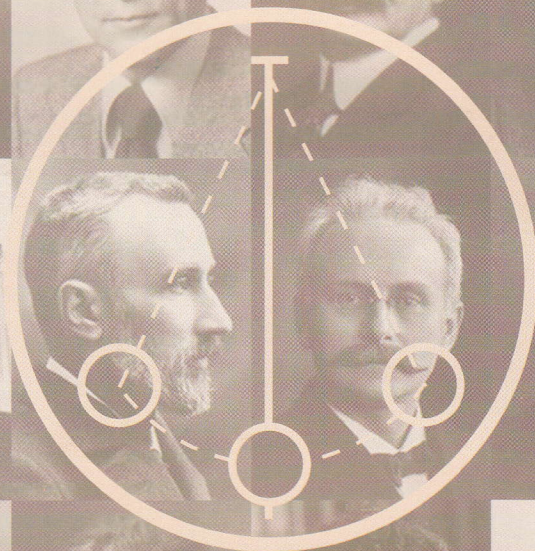


EDUCACIÓN en FÍSICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay

Asociación de
Profesores
de Física



del Uruguay

Volumen 6 Número 5

Diciembre, 2001

Asociación de
Profesores
de Física



del Uruguay

EDUCACIÓN EN FÍSICA

Volumen 6 N° 4

Agosto 2001

Depósito Legal:

299222 / 01

Redactor Responsable:

Sandry Ramírez

Consultores de Redacción:

Mario Guerra
Anna María Cossio
Pablo García
Gustavo Carbonell
Celia Pérez

Colaboraron en este número:

Adriana Echarte
Adriana Machado
Alejandra Delgado
Javier Ávila
Ana Piccininno
Gustavo González
Néstor Souza
Pablo Garateguy
Alejandra Caggiano

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

Comisión Directiva de A.P.F.U

Zoraida Viera, Presidenta
Claudia Varaksa
Gustavo González
Federico Manzione
Javier Ávila

Dirección de la Revista

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

Publica: Ediciones IDEAS

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

M.E.C.:

Edición amparada por Decreto 218/996



Portada: Composición con imágenes de Físicos premios Nobel

EDITORIAL

Estimados colegas y lectores, en este año primero del presente siglo nos hemos enfrentado a muchos pesares: editoriales, personales y generales. Quizás no sean los peores, pero de cualquier manera no nos rendimos, AQUÍ ESTAMOS!

Muchas ideas nuevas fueron puestas a consideración para esta edición, ideas que hemos pospuesto por falta de espacio, pero que muy pronto implementaremos. Cuesta armar una publicación con tanto material y, esta vez, menos posibilidades de trabajo en ella; pero gracias al esfuerzo increíble de los/las compañeros/as que nunca fallan, seguimos y seguiremos adelante. Nuestro agradecimiento hacia ellos y nuestros "anónimos" es infinito.

Nuestro XI Encuentro Nacional (ENPF XI) fue campo fértil de una cosecha fructífera de voces de aliento, aprobación y colaboración. Destacamos muy especialmente, la disposición de ponentes y asistentes en acercarnos material para estas y futuras ediciones; y el gesto, que se ha hecho tradición, de nuestra Comisión Directiva que ha integrado a la Redacción de la Revista en todos los Encuentros de nuestra Asociación.

Proyectos que, por distintos motivos, se pospusieron, serán llevados a cabo en el próximo año, el cual esperamos sea más benevolente con nuestros Profesores y sus familiares.

Como siempre decimos: Viva la vida. Ya pasamos el año 1. Que los venideros sean para ustedes los mejores de la era. Denle vida a la Física y sus conceptos.

Hasta el año que viene, que la Física los acompañe.

La Redacción

CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN

Esta complicada y variada edición apunta fuertemente al trabajo que algunos profesores presentaron en nuestro Encuentro pasado; aunque no deja de lado otros trabajos seleccionados por su temática afín a algunos de los pedidos que se nos han formulado.

Gran aceptación, discusión académica (en el mejor de los sentidos del término) y posterior “acoso” a los profesores disertantes, tuvo el trabajo que sus autores titularon “*Los Problemas de los Problemas*”. Lo que se dijo en oportunidad de la presentación del mismo fue de una riqueza y una ansiedad propia de las personas que tienen situaciones comunes; la diversidad de aportes al respecto, el conocimiento de otros abordajes

al tema y la posterior discusión, hicieron escaso el tiempo.

En esta oportunidad también destacamos los aportes “*electrónicos*” de variada procedencia y un trabajo de una “*óptica*” poco conocida, aporte de nivel reconocido en otras publicaciones.

Estamos pensando, debido a algunas sugerencias, publicar los comentarios que los Consultores de esta publicación hacen sobre los artículos publicados, no así de los que han sido devueltos por distintas causas. Esperamos como siempre vuestras opiniones al respecto.

Buena vida y hasta la próxima edición.

CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOS

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

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

año; dentro del texto las referencias se indicarán dando apellido(s) y año entre paréntesis.

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

La dirección de A.P.F.U.
apfu@adinet.com.uy

La dirección de la revista
rev_apfu@i.com.uy

EL PRINCIPIO DE D'ALEMBERT

Gustavo Carbonell . Profesor I. P. A.

Cuando en nuestros cursos encaramos el estudio del Segundo Principio de la Dinámica, en general seguimos algunos pasos formales.

Dibujamos en el pizarrón un cuerpo al que le aplicamos una fuerza representada por un vector. Tenemos mucho cuidado, a continuación, de dibujar la aceleración con la misma dirección y sentido que la fuerza aplicada. En este punto comienza una discusión sobre la naturaleza de las magnitudes representadas. Se analiza la relación entre la fuerza y la aceleración. Mencionamos la Inercia o la Masa, según sea el nivel del curso en el que estemos, pero la relación entre la fuerza y masa (inercia) ocupa un lugar importante en estos estadios iniciales.

El valor de la aceleración lo relacionamos para un mismo cuerpo con el módulo de la fuerza aplicada (en esta etapa los cuerpos los asumimos como puntuales). El paso siguiente es aplicar una misma fuerza a diferentes cuerpos de donde enunciamos que a mayor masa corresponde una aceleración menor.

A esta altura del desarrollo del tema, la tiza, el pizarrón y nuestra elocuencia son los instrumentos más comunes utilizados para nuestro trabajo.

Estoy seguro de que muchos de nosotros nos hemos planteado, en alguna oportunidad, si realmente esto no se puede "descubrir" a partir de un trabajo experimental relativamente sencillo.

Para analizar esto último hay que ver si realmente tenemos la posibilidad de aplicar fuerzas conocidas y de módulo constante a distintos cuerpos.

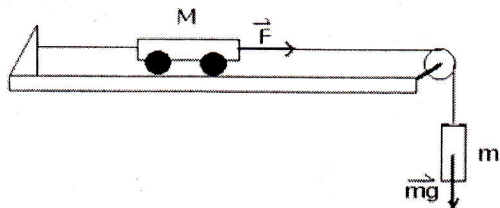
Es dotación normal de un laboratorio de Física la existencia de resortes calibra-



dos, dinamómetros, bandas elásticas por un lado o planos inclinados, poleas y pesas marcadas por otro. Con los primeros tenemos un inconveniente real: es el hecho de que para aplicar una determinada fuerza a un cuerpo de un cierto valor no es

posible hacerlo de manera instantánea. Ese valor se alcanza en forma gradual durante un lapso corto pero significativo. Esto hace imposible la aplicación de una fuerza neta constante. El uso de poleas pesas o planos inclinados nos permite lograr lo anterior pero como la masa y el peso son directamente proporcionales no se puede con este procedimiento estudiar la dependencia entre la masa y la aceleración.

