamaño". La consecuencia de esta libertad en las dimensiones espaciales y temporales es que la estructura atómica no tendría limitaciones de tamaño y en consecuencia sería, generalmente **inestable**. Esto no corresponde a la realidad. La materia se nos presenta en general como estable y permanente y los diferentes átomos conocidos en forma "natural" o por creación artificial, tiene tamaños de órdenes acotados de algunos pocos angstroms, en todos los casos. En consecuencia, la ley de Kepler no se puede extender al movimiento de los electrones atómicos. Volveremos sobre este asunto más adelante.

Pero hay otras razones, de carácter mas general, que nos inducen a pensar en la falibilidad de los modelos clásicos.

Un ejemplo adecuado es éste: un trozo aluminio, tiene una densidad, un calor específico, una temperatura de fusión, una masa, un volumen, etc. Si subdividimos el trozo, algunas de las propiedades anteriores(las extensivas)cambiarán, mientras que otras(las intensivas)se mantendrán.

Si la materia fuera **infinitamente** divisible, no habría razón aparente, para que esas cuantías intensivas se modificaran, constituyéndose en características de la sustancia.

En ese caso, **nuestras leyes clásicas** deberían permanecer válidas en cualquier es-

cala, ya que una vez construidas a nuestra escala, serían extensibles a cualquier otra. Sin embargo **no es así**.

Al existir elementos básicos en las estructuras(los átomos, las partículas elementales constituyentes de los mismos), la cuestión es **esencialmente diferente**. Un átomo de aluminio es algo sustancialmente diferente de los que llamamos «aluminio» a nuestra escala. Es razonable entonces que las leyes elaboradas a partir de modelos clásicos, **no** permanezcan y deban ser abandonadas.

Hay entonces, un cambio fundamental al modificar la escala, **que no se resuelve** solamente modificando los órdenes de magnitud en las cuantías que figuran en las leyes clásicas originales. Hay "algo más" que debemos considerar si queremos abordar la escala atómica.

Esto no es todo. Podemos preguntar: ¿cómo es posible que a partir de comportamientos elementales tan diversos, se observen las propiedades que medimos a nuestra escala?. Este asunto no es trivial, puesto que una visión unificadora del mundo, **debe** establecer el puente entre el microcosmos, el macrocosmos y nuestra escala. Si aspiramos a una Ciencia de carácter universal, resolver estas cuestiones es esencial.

Un cambio de escala, ¿es lo mismo que un cambio de unidades?

Cuando decimos que la constante «h» de Planck es «pequeña», podríamos resolver este asunto, haciendo un «cambio adecuado» de unidades. De hecho, podríamos «definir un sistema de unidades» donde « $h=1$ », en forma similar a como se procede en Astronomía, donde se toma como **unidad**, la velocidad de la luz. Esto es muy cómodo. Permite expresar distancias intergalácticas, por números pequeños. Esto lo ha-

ce mos también a nuestra escala. El metro es más adecuado que el milímetro o el centímetro para medir distancias cotidianas, en muchos casos. Si medimos nuestra altura en «metros», esa distancia queda asociada a un número pequeño. Pero si midiéramos nuestra altura en Angstrom o en femtometros, el número sería enormemente grande y «molesto» de manejar.

Cuando las cuantías son muy pequeñas ó muy grandes, utilizamos el recurso de utilizar «ordenes de magnitud» mediante «potencias de 10». Si expresamos la constante de Planck, en la forma que se hace habitualmente, **a nuestra escala**, resulta ser un número pequeño. Sin embargo, esto **no** es de importancia fundamental y lo que queremos decir, **no** es precisamente lo referente a los cambios de unidades.

Cuando hablamos de un «cambio de escala», nos referimos a otra cosa: son cambios sustanciales en la descripción física, por el mero hecho de indagar la física de lo muy grande o lo muy pequeño. Dicho de otro modo: el cambio de escala, al que nos referimos, tiene que ver con una modificación profunda desde el punto de vista conceptual, que **no es una modificación de las unidades. Aunque esto, también pueda hacerse por comodidad.**

Se trata de algo más importante. Tiene que ver con la aparición de aspectos que el modelo original de partida **no** considera, precisamente, por razones de escala.