Muchos podemos pensar en este momento en la práctica "Fuerza y aceleración" en todas sus variantes. En la figura mostramos el dispositivo atando el carro por medio de un hilo, de modo que el sistema está en equilibrio. Si asumimos que las condiciones del sistema son casi ideales, se puede ver que la fuerza transmitida por el hilo a la masa M es igual al peso de la masa m o sea $F = mg$. Si se interpone en la cuerda que une el carro con la pared un dinamómetro, veremos que mide una fuerza igual a la anterior.



¿Qué ocurre al cortar el hilo? Si procedemos a calcular la aceleración del sistema en este caso ahora la fuerza neta no balancea-

da del sistema es el peso de la masa m , por lo tanto la aceleración del sistema será:

$$a = m g / (m + M).$$

Este resultado correcto no es sin embargo, entendido por la mayoría de los estudiantes. Si los consultamos frente a la situación anterior, nos dirán seguramente que la masa M estará experimentando una fuerza igual a: mg . Entonces la aceleración del carro M sería según este razonamiento:

$$a_1 = mg / M$$

Para el caso de la masa m colgada del hilo la situación sería la siguiente:

$$a_2 = mg / m = g.$$

Este razonamiento, bastante común en nuestros alumnos, conduce a error porque, si el hilo es inextensible, ambos cuerpos se deben mover de la misma manera con la misma aceleración.

En nuestros cursos le damos un énfasis especial al concepto de aceleración del sistema hablando de la fuerza neta y de la masa del sistema.

En un camino como el anteriormente planteado, si partimos de una situación estática, este razonamiento tiene indudablemente puntos erróneos. Si el sistema está formado por dos cuerpos unidos por medio de un hilo inextensible y de masa despreciable, estos cuerpos no pueden moverse simultáneamente con aceleraciones diferentes. En el análisis dedicamos nuestra atención a la fuerza neta sobre el sistema y la masa total del mismo.

Si en esta situación partimos primero de la situación estática para pasar luego al sistema en movimiento, es posible que nuestros alumnos más suspicaces pierdan pie.

Preguntas del tipo: ¿Por qué la tensión del hilo, cuando el sistema está en movimien-

to, no es la misma que cuando el carro estaba atado con él? El planteo erróneo que vimos antes prueba con claridad que la fuerza sobre el carro en movimiento no es la misma. La aceleración del sistema, en este caso, queda desconectada de las ideas básicas. Queda flotando la convicción de que la dinámica aplicada a un cuerpo es una pero la dinámica aplicada a sistemas complejos es ligeramente diferente. Da la impresión de que coexisten dos dinámicas diferentes; una, cuando encaramos la aplicación de los principios en ejemplos elementales y otra cuando la aplicamos al análisis de sistemas complejos.

Una consulta a la bibliografía usual no arroja demasiada luz sobre este tópico, más o menos todos los textos siguen la misma línea coincidente con lo que hacemos en nuestros cursos. Una búsqueda un poco más profunda me llevó a un excelente libro: "Enseñanza de la Física" (edición 1949) escrito por el físico uruguayo Enrique Loedel quien ya se había planteado un dilema semejante. La solución a la que llegó me pareció estupenda porque tiene esa coherencia en el planteo que permite desarrollar el tema en forma lógica.



La proposición de Loedel es utilizar el «Principio de D'Alembert» para resolver sistemas complejos. Este principio no aparece, en general, en la bibliografía de uso común por los profesores. El Principio se utiliza en cursos superiores de Mecánica Racional y forma parte del temario del curso de «Ampliación de Mecánica» del IPA. Por lo tanto no forma parte de los contenidos curriculares básicos o elemen-

tales de la asignatura, sin embargo, su aplicación puede ser interesante a este nivel.

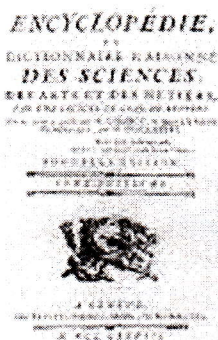
Antes de entrar de lleno en el tema viene bien dar una breve semblanza de este físico y Matemático excepcional.

Jean Le Rond D'Alembert nació en París el 17 de noviembre de 1717, falleciendo en la misma ciudad en el año 1783. En el año 1741 fue admitido en la «Academia de Ciencias de París» en donde trabajó durante toda su vida. Participó en la controversia entre Leibnitz y Descartes sobre la «vis viva», mejorando la comprensión sobre el principio de conservación de la energía cinética. Mejoró la definición del segundo principio de la dinámica exponiendo sus ideas al respecto en su «Tratado de dinámica» (1742) en donde justamente expone el principio que es tema de este artículo. Fue un pionero en el estudio de las ecuaciones diferenciales y también las aplicó por primera vez en sus estudios de Física. Trabajó activamente en el estudio del comportamiento de los fluidos. En el estudio de los fenómenos ondulatorios, la deducción de la ecuación diferencial de la onda, que usamos habitualmente, fue planteada por él por primera vez..

El concepto de límite, la idea de derivada como un cociente incremental, el cálculo diferencial etc, son algunos de los temas sobre los que trabajó activamente. Fue amigo de Voltaire y junto a Diderot lideró la edición de «La Enciclopedia», obra fundamental y referencia obligada para la época.

El Principio de D'Alembert forma parte de un conjunto de Principios denominados: «Principios generales de la Mecánica» los que son una vía alternativa a las leyes de Newton para la resolución de situaciones físicas que las involucren.

Supongamos un sistema formado por N puntos materiales, cada uno de ellos con una cierta masa m_i . Cualquiera de estas, en un cierto instante, estará sometida a la acción de varias fuerzas externas e internas por la interacción con las restantes partículas. Podemos afirmar que la resultante de



todas esas fuerzas sobre la masa, en un cierto instante, será: $m_i \cdot a_i$. Por lo tanto en dicho instante estará experimentando una aceleración a_i con respecto al sistema de referencia que se mide. Dada esta situación, introducimos una nueva fuerza denominada «fuerza ficticia de D'Alembert», que no es otra que una fuerza externa aplicada a m_i que sea igual y opuesta a la resultante.

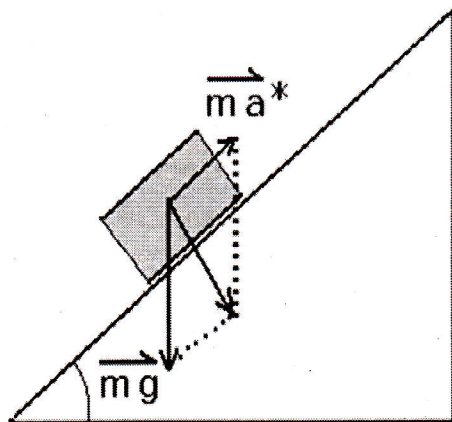
Entonces la fuerza neta sobre la partícula por la aplicación de esta nueva fuerza será cero. Esto significa que la partícula quedará en equilibrio estático, por lo tanto es factible aplicarle las ecuaciones de la estática a este caso. Esto último es la esencia del Principio de D'Alembert

Lo básico del principio, se capta, cuando se lo aplica a la resolución de situaciones concretas. Eso sí, graduando cuidadosamente la dificultad de las mismas.

Es importante hacer notar al lector el hecho que en los siguientes ejemplos consideraremos poleas ideales, hilos sin masa y planos horizontales e inclinados de masa infinita, estas condiciones de borde son indispensables para ilustrar su aplicación en el ámbito de una clase

A continuación van algunos casos donde se ilustra cómo aplicar el principio.

Ejemplo elemental:



Se dispone de una masa m ubicada sobre un plano inclinado un ángulo α y liso. La masa se deslizará por la acción de una fuerza neta a lo largo del plano con aceleración a . Aplicando D'Alembert hay que agregar una fuerza ficticia, (representada con el asterisco (*)), que equilibre la fuerza neta sobre la masa m . Esta fuerza será tal que sumada al peso debe dar una resultante normal al plano (vea la figura). En el caso analizado es claro que:

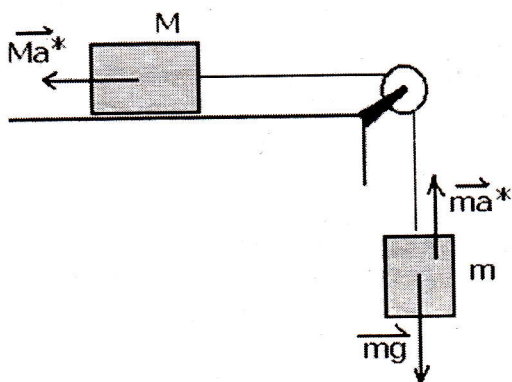
$$ma^* = m g \sin(\alpha)$$

de donde se deduce:

$$a^* = g \sin(\alpha).$$

En este caso no hemos ganado mucho con respecto a lo que se hace en forma habitual. Pero una observación cuidadosa revela que se parte de una masa en equilibrio estático.

Segundo ejemplo:



Este es el caso del carro y la pesa que dio lugar a la discusión inicial. El carro sobre el plano se moverá hacia la derecha con aceleración constante al igual que la pesa que cuelga del hilo. Procedemos a aplicar fuerzas ficticias a las masas M y m como se muestra en el dibujo. En virtud de que se trata de un sistema en equilibrio por la adición de estas fuerzas debe darse necesariamente:

$$mg - ma^* = M a^*$$

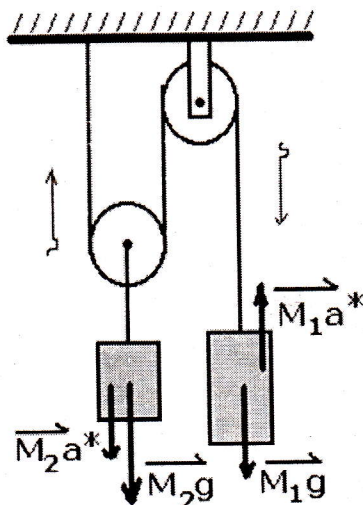
de donde se deduce:

$$a^* = mg / (M + m)$$

y la tensión del hilo queda entonces:

$$T = Ma = Mmg / (M + m)$$

Ejemplo final:



El estudio de esta última situación permite aclarar algunas cosas dichas hasta ahora en forma un tanto "superficial":

- i) Un lector cuidadoso habrá reparado en el hecho que no siempre la aceleración del sistema es proporcional a la fuerza neta aplicada a la masa del mismo. Pienso por ejemplo en cuerpos que se trasladan rodando por la acción de una fuerza tangencial
- ii) Es fácil darse cuenta de que los casos analizados tradicionalmente son sistemas de cuerpos sencillos, sin mayores sutilezas, los que permiten establecer la esencia de los principios de la Dinámica pero que, por el contrario, dan la falsa idea de que cualquier situación planteada funciona así

El último ejemplo planteado apunta a resaltar esto.

Consiste en un juego de dos poleas ideales, una fija y otra móvil. En este caso no es posible determinar el valor de la aceleración dividiendo la fuerza neta sobre la masa del sistema. De la observación del dispositivo se ve claramente que este estará en equilibrio si la masa M_1 es la mitad de M_2 .

Entonces la fuerza actuante sería el exceso de peso de M_1 con respecto a la mitad del peso de M_2 quedando :

$$F_{\text{exceso}} = M_1 g - M_2 g / 2 = (M_1 - M_2 / 2) g$$

La masa total en movimiento es $M_1 + M_2$ pero las aceleraciones no son las mismas para cada cuerpo (la polea de la que cuelga M_2 es móvil). En el lapso en que M_1 baja una distancia x , M_2 sube $x / 2$. Si a_2 es la aceleración de M_2 ésta será la mitad de la aceleración de M_1 entonces:

$$a_2 = a_1 / 2$$

Si M_1 baja con aceleración a_1 la fuerza ficticia será:

$$M_1 \cdot a_1^* \text{ (sentido hacia arriba)}$$

Del mismo modo hay que aplicar sobre M_2 una fuerza : $M_2 a_2^*$ con sentido hacia abajo. La aplicación de estas fuerzas ficti-

cias equilibran ambas poleas cumpliéndose entonces:

$$M_1 g - M_1 \cdot a_1^* = 1 / 2 (M_2 g + M_2 \cdot a_2^*).$$

De esta última expresión se pueden calcular las aceleraciones de ambas masas y la tensión de la cuerda, lo que quedará así:

$$a_1 = (M_1 - M_2 / 2) g / (M_1 + M_2 / 4)$$

$$a_2 = (M_1 - M_2 / 2) g / (2M_1 + M_2 / 2)$$

La tensión de la cuerda se deduce de lo anterior:

$$T = (3 M_1 M_2 g) / (4 M_1 + M_2)$$

Este último ejemplo puede extenderse a otras combinaciones de cuerpos con poleas fijas y móviles.

En esencia no hay nada diferente en lo hecho al segundo principio de Newton salvo, quizás, en que cuando aplicamos el principio de D'Alembert estamos resolviendo un sistema en equilibrio estático, lo que puede ser más sencillo en algunas situaciones. Hay un pasaje más "natural" de las ecuaciones básicas de la dinámica a su aplicación a casos no elementales.

Creo que vale la pena ensayar esta idea en los cursos.

En realidad, no es un recurso novedoso, tiene ya unos 240 años de edad.

EFEMÉRIDES FÍSICAS (I)

<http://es.geocities.com/fisicas/>

DICIEMBRE

02/12/1881 - Nace en Dresden, Heinrich Barkhausen, Físico alemán.

11/12/1781 - Nace en Jedburgh, David Brewster, Físico escocés.

11/12/1882 - Nace en Breslau, Max Born, Físico alemán.

14/12/1564 - Nace en Knudstmp/Schonen, Tycho Brahe, Astrónomo danés.

15/12/1852 - Nace en París, Antonie Henry Becquerel, Físico francés.

17/12/1907 - Fallece en Nethergall/Largs, Sir W. Thomson, lord Kelvin, Físico británico.

19/12/1813 - Nace en Belfast, Thomas Andrews, Físico - Químico irlandés.

30/12/1691 - Fallece en Londres, Robert Boyle, Físico y químico irlandés.

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS (I)

DECÁLOGO DEL BUEN PROFESOR

1. Nunca comuniqués a tus alumnos los objetivos de la asignatura si es que alguna vez los has pensado. Los alumnos podrían llegar a darse cuenta de que la asignatura es inútil.
2. La información es una fuente de poder. Si no quieres perderlo mantente siempre en una cierta ambigüedad. No des normas claras, ni mucho menos digas qué y cómo vas a evaluar, te expones a perder autoridad o a que tus alumnos dejen de venir a clase (¿para qué iban a hacerlo?). Cuanto menos te defines estarás más a salvo de críticas.
3. Empéñate en explicar toda la asignatura en tiempo de clase; puedes dar por supuesto que tus alumnos no saben leer. Además si no te pasas toda la clase explicando, tus alumnos podrían llegar darse cuenta de que no sabes hacer otra cosa.
4. Convierte tus clases en clases de dictado. Cuanto más copien tus alumnos, mejor, y cuanto más deprisa, mejor todavía; así no habrá tiempo para preguntas inútiles o incómodas. Además si las cosas van mal, se deberá siempre a los malos apuntes, no a tus malas explicaciones.
5. Evalúa solamente al final del curso o con pocos exámenes parciales, o por lo menos, y esto es lo realmente importante, con muy pocas preguntas. A la emoción del examen añadirás la emoción de la lotería. Y ya sabemos todos que el que no sabe una o dos preguntas no puede saber ninguna otra.
6. No se te ocurra evaluar con frecuencia a lo largo del curso, aunque sea de una manera más sencilla e informal, porque los alumnos podrían enterarse de lo que saben, de lo que no saben y de lo que deberían saber. Si esto llega a ocurrir, te expones a tener que aprobar a todos al final, y sufriría tu prestigio de mantenedor de un alto nivel de exigencia.
7. No caigas en la tentación de guardar artículos de periódicos o revistas que tengan que ver con tu asignatura, y mucho menos se te ocurra llevarlos a clase. Mantén el prestigio de la ciencia pura.
8. Nunca confíes en la motivación de tus alumnos ni en su capacidad de aportar algo que merezca la pena. Si se han embarcado en una carrera de cinco años es porque no tienen otra cosa mejor que hacer. Y si se trata de niños, lo mismo pero peor.
9. Convéncete de que somos pobrísimos y de que la escasez de medios nos impide hacer las cosas mejor. Armar unos apuntes o un simple guión sale carísimo. Si en tu centro o facultad hay posibilidad de utilizar transparencias u otros cachivaches, no lo hagas; esos juguetes infantilizan la clase.
10. Cuando no puedas echar la culpa a los alumnos de lo mal que van las cosas, échasela a la estructura. Los profesores somos ciudadanos por encima de toda sospecha.