Por ejemplo, la velocidad de la información que utilizamos en una medida, no es relevante cuando el fenómeno es lento comparativamente con la velocidad de la luz. Sin embargo, la consideración de este hecho, **que debe ser tenido en cuenta** en la construcción de las escalas de tiempo, modifica conceptos intuitivos, y básicos del modelo clásico, como el de «simultaneidad». El nuevo modelo construido bajo esta nueva visión, en la cual existe una «ve-

locidad límite de transmisión para las señales», altera nuestra comprensión de las cosas. Nos revela aspectos que no tuvimos en cuenta antes, y al mismo tiempo, **modifica nuestros conceptos**, aunque sigamos llamando **con los mismos nombres** a cosas que ahora son diferentes. La «fuerza» que nos menciona Newton, **no** es la «fuerza» de la que habla la Relatividad (que además, en este contexto es un nombre genérico que se da a diversas expresiones posibles, todas ellas diferentes). El concepto de «masa», utilizado en el modelo de Newton, se modifica radicalmente en el contexto relativista de Einstein. Si bien es cierto que las leyes de este modelo, «tienden al modelo clásico cuando $v \ll c$ », no es correcto afirmar que un modelo es la versión «límite del otro», porque las bases operacionales y epistémicas son **diferentes**.

Los cambios de escala, obligan entonces, a un cambio en nuestras concepciones.

Ejemplos de esto son: la simultaneidad la concebimos como absoluta; la masa como un invariante (independiente del referencial); las longitudes y los intervalos de tiempo independientes del referencial elegido; la geometría del espacio-tiempo es euclidiana, etc.

¿Por qué pensamos así? Porque el modelo «funciona bien» y contrastado con la «realidad» circundante, **parece** ser adecuado, y **preciso**, para la mayoría de los casos presentados en nuestra escala. Pero esta «precisión de intervalo» del modelo clásico, **no** se puede extender a cualquier escala de medidas, y ello implica **cambiar nuestros conceptos** básicos sobre la materia y su interacción con la energía.

¿Qué ocurre si «salimos de nuestra escala»?

Volvamos por un momento a algo ya mencionado anteriormente.

Hay preguntas, que ningún modelo clásico puede responder. Una de ellas, de na-

turalidad fundamental, es esta: ¿por qué los átomos y los núcleos tienen el tamaño que tienen? ¿Hay alguna «razón» que limita sus tamaños?.

Las preguntas pueden parecer «tontas», pero no lo son. Tratar de resolverlo estas interrogantes a partir de explicaciones «clásicas» es embarcarse en un camino sin salida, porque el modelo **fue construido** de modo tal, que sus bases epistemológicas excluyen de entrada este tipo de cuestiones. Los modelos clásicos, describen y dan razones (en algunos casos) de por qué las cosas suceden como suceden, pero **no** se plantan en casi ningún caso, si esos mismos fenómenos podrían ocurrir de otro modo, o si existen limitaciones estructurales que harían absurda la existencia de algunas entidades o situaciones. Hay excepciones a esta afirmación, pero se trata de casos particulares.

Por ejemplo: es demostrable, que las órbitas circulares de una masa puntual gobernada por una fuerza centrípeta de la forma (k/r^n) es necesariamente estable si $[n > -3]$. En este caso, las leyes clásicas nos dicen «algo más» acerca de este movimiento: las órbitas serán acotadas si «n» toma ciertos valores y no lo serán si toma otros.

Pero hay otros ámbitos de problemas físicos, donde el modelo clásico **no** ensaya explicación alguna. Las diferentes especies nucleares y atómicas, **no** tienen cualquier tamaño. Esto no puede ser «casual». Un cambio de escala, revela que lo que imaginamos **universal**, deja de serlo.

Por ejemplo: lo que llamamos «valor de una magnitud» se refiere a un valor promedio en las variables espaciales y temporales, según corresponda; el concepto de «trayectoria», fundamental en los modelos clásicos, pierde **completamente** significación.

Las mediciones clásicas, deben modificar su significado. No se trata de un problema «técnico» del instrumento, de lo «poco preciso» que sea. La definición de «medida»

hace aparecer un elemento **nuevo, no clásico**, que opera como limitante, y que conforma un Principio de la Naturaleza: el «Principio de Incertidumbre» que se traduce por relaciones que mencionaremos más adelante.

En estas relaciones, aparecen funciones, generalmente **designadas con los mismos nombres** que en el modelo clásico («posición», «momentum lineal», «momento cinético»,...) pero que **no** coinciden con esas cuantías clásicas.

Las cuantías clásicas, **no pueden** originar relaciones de «incerteza» porque sus definiciones, son estrictamente deterministas.