(Comité para la calidad de la enseñanza)

“LOS PROBLEMAS DE LOS PROBLEMAS”

Alejandro Parrella. Profesor I. P. A. - Marcelo Berruti. Profesor I. P. A.

Durazno, Octubre 2001

Introducción

¿Por qué y para qué hicimos esto?

La necesidad de superar un examen final para aprobar el curso de 2º ciclo, centra en esta instancia muchas expectativas e inquietudes por parte de los alumnos y los docentes. Creemos que esta instancia debe ser un reflejo fiel de la metodología y los contenidos desarrollados en el curso, y que debe apuntar a la evaluación de los principios básicos y aplicaciones sencillas de los mismos a situaciones conocidas y nuevas.

La trascendencia de esta instancia nos obliga a reflexionar más detenidamente sobre nuestras propuestas ya que la jerarquización de contenidos y metodología explicitada en la evaluación final es lo que nuestros alumnos van a interpretar como importante para la física.

¿Cómo lo hicimos?.

Descripción y justificación

La intención de este trabajo es “tomar una fotografía instantánea” de nuestras propuestas de examen en 5º año para tener una idea mejor de que cosas y cómo se evalúa, y posteriormente hacer algunos aportes para el mejoramiento de la efectividad de las mismas

Metodología

Trabajamos con una muestra de 26 propuestas de examen de 5º año, período julio 2001, de liceos públicos y privados de Montevideo, Canelones y Maldonado. Si bien la cantidad de propuesta no es suficiente para extraer conclusiones tajantes, durante el procesamiento de las mismas se fueron reafirmando las tendencias anticipadas por las 15 primeras muestras, por lo que creemos que nuestras observaciones están bastante próximas a la realidad y no deben ser tomadas a la ligera.

En la primera instancia clasificamos cada ítem (problema o pregunta) de la propuesta según dos criterios

- (a) Unidad/es temáticas a la/s cual/es corresponde.
- (b) Si se responde o no con una magnitud a determinar.

En (a) pretendemos cuantificar la cantidad de ítems que corresponden a una unidad solamente y la cantidad de ítems que relacionan más de una unidad. También pretendemos cuantificar la popularidad de cada unidad temática a la hora de evaluar.

En (b) pretendemos cuantificar la relación entre la cantidad de preguntas y la cantidad de problemas.

En un análisis posterior, nos dedicamos a buscar planteos repetidos para la evaluación de algunas unidades temáticas. Una vez encontrados estos planteos analizamos las consideraciones que debe hacer el alumno para resolverlo, para tratar de discernir qué evaluamos y qué no en estos planteos clásicos.

En la instancia final, realizamos algunas sugerencias de replanteo de estos “clásicos” para evitar la mecanización y ampliar las posibilidades evaluativas del planteo.

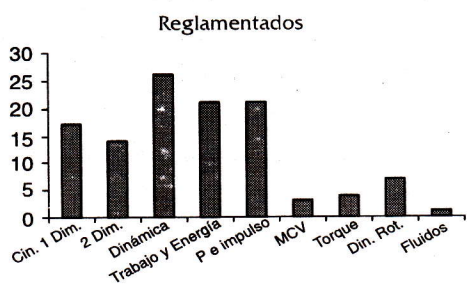
Interpretación primaria de resultados

1) Temas

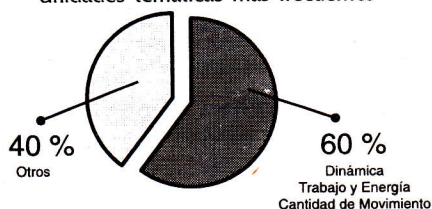
Luego de cuantificar la cantidad de problemas por unidades temáticas, observamos que más del 60% de los problemas que se proponen para los alumnos reglamentados corresponden a 3 temas: Dinámica, Trabajo y energía y Conservación de la cantidad de movimiento. O sea que estudiando estos tres temas es altamente probable salvar el examen.

Cuadro

Cantidad de problemas discriminados por tema

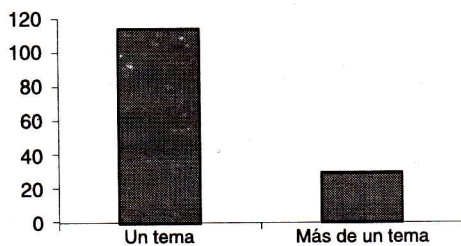


Unidades temáticas más frecuentes



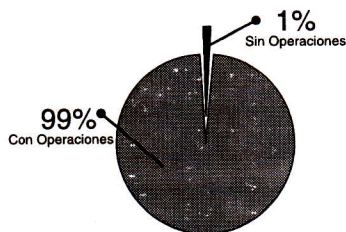
Cuadro 2 - Problemas de un "solo tema"

Uno o más temas por ejercicio en alumnos reglamentados



Cuadro 3 - Problemas vs. Preguntas

¿Preguntas?



En la observación de los gráficos se aprecia una clara mayoría de ítems referidos a "Dinámica", "Trabajo y Energía" y "Cantidad

de movimiento". El 60% de las propuestas corresponden a estos tres ítems (suficiente para aprobar y con nota). Por otro lado se observa que el 80% de las propuestas se refieren a una sola unidad temática, lo que refuerza la imagen compartimentada de la Física que tienen los alumnos.

2) Las preguntas o los problemas:

De esta observación surge que sólo el 2% de las propuestas a resolver eran pensadas para contestar con redacción y sin operaciones (o sea que el objetivo inmediato del problema no sea encontrar la magnitud a determinar). Surge la siguiente interrogante ¿no es posible evaluar a través de preguntas?

3) Mecanización.

Por otra parte en los temas más populares, además de movimiento compuesto, es donde se observa mayor estandarización de problemas, en los que su resolución se mecaniza fácilmente.

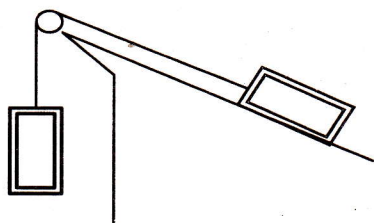
Los temas más mecanizados (2 ejemplos)

1 - Dinámica.

En el transcurso de buscar situaciones completas e interesantes donde se puedan aplicar las leyes de Newton, surgieron los análisis de los sistemas vinculados.

La riqueza de este sistema radica en que para resolverlo adecuadamente se deben manejar los siguientes conceptos:

1. La 3ª ley
2. Distinción entre fuerzas externas e internas
3. Poleas "despreciables"
4. Mismo valor de la aceleración. Determinación intuitiva previa de signos y sentidos
5. Cuerdas de masa despreciable e inextensibles
6. Descomposición de fuerzas (en particular el peso)



Con la cantidad de veces que este tipo de sistemas aparece como situación de examen, constatamos que **no nos asegura que el alumno realice, para resolverlo, las consideraciones por las cuales debe analizarse, puesto que la repetición la ha llevado a la mecanización** (*Aclarar que en la letra de estos problemas no aparecen las consideraciones sobre que la masa de la cuerda es despreciable ni que la polea carece de roce*). La primera redacción es "Determine la aceleración del sistema y la tensión de la cuerda".