Escalas y constantes características

Los modelos clásicos, se caracterizan por disponer los fenómenos en parcelas generalmente excluyentes. Es una característica tradicional, que cada una de estas parcelas, tiene una «constante característica» que actúa como factor limitativo en ciertas áreas de fenómenos. Mencionamos ejemplos:

- La ley de gravitación de Newton presenta una característica esencial: depende de una constante universal, llamada «constante de Cavendish». La debilidad de la fuerza gravitatoria a nuestra escala, para masas «razonablemente pequeñas», está vinculada, al pequeño valor de esta constante. La fuerza gravitatoria es significativa, cuando las masas son de órdenes grandes, como es el caso, por ejemplo, de los cuerpos planetarios. Esta constante, «rige» los fenómenos clásicos gravitatorios y esta involucrada en las grandes leyes: la geometría de las órbitas, la forma de las ecuaciones horarias,...
- Los fenómenos electrostáticos, están gobernados en el vacío por una constante que resume, las propiedades de isotropía y homogeneidad: la permitividad

eléctrica. El pequeño valor de esta constante, origina, al revés de lo que ocurre con la gravitación de Newton, que las fuerzas electrostáticas sean enormemente más intensas que aquellas. La diferencia entre ellas es alrededor de 40 órdenes de magnitud. El modelo clásico de la electrostática, descubre este hecho, reconoce esta ley muy general, pero **es incapaz de ensayar una posible explicación** a este llamativo hecho. Mas aun, dada la similitud **formal** de ambas leyes.

- c) Las interacciones magnéticas, están gobernadas por una constante característica llamada «permeabilidad del vacío», que es 6 órdenes de magnitud mayor que la constante electrostática, lo cual influye en la debilidad de los efectos magnéticos frente a los eléctricos. Clásicamente, el magnetismo conforma una parcela independiente de los fenómenos eléctricos. La Relatividad, nos dirá que **no es así**. Comprobaremos en este nuevo contexto, que **aquello** que llamamos «magnetismo», es un efecto relativista de segundo orden, asociado a las cargas en movimiento. Algo que esta asociado al referencial en el cual nos encontramos. En otros términos: **no solamente** nos interpreta el hecho, sino que nos dice la razón por la cual los fenómenos magnéticos son «de segundo orden» frente a los eléctricos.

El vínculo entre las constantes **coincide** con el cuadrado de la velocidad de la luz. Este descubrimiento, **fue** realizado en el siglo XIX por Maxwell. La teoría que lo sustenta **no** es clásica, sino esencialmente relativista, aunque ello fue ignorado por más de 40 años.

Lo anterior, sugiere que la **unificación** de los modelos de campo eléctrico y magnético independientes, en una estructura nueva, que conduce por lo menos, a dos cosas: 1) la reducción eventual de algunas constantes «dispersas»

y la eventual aparición de otras que no habíamos considerado, de **carácter más fundamental**; 2) la interpretación unificada de parcelas de conocimientos inicialmente separadas, y la supervivencia de algunas de ellas en un modelo estructuralmente superior.

De acuerdo con lo anterior, cabe esperar que al definir un cambio de escala, «aparezcan constantes características» de esa nueva parcela. Pero además, **aspiramos a una importante unificación**. ¿Está justificada la expectativa?.

El modelo cuántico, **no** es exclusivamente un modelo de «lo pequeño». En realidad, entre las consecuencias que se logran entender con él, hay una de gran relevancia: **toda la Física es "Física Cuántica"**. Los diferentes fenómenos, incluidos aquellos que llamamos «macroscópicos», son la **adaptación a otra escala de leyes generales que tiene que ver con la estructura de la materia y la energía**.

Las constantes básicas, permiten «construir» números adimensionados o dimensionados, que caracterizan a los fenómenos de esa escala. Por ejemplo: si tomamos en consideración las constantes «h», «m» y «c» (constante de Planck, masa en reposo del electrón, velocidad de la luz, respectivamente), podemos construir distintas «formas con significado»: « mc^2 », « $h/2\pi mc$ » y « $h/2\pi mc^2$ ». ¿Qué dimensiones, qué naturaleza física tiene estas «formas»? ¿Tienen algún significado? ¿Representan «algo»?

La primera, es una energía; la segunda es una longitud; la tercera es una unidad de tiempo. Es claro, que las mismas pueden ser tomadas como las **unidades naturales de medida** de esas especies físicas, en el ámbito cuántico. Pero el problema es más profundo que solamente la adopción de un «grupo adecuado de unidades o de formas o combinaciones de magnitudes físicas».

Para ejemplificar el significado de esta afirmación, consideremos una «forma» parti-

cularmente importante: es la llamada «constante de estructura fina», que hizo su aparición en el análisis de los espectros. Su valor es $1/137$. Se trata de un número **puro**. ¿Qué significado tiene? ¿En qué sentido es una constante «fundamental de la naturaleza»? ¿Por qué tiene este valor?