Esta propuesta está tan mecanizada que si la letra del problema es "Determine a y T", el estudiante entiende lo que el profesor quiere que haga, sin tomar en cuenta las condiciones físicas del entorno.

Al interrogar a un alumno que resuelve el problema satisfactoriamente: "¿Cómo lo resolviste?" La respuesta inmediata es: "Debo armar un sistema de ecuaciones $P-T=ma$ y $T-Px-fr=ma$ (si hay roce), cancelo las "T" y calculo "a". Si la incógnita es otra, la despejo de estas fórmulas".

Y ante la repregunta "¿Por qué cancelaste las "T"?" la respuesta es "porque una es positiva y la otra negativa". Y entonces "¿Por qué una es positiva y la otra negativa?". Hasta ahí llegan las respuestas. No existen consideraciones físicas en el razonamiento del alumno.

Esta situación problemática se repite incesantemente en las propuestas de exámenes. En algunos casos la pregunta cambia "Determine M, m o μ si la aceleración es" o determinando la aceleración conociendo la gráfica v o $\mu=f(t)$ o un par de valores cinemáticos.

En la preparación de un examen un individuo de 5º año resuelve varios sistemas vinculados, pero sin razonar acerca de las consideraciones físicas. En muchas mesas de exámenes al discutir los problemas a incluirse se busca poner "problemas para el pueblo". En el caso de los sistemas vinculados, este formato se repite con frecuencia.

Proponemos:

- 1- Para asegurarnos que el alumno está teniendo en cuenta los conceptos que pretendemos evaluar y no está resolviendo mecánicamente el problema, es conveniente alternar propuestas que incluyan más preguntas conceptuales, o preguntas sobre las consideraciones realizadas, en vez de una propuesta que se resuelve por un método absolutamente mecánico. Por ejemplo: (a) ¿Cuál es la condición para que se cumpla que las tensiones son opuestas?. (b) ¿Por qué son iguales los valores de las aceleraciones de cada cuerpo? (c) ¿Cómo cambiaría el valor de la aceleración si la polea tuviera roce?. (d) El valor de la tensión de la cuerda ¿afecta el valor de la aceleración del sistema? (e) ¿Cuál es la fuerza neta sobre cada uno? (f) ¿Qué pasa si cambio m, M, etc?

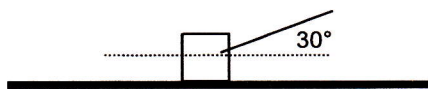
Si la intención es evaluar sistemas vinculados, se nos ocurren otros sistemas posibles:



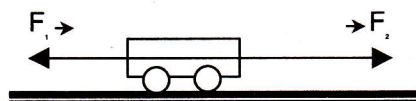
La diversidad de sistemas en las propuestas evita la excesiva mecanización.

- 2- Si la intención es presentar alguna propuesta "accesible", se puede hacer sin recurrir a la repetición que conlleva a la mecanización. Presentamos otras opciones de preguntar "básico, sencillo, con fundamentos y no mecánico":

- (a) Un taco de 450 g apoyado en una superficie horizontal está siendo jalado con una cuerda en las condiciones que se muestran en el dibujo. El coeficiente de fricción cinético entre el taco y la superficie es 0,25. El valor de la tensión de la cuerda con la que se tira es 3,0 N. Represente a escala todas las fuerzas que actúan sobre el taco, asumiendo que este se está deslizando hacia la derecha.



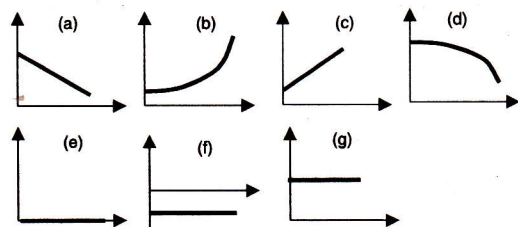
- (b) A un carrito apoyado en una superficie horizontal se le ejercen dos fuerzas a las que llamaremos F_1 y F_2 , ambas en dirección



horizontal pero de sentidos contrarios.

- Elija la forma de la gráfica $x=f(t)$ que le correspondería al movimiento del carrito si $F_1 > F_2$
- Elija la forma de la gráfica $v=f(t)$ que le correspondería al movimiento del carrito si $F_1 > F_2$
- Elija la forma de la gráfica $v=f(t)$ que le correspondería al movimiento del carrito si $F_1 = F_2$
- Elija la forma de la gráfica $x=f(t)$ que le correspondería al movimiento del carrito si $F_1 < F_2$

Justifique todas sus elecciones



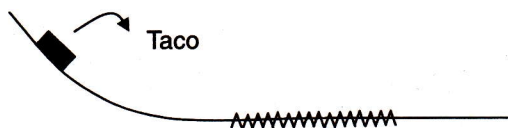
- (c) Cuando un elevador de peso P baja a velocidad constante, la fuerza de tensión del cable que lo sostiene es T_1 . Si el elevador sube acelerado, la fuerza de tensión es T_2 . Si baja acelerado es T_3 . La

relación correcta entre los valores de T_1 , T_2 y T_3 es:

- $T_1 = T_2 = T_3$
- $T_1 > T_2 > T_3$
- $T_3 < T_1 < T_2$
- $T_1 < T_2 = T_3$
- $T_1 < T_2 < T_3$

Justifique su elección.

2- Trabajo y energía Propuesta clásica



Con mayores o menores puntos para analizar, los problemas de trabajo y energía mecánica se resuelven aplicando una serie de "pasos previstos". En un sistema como el de la figura la estrategia más popular en la resolución de este ejercicio es:

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 + mmg(-1) = \frac{1}{2}m(v')^2$$

y ¡a despejar!

Si bien esta estrategia puede conducir a un resultado correcto de alguna de las variables incluidas en la ecuación anterior, **no nos asegura** la cabal comprensión del principio de conservación de la energía.

Los objetivos al evaluar los principios de conservación son entre otros, identificar las condiciones donde se conserva o no la energía mecánica, reconocer la acción de fuerzas conservativas y disipativas y analizar los cambios de la energía mecánica de los sistemas. Todo lo anterior está enmarcado en establecer la conservación de la energía mecánica dentro del modelo energético, un concepto unificador en la física. Es un tema demasiado importante como para que termine reducido a: $E_{mi} + T_{NC} = E_{mf}$

Proponemos:

- Importancia teórica: Se utiliza mucho tiempo de clase en demostrar y/o discutir las características de las fuerzas conservativas y no conservativas, que

luego no corresponde con la valoración posterior en el examen, en donde sólo se pregunta sobre el resultado final de toda la discusión. Esto también contribuye a que se instale la idea que importa sólo el resultado final y no el proceso.

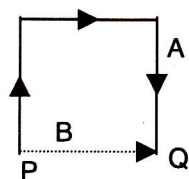
Todos hemos vivido situaciones en las que tratamos de justificar plenamente los desarrollos y las teorías, para que no parezcan decretadas, y del otro lado encontramos alumnos a los que sólo les interesa "la fórmula" que les permita resolver el problema del examen.

El quitar la pregunta teórica (o preguntas sobre la implicancia de la teoría) de la evaluación final reafirma la idea de que lo importante es "aprender la fórmula" o "la forma de resolver los problemas de trabajo y energía".

La idea **no es sustituir** las aplicaciones sino **alternar** de manera que el alumno estudie física de una manera no tan mecánica.