Supongamos que tenemos dos cargas “q” (por ejemplo un electrón y un núcleo) que colocamos a distancia “d” cualquiera. La energía eléctrica de este sistema, es como sabemos:

$$U = k \cdot q^2 / d$$

Si queremos construir un átomo de hidrógeno en su estado fundamental de energía, debemos “elegir” $d = h/2\pi mc$ (que se conoce como “primer radio de Bohr”). En este caso, tenemos:

$$U = 2 \cdot \pi \cdot m \cdot c \cdot k \cdot q^2 / h = 2 \cdot \pi \cdot m \cdot c^2 \cdot k \cdot q^2 / h \cdot c$$

Entonces:

$$U / m \cdot c^2 = 2 \cdot \pi \cdot k \cdot q^2 / h \cdot c \approx 1/137$$

(es un número puro). La relación entre la energía eléctrica de acoplamiento de las dos cargas y la energía en reposo del electrón acoplado, es un número constante que se denomina “constante de estructura fina”. Y esta es una de las razones por las cuales el átomo resulta de dimensiones acotadas en ese estado fundamental y no con “cualquier radio”. Pero esto no es todo.

En la constante $1/137$, las fuerzas electromagnéticas, están entonces relacionadas con esta constante. El hecho de que la constante sea «pequeña», nos dice que las interacciones electromagnéticas, **«son débiles»**, cuando comparamos la energía de acoplamiento de dos electrones situados a la «unidad de longitud ($h/2\pi mc$), con la energía de reposo del electrón. Tomando a esta última energía como un «patrón» podemos efectuar un análisis comparativo. Si comparamos con la energía de empaquetamiento nuclear, la constante es del mismo orden que la energía en reposo.

Si consideramos los fenómenos espectroscópicos asociados a las transferencias electrónicas, es natural que esta constante de estructura fina juegue un rol de importancia, puesto que se trata de modificaciones en el acoplamiento asociadas a emisiones de energía. Lo que no está claro aun, es la razón por la cual tiene el valor ($1/137$). Sobre este aspecto, existen especulaciones diversas, entre las que debemos señalar la muy conocida argumentación de **Dirac**, aunque no destinaremos aquí espacio a este interesante asunto.

Hay sin embargo un hecho importante que merece ser resaltado: en la expresión lograda de la constante de estructura fina, **no interviene** la masa del electrón. Por tanto, su valor se refiere al acoplamiento de **cualquier partícula al campo magnético**.

En este sentido, estamos ante una constante fundamental de la naturaleza, característica de la escala cuántica.

Las constantes de escala, definen entonces los valores medios de la función ($1/r$), de la cual depende el potencial eléctrico que acopla los electrones a los núcleos positivos. Es esta constante la que establece el tamaño de los átomos.

En el modelo clásico, la pregunta “¿por qué los átomos son del tamaño que son?” no tiene respuesta.

¿Existen fenómenos cuánticos a nuestra escala?

Dado que las «constantes de escala cuántica» son pequeñas, podríamos pensar que se trata exclusivamente de un modelo asociado a fenómenos **no** «visualizables». Sin embargo no es así. Vamos a citar algunos ejemplos.

a) Los diferentes elementos presentan, como es sabido, diferentes «espectros característicos». Según el tipo de asociación atómica o molecular, o según el tipo de excitación que se realice. En lí-

neas generales, se tienen:

1) (según su estructura) «espectros de líneas», «espectros de bandas», «espectros continuos»;

2) (según la excitación) «espectros de chispa», «espectros de arco».

Durante el siglo XIX, los llamados «espectroscopistas realizaron un importante acopio de información acerca de las características de estos espectros, descubriendo leyes que vinculaban la posición de las rayas y bandas espectrales, con la frecuencia de la luz emitida por el elemento. Las leyes construidas, eran de naturaleza estrictamente empírica. Generalmente llevan el nombre de sus descubridores (Balmer, Lyman, Pfund, Pickering, Ritz,...)

Estas leyes, no tenían base en modelo alguno. Hoy sabemos a partir del modelo cuántico, que son la consecuencia del **comportamiento cuántico** de los átomos o de las moléculas de la sustancia excitada.

Es posible «identificar el tipo de electrones» que entran en juego en cada caso, mediante experimentos precisos, avalados por una teoría consistente (resonancias de Hertz-Frank, y experimento de Compton, a modo de ejemplos y a los que nos referiremos más adelante). Se trata de manifestaciones observables **a nuestra escala**, de fenóme-

nos que se originan a escala diferente de la nuestra o de nuestro ámbito de observación.