Preguntas

Se empuja una caja desde P hasta Q por una superficie que opone una fuerza de rozamiento a la que llamaremos F_r . A esa caja se le traslada siguiendo dos caminos a los que llamaremos A y B



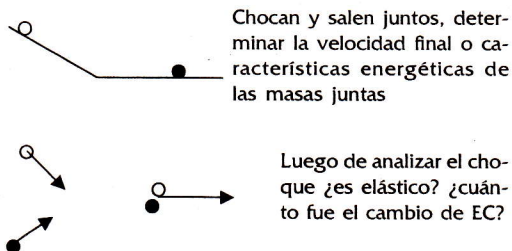
- Calcule el trabajo de la fricción yendo por el camino A
 - Calcule el trabajo de la fricción yendo por el camino B
- ¿La fuerza de fricción es conservativa? Justifique su respuesta

Otro caso: de alguna manera asegurarse que la resolución de los problemas más "clásicos" sean razonados y no exclusivamente mecánicos mediante preguntas relacionadas a la situación: (a) ¿Se conservó la E_m ? (b) ¿Actuó una fuerza no conservativa entre ...?

Carácter unificador

Por otro lado, su carácter "unificador" permite que sea fácilmente vinculable en propuestas de ejercicios con otros temas. Si bien

es la unidad temática más vinculada (16 de 37 problemas que trataban de T y E contenían preguntas o en parte del desarrollo se debían aplicar otros conceptos) la casi totalidad de los problemas estaban combinados con propuestas de Conservación de P, en particular bajo dos grandes formatos:



No necesariamente para evaluar el principio de conservación de la energía hay que "armar un problema de T y E". Se pueden incluir preguntas o cálculos relacionados en otros problemas sobre otras unidades temáticas. Otra opción es plantear situaciones donde la resolución pueda ser encarada desde el punto de vista energético u otro (Pej: dinámica, proyectiles)

La discriminación de las preguntas

¿Cuáles son los motivos por los cuales no se incluyen preguntas a la hora de evaluar en 2do ciclo?

Pensamos que básicamente se debe a tres grandes motivos

- 1- Tradición
- 2- Facilidad de corrección
- 3- Subvaloración

1- "Si toda la vida se hizo así, ¿por qué hay que cambiar?" "Si pregunto esto los mato" Y por parte del alumno se piensa "Eso nunca se pide en el examen, yo nunca lo vi en ninguna propuesta"

2- Uno de los motivos puede ser que a la hora de proponer una pregunta en un

examen se piense en que la corrección es más larga o que existen diferencias de criterio al corregir. Pensemos entonces en redactar preguntas de respuesta concreta o de múltiple opción.

- 3- ¿Por qué es más frecuente encontrar preguntas en las propuestas de 1er ciclo? ¿Se considera que es una forma de evaluación que requiere menos destrezas? Si el argumento es que en 1er ciclo los alumnos no tienen las herramientas matemáticas necesarias para elaborar respuestas con cierta complejidad y sí en 2do ciclo, pero al adquirirlas, ¿pierde la pregunta valor como herramienta de evaluación?

La utilidad de la pregunta

La verbalización de los conceptos es una manera de asentarlos y aclararlos.

Esta afirmación se podría basar hasta en nuestra propia experiencia personal. Luego de dictar una clase por primera vez sobre un tema que no es habitual, los conceptos físicos relacionados con esa clase nos quedan mucho más firmes. Al explicar los conceptos a otras personas se logra diferenciarlos y ordenarlos mentalmente. Esto es insustituible en los problemas donde únicamente se pide determinar una variable numérica.

Algunas propuestas de preguntas

- (a) Una partícula se puede mover en sólo en el eje x . Suponga los sentidos $+$ y $-$ como se indican en el dibujo.



Esa partícula

- (i) ¿puede tener $v > 0$ y $a < 0$?
- (ii) ¿puede tener $v < 0$ y $a < 0$?
- (iii) ¿puede tener $v = 0$ y $a < 0$?
- (iv) ¿puede tener $v > 0$ y $a < 0$?

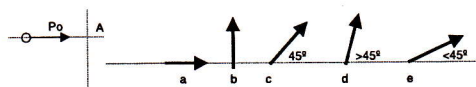
Si piensa que algunos de los casos son afirmativos describa, explique y

ejemplifique cuales serían las características de ese movimiento.

- (b) Una partícula describe un movimiento circular con velocidad angular constante recorriendo media circunferencia. Indique si las siguientes afirmaciones relacionadas con este movimiento son verdaderas o no:
- (i) El impulso recibido por la partícula es nulo
 - (ii) La energía cinética de la partícula cambia por efecto de la fuerza centrípeta
 - (iii) La velocidad tangencial es constante
 - (iv) Como la velocidad angular es constante no tiene aceleración
- Justifique en a caso

- (c) 1- En Uruguay y en Ecuador ¿se experimenta la misma velocidad angular respecto al eje de la Tierra? ¿Experimentamos la misma velocidad tangencial?
2- ¿Qué movimiento experimenta un cuerpo que recibe una fuerza constante perpendicular a su desplazamiento?

- (d) Una partícula que se mueve inicialmente sobre el eje x con una cantidad de movimiento de valor $5,0 \text{ Ns}$ recibe una fuerza constante de 400 N , orientada en el sentido positivo del eje " y " durante 1 centésima de segundo en el momento que llega al punto A. Elija el vector que mejor representa a la cantidad de movimiento de la partícula luego del punto A. Justifique su elección.



DE POSTRE...

ITEM 1

Las ideas surgidas de este trabajo son producto de la discusión y reflexión cotidiana sobre nuestra propia tarea docente. El propósito de presentarlo no fue otro que tratar

de aportar a la reflexión colectiva acerca de algunas de las características de la evaluación de 5º año. No creemos tener la verdad revelada sobre la problemática de la evaluación. Es más, al releer nuestras propias propuestas de evaluación se observa que cumplen con las generalidades que detallamos al principio de la exposición.

ITEM 2

No hubo, hay ni habrá un intento ni de bajar el nivel de las evaluaciones o de subir el nivel de aprobados como fin en sí mismo. Es una preocupación honesta de mejorar la calidad de la evaluación, para evaluar física y no mecanización y así mejorar la práctica educativa.

ITEM 3

Aquello que no es evaluado carece de importancia para los alumnos, por lo que proponer evaluaciones con mayoría de situaciones standard de resolución mecanizada estamos contribuyendo a la imagen de que FÍSICA = COLECCIÓN DE FÓRMULAS.

Nos consta que la gran mayoría de los docentes espera de sus alumnos respuestas que sean producto de un razonamiento

lógico y crítico con base en el análisis profundo de los fenómenos físicos. También nos consta que son innumerables las diferentes ideas que se les ocurren a los profesores para presentar los temas en clase y que estos sean más rápidamente comprendidos, sin dejar de lado la conexión permanente con los fenómenos cotidianos. También sabemos de la preocupación del colectivo docente por mejorar su tarea (por eso hay mucha gente en este encuentro) y por presentar los temas de manera atrapante y divertida. Ahora, si partimos del supuesto que la evaluación es reflejo de los contenidos y la metodología aplicada en el curso, entonces hacia fuera parece que como cuerpo docente global priorizamos en los cursos la resolución de problemas mecanizados. Todos nuestros esfuerzos por mejorar la calidad del aprendizaje quedan en la nada si a fin de año la propuesta de examen es una simple colección de problemas mecanizables, que, según la visión de los alumnos, "*aprendiéndose algunas fórmulas de dos o tres temas ya queda aprobado*".

Lo más interesante de esto es que depende de nosotros que la imagen de la física como disciplina sea otra. Y las evaluaciones de fin de año tiene mucho que ver.

EFEMÉRIDES FÍSICAS (II)

ENERO

01/01/1894 - Nace en en Desikotama (Calcuta), Satyendranath N. Bose, Físico indio.

02/01/1822 - Nace en Köslin, Rudolf Clausius, Físico alemán.

05/01/1970 - Fallece en Gotinga, Max Born , Físico alemán.

06/01/1655 - Nace en Basilea, Jacob Bernoulli

08/01/1891 - Nace en Oranienburg/Berlín, Walter Bothe

14/01/1902 - Fallece en Cristianía (actual Oslo), Cato Maximilian Guldberg, Químico y Físico noruego.

14/01/1905 - Fallece en Jena, Ernst Abbe , Físico alemán.

18/01/1880 - Nace en Viena, Paul Ehrenfest, Físico holandés, de origen austríaco.

FÍSICA DEL HUMOR

Dos borrachos charlando en un Bar:

- Pues la luz viene del Sol a 300.000 Km/s!!
- No me impresiona, todo el camino es cuesta abajo.

...

Un brujo no practicaba las Ciencias Ocultas simplemente porque no las encontraba.

...

Mientras un famoso Físico iba a dar una de sus innumerables conferencias, su mujer dijo a su chofer: *"Si supiera todo lo que él cree que sabe, no nos dejaría solos par ir a dar todas estas conferencias. ¿Verdad querido?"*

...

Un estudiante de Física: - Comprendo como hacen los científicos para calcular distancias a las estrellas, pero lo que me gustaría saber es cómo hacen para averiguar sus nombres.

...

Un Profesor está explicando Física Moderna. De pronto se detiene y dice: "Si los jóvenes del fondo que están hablando tuvieran la bondad de callarse y estarse quietos, como los jóvenes de los bancos del centro, que están leyendo revistas y periódicos deportivos, entonces los jóvenes de las primeras filas podrían seguir durmiendo tranquilamente."

...

Anécdota: Durante una clase de Física en un curso de 2ºBD, ante el mal comportamiento de los alumnos del fondo del salón, el profesor (no sabemos quién), cuando se le agotó la paciencia gritó: "A ver el último banco, afuera!". Los alumnos obedientes tiraron el banco por la ventana para la calle.

...

Era un alumno de Física tan, pero tan pesado, que lo mandaron a la NASA para absorber neutrinos.

...

- ¿Cuál es el animal que tiene entre 3 y 4 ojos?
- El pi ojo.

En un bar charlaban amablemente un Filósofo, un Biólogo, un Físico y un Matemático. En el medio de la conversación, dos

personas entran en una camioneta estacionada enfrente de ellos, y al cabo de un rato salen tres personas.

- El Filósofo: "Pero esto es imposible! Si la camioneta estaba vacía, cómo es posible que salga una persona más de las que han entrado?"
- El Físico: "Claramente, nuestras mediciones son erróneas." " $((2 \pm 1)$ personas)?"
- El Biólogo: "Han debido reproducirse dentro de la camioneta."
- El Matemático: "No veo cuál es el problema. Cuando entre una persona más, la camioneta volverá a estar vacía."

...

Un Astrónomo, un Físico y un Matemático que estaban viajando en un tren por Escocia vieron por la ventanilla una oveja negra en medio de un campo. "Qué interesante" dijo el Astrónomo, "todas las ovejas escocesas son negras". Al oírlo, el Físico respondió: "¡No!, algunas ovejas escocesas son negras." Al oír lo que decían, el Matemático dijo con cara de reproche: "En Escocia hay al menos un campo que contiene al menos una oveja, que tiene al menos un lado negro."

...

CORTITAS...

- A la posible futura Guerra Nuclear Universal se le pueden poner todos los peros, menos el de que no sería de lo más limpia.
- Tengo que ir al oculista, pero nunca veo el momento.
- Los libros de Medicina no deberían tener apéndice.
- Los Psiquiatras están cobrando precios de locura.
- Tengo un sueño que no me deja dormir.
- Sólo los genios somos modestos.
- Si dices la verdad, tarde o temprano te descubren.
- La verdad absoluta no existe, y esto es absolutamente cierto.
- Si no entra, no lo fuerces. Trae un martillo más grande.
- Si las guerra sirvieran para algo, debería de haber más guerras.
- Por muy bajo que hable siempre me oigo.

W E B - OPERADORES DE BÚSQUEDA

Para complementar nuestras sugerencias **WEB** de números anteriores, ampliamos aclarando más profundamente el tema **Operadores de Búsqueda**.

Algunos **Buscadores o Directorios de Búsqueda** permiten crear búsquedas más potentes mediante las herramientas denominadas operadores booleanos que influyen en la forma en que el software (programas "spiders") evalúa su consulta. («*Booleano*» en honor de George Boole, matemático británico del siglo XIX quien sugirió que el pensamiento lógico podía expresarse como álgebra.)

Los operadores booleanos como «Y» pueden ir tanto en mayúsculas como en minúsculas.

Para una búsqueda más efectiva, sea muy específico al usar AND(y), OR(o) o NOT(no) o cualquier otra expresión "booleana" compleja que se le pueda ocurrir.

AND (Y). Unir términos de búsqueda mediante el operador **Y** indica que usted desea localizar documentos que contengan cada término. Puede usarse junto con otros operadores para lograr una

búsqueda más potente. También puede usarse el signo «+» justo delante de las palabras que desea incluir en sus resultados. Por ejemplo, "Larry +Curly +Moe".

OR (O). Use **O** cuando cualquiera de los términos de búsqueda unidos por el operador deba aparecer en los resultados. Al igual que Y, O puede utilizarse como un elemento para construir expresiones booleanas más complejas.

NOT (NO). Use el operador **NO** para excluir documentos no deseados cuando su búsqueda utilice un término habitualmente encontrado en conexión con un tema no relacionado. También puede usar el signo «-» justo delante de las palabras que desea excluir de su búsqueda.

Comillas " ". Escriba entre comillas un grupo de palabras y obtendrá documentos que contienen esa frase. Note que usar frases entrecomilladas en conjunción con operadores booleanos ofrece más flexibilidad.

Localice relaciones con **ADJ** (adyacente), **NEAR**(cerca), **FAR**(lejos) y **BEFORE**(antes).

Algunos Buscadores o Directorios de Búsqueda

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

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

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

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

<<http://www.clarin.com/diario/htm/avanzada.htm>>

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

<<http://infoseek.go.com>>

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

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

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

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



Con frecuencia, la situación de las palabras dentro de un documento revela su relevancia las unas con respecto a las otras. Algunos Buscadores o Directorios de Búsqueda, ofrecen estos cuatro operadores para definir esas relaciones:

ADJ. Utilice el operador **ADJ** cuando desee encontrar documentos en los que aparezcan los términos juntos, sea en el orden que sea. Los aficionados a los deportes pueden buscar *coches ADJ carreras* sabiendo que tal búsqueda localizará tanto carreras de coches como coches de carreras.

NEAR. Cuando utilice **NEAR**, los términos deben aparecer en las 25 palabras próximas en los documentos de resultados. De esta manera, si busca «Kevin Bacon» **NEAR game**, encontrará páginas web referidas a un popular pasatiempo de tipo 'trivial' sin necesidad de ser tan excluyente como buscando por «Kevin Bacon juego».

FAR. Como se habrá imaginado, **FAR** es lo contrario de **NEAR**. Cuando utiliza **FAR**, se localizan documentos en los que los términos de la búsqueda aparecen con 25 palabras o más de distancia al menos en un caso. Como esto no elimina la posibilidad de que los términos aparezcan también más cerca dentro de la misma página, **FAR** es más útil cuando se usa en conjunción con otras expresiones.

BEFORE. Funciona como el conocido Y, siendo su única diferencia que los términos deben aparecer en el orden que usted especifique, pero pueden encontrarse a cualquier distancia en el mismo documento. Si no está seguro de cómo se escribe Gettysburg, puede hallar el texto del famoso discurso del presidente de Estados Unidos Abraham Lincoln en aquella ciudad escribiendo lo siguiente: *fourscore BEFORE liberty*.

De los operadores que revelan la relación entre los términos evaluando sus posicio-

nes en un documento, sólo **BEFORE** se interesa por el orden en que aparecen. Pero se pueden añadir las capacidades de orden de **BEFORE** a **ADJ**, **NEAR** y **FAR** anteponiendo la letra «O», de orden, a dichos operadores. Así, *coches OADJ carreras* sólo localizará coches de carreras pero no carreras de coches. (Atención: Esto no excluye documentos que contengan la frase carreras de coches si también contienen la frase que buscaba.)

De igual manera, **ONEAR** y **OFAR** funcionan como sus primos **NEAR/FAR** pero proporcionan resultados sólo cuando los términos de la búsqueda aparecen en el mismo orden en que se escribieron.

Por defecto, los operadores **NEAR** y **FAR** cuentan hasta 25 palabras para garantizar que los términos de la búsqueda aparezcan a la debida distancia unos de otros. Es posible modificar este parámetro añadiendo una barra ("/") a cualquiera de dichos operadores, seguida del número que desee como recuento máximo o mínimo de palabras entre los términos de la búsqueda en los documentos de resultados.

Si bien **ADJ** encuentra parejas por defecto sólo cuando los términos de la búsqueda se han localizado unos junto a otros en documentos Web, se puede usar la técnica mencionada anteriormente para hacer que **ADJ** especifique un recuento exacto de palabras entre los términos. Por ejemplo: *bacon ADJ/2 huevos* localizaría bacon y huevos así como huevos y bacon, y huevos con bacon.

Complementariamente les recomendamos explorar los siguientes "artilugios":

domain: Busca todas las páginas de un dominio

* Comodín utilizado para sustituir otros caracteres del término definido

() Agrupa términos de búsqueda con sus respectivos operadores

¿CADA VEZ MÁS LEJOS DEL PENSAMIENTO SOCRÁTICO?

Prof. Mario Guerra - Consultor de UNESCO

Un artículo muy similar al presente, fue entregado por el suscrito a los Profesores que gentilmente concurrieron a una de las varias Jornadas realizadas en el Colegio Alemán de Montevideo, y destinadas a Profesores de Física. Aunque no sea imprescindible aclararlo, diremos que lo que sigue es solamente una opinión, acerca de lo que sucede con las actividades experimentales, en la Enseñanza Media. Hemos creído conveniente, abrir con este artículo una discusión acerca del punto en cuestión. Las opiniones de los Docentes, coincidentes ó no, con las que aquí se establecerán, creemos que constituyen una fuente innegable de enriquecimiento, que ha de contribuir a mejorar nuestra acción en el aula-laboratorio. Un cambio de postura, correctivo del proceder actual exige, naturalmente, **una mayor libertad del Profesor en el cumplimiento de su tarea en el Laboratorio, lo cual se fundamenta, en definitiva, en un acto de confianza de las Autoridades en su personal. Pautarlo todo, conduce a un resultado coincidente con lo que aquí criticamos.**

Sobre los experimentos de laboratorio que se realizan en la enseñanza media

Introducción

Una parte esencial de la enseñanza de la Física en la Enseñanza Media, la constituyen, sin duda alguna, los experimentos generalmente recomendados en los Programas. El objeto del comentario que sigue, es realizar un planteo **crítico** del **significado** de esas actividades. Hay varias preguntas que debemos considerar. De la naturaleza de las respuestas que demos, se aclarará en mejor medida, **qué cosa es lo que realmente hacemos en las llamadas "actividades prácticas"**. Independientemente de la coincidencia ó no del lector con lo que sigue, es claro, demostrable e inequívoco, que las tareas de Laboratorio en las Ciencias Experimentales, adolecen de defectos tan evidentes que solamente el hábito puede ser su sustento y permanencia en la forma que se desarrollan.

Acerca de costumbres arraigadas

En todos los Programas de Ciencias Físicas, se incluyen experimentos. Generalmente, se establece el "nombre" de la actividad a cumplir, la cual se supone se relaciona con algún punto del llamado "Curso Teórico". No

vamos a discutir ahora acerca del absurdo que significa la separación de los dos cursos, que se supone son parte integrante inseparable de una misma disciplina. Las dificultades estructurales del propio sistema de Enseñanza Media, ni siquiera han resuelto en forma razonablemente general (en forma marcada en los Institutos de gran tamaño), que los Docentes del "curso teórico" se ocupen de los correspondientes subgrupos del "Curso Práctico". Naturalmente, que ello contribuye a la disgregación del curso que se dicta y al surgimiento de incoherencias en el desarrollo. Pero **no** es éste, el tema de lo que sigue.

Cuando las actividades sugeridas en el Programa, se trasladan al Laboratorio, se intenta la igualación de las tareas a cumplir con los llamados "repartidos instruccionales de Laboratorio". Aquí se incluyen las directivas acerca de *aquello que debe hacerse*.

En algunas disciplinas, como Química, las instrucciones se ocupan no solamente de los aspectos inherentes a la actividad desde el punto de vista teórico-práctico, sino de cuestiones de seguridad que son de importancia fundamental para disminuir el riesgo de los operadores.

La situación en Física es algo diferente, porque la naturaleza de los experimentos generalmente seleccionados, implican riesgos menores. Sin embargo, las instrucciones generalmente *van mucho más allá de evitar riesgos de operación y pautan en forma preceptiva, los pasos a seguir.*

No discutiremos aquí, la contribución que estos "repartidos" hacen a alejar aún más a los alumnos de la lectura en libros y por el contrario, lo conduzca por otra vía de acceso a la simplificación rápida, a establecer "*lo que hay que saber*"(?). Sabemos que existen opiniones y justificaciones de diversa naturaleza, que en este punto, operan a favor de los "repartidos".

En este sentido, "realizar una actividad experimental", ***que se supone es un acto de naturaleza "formativa de los aspectos críticos del estudiante", se transforma en una actividad similar al "examen para conductor de automóviles".*** En algunas disciplinas, esta tendencia es mucho más marcada, ***donde todo está previsto*** en sus diferentes etapas. La pregunta que surge en forma espontánea es naturalmente: ***¿qué relación guarda este proceder con la conformación de un espíritu crítico? Aparentemente ninguna.***

Un argumento a favor de la utilización de los "repartidos" es que los estudiantes, en caso de no disponer de ellos, "llegan al Laboratorio sin información alguna". No parece un argumento sólido. El Profesor puede instruir acerca de cómo ***encontrar*** la información necesaria mediante la lectura de los alumnos en la bibliografía disponible, sin darla ya filtrada, seleccionada y preestablecida.

Otro conocido argumento: ***"es necesario decir lo que hay que hacer, porque hay que preservar el material experimental que es difícil de reponer, ó existen peligros sobre los cuales deben estar advertidos"***, es en general falaz.

El riesgo del material, ó los peligros anexos al uso del mismo, tienen que ver general-

mente con la escasa ***instrucción y falta de pericia derivadas del desconocimiento y falta de concentración ó interés*** del operario. En consecuencia, una solución a este problema es enseñar estos aspectos, ***previamente*** y en forma ***independiente*** de las tareas de ***aprendizaje real***. Un buen experimento, presupone que no existen limitaciones de ninguna naturaleza acerca de cómo se manipula un instrumento ó qué limitaciones tiene éste.

En este sentido, es muy probable que ***algunas pocas clases***, previas a las actividades experimentales programadas, orientadas hacia el buen uso del material, puede resolver el problema. Es indudable, que el desconocimiento de las limitaciones ó cuidados que impone el material, son elementos colaterales a la actividad, que cercenan sistemáticamente el buen aprovechamiento de la misma. Aunque también es cierto, que aprende más, aquél que ***alguna vez***, rompe un instrumento ó un componente. Porque esto ***también es aprendizaje***. Para saber soldar un transistor, hay muchas veces que quemarlo, por utilizar un soldador con potencia inadecuada.

Sería necesario decir a los alumnos qué cosas no pueden hacer, cada vez que operan con los instrumentos, aquí sí, de la misma forma que se enseña a un conductor el manejo de la caja de velocidades de un automóvil. Y estas clases de instrucción, son complemento de las clases "reales" de discusión crítica, formativas por esencia, que conforman la mayoría de las sesiones a lo largo del año. Aunque se disponga de menos tiempo para las actividades pautadas de antemano. No es la ***cantidad