- b) El llamado efecto fotoeléctrico, es de naturaleza estrictamente cuántica y es observable en dispositivos que lo utilizan a nuestra escala tecnológica, mediante efectos que se encuentra fuera de nuestra escala. En este sentido, el equipamiento experimental, realiza un puente entre escalas muy distintas y la teoría cuántica da el soporte teórico confiable acerca de la forma en que debemos interpretar los resultados.
- c) Los semiconductores [transistores de juntura (BJT), o de efecto de campo (FET y MOSFET)], los diodos de juntura [sean estos «normales», tipo Zener, «varicaps», «túnel» o Esaki] tienen una fenomenología que se manifiesta a nuestra escala, pero el mecanismo físico de su funcionamiento es de base cuántica y no clásica.
- d) El comportamiento de la radiación en sus diferentes longitudes de onda, en el comportamiento de los cuerpos negros o grises, se interpreta cuánticamente, mediante leyes cuánticas completamente extrañas a las leyes clásicas. La energía proveniente de las estrellas, originada en procesos de fusión, desencadenada a partir de intensos efectos de contracción gravitatoria es un ejemplo de esto último.

**Si el cerebro humano fuese tan simple
que pudiésemos entenderlo, entonces
seríamos tan simples que no podríamos
entenderlo.**

Poema entregado en la apertura del II Taller de Física - Cuba

La Física y la Ciencia Ficción pestañearon,
han decidido compartir el sueño con la poesía.

El amor se lastró de inseguridades
con incertidumbres dignas de Heisenberg
cual partículas elementales
en su micromundo,
mas allá de principios,
donde causa y efecto son sólo
nubes de probabilidad cuántica.

Arriba, abajo
derecha e izquierda
perdieron su sentido,
se rompió la simetría...

Ahora lo entiendo todo: muy fácil
primero fue el Big Bang
(con Dios o sin Él).

Después el espacio-tiempo
quarks, leptones y hadrones
átomos y moléculas
galaxias, estrellas, planetas
reptiles y mamíferos.

Es evidente,
todo fue así para que yo te encontrara.

Tuve que entender la luz
fotón-campo
su dualidad surrealista,
el ser onda y ser partícula
y no ser ninguna de las dos.

Como ser ola y pelota de playa,
que se diluyen en el tetraespacio.

Tuve que acostumbrarme
a los absurdos cuántico-relativistas
para comprender que
cuando nos desnudamos
fuiste laboratorio
y yo estaba experimentando
(sin saberlo)
el debate dual Flor-Mujer.

Y quiero amarte con mi tiempo propio,
con la prolongación inadvertida
de los que están en reposo
y con la certeza
de que mi Universo cerrado
tiene sus fronteras
no más allá de tus suspiros.

Quiero sentir
que el espacio se curva
bajo tu atracción
y comprobar
que eres la gravedad misma
que puede atarme sin cadenas
y que no hay otra aceleración
a no ser,
la de tu pulso y el mío
y quiero, al final,
colapsar en ti
como en un hueco negro.

EDUCACIÓN en FÍSICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay
Volumen 6 Número 1

Mayo, 2000

S u m a r i o

• EDITORIAL	pág. 1
• CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOS	pág. 2
• MOVIMIENTO BROWNIANO ¿Seguimos ordenando Entropía? Gustavo Carbonell	pág. 3
• CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS.....	pág. 6
• LA SOLDADURA: TÉCNICA Y PRÁCTICA Edgar Gómez	pág. 7
• ESPACIO DE A.P.F.U.	pág. 10
• FÍSICA DEL HUMOR	pág. 12
• LOS TRABAJOS PRÁCTICOS COMO INSTRUMENTOS DE APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS CIENTÍFICOS José Miguel Ayenza Esparza	pág. 13
• FOTODETECTORES Pablo Garategui	pág. 23
• SOLUCIONES PRÁCTICAS	pág. 26
• ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA Roberto Richardson	pág. 27
• CAOS: UNA INTRODUCCIÓN Enrique Inzaurrealde	pág. 33
• WEB	pág. 36
• LABORATORIO ... ¿QUÉ HAY DE NUEVO? Óscar Collado, Odi Prieto, Alejandra Delgado, Sandry Ramírez, Sergio Falcón	pág. 39
• PROYECTOS PARA 1º B. D. (Una sugerencia) Sandry Ramírez	pág. 42
• ¿POR QUÉ ES NECESARIO AMPLIAR EL PANORAMA DE LA FÍSICA CLÁSICA? Prof. Mario Guerra	pág. 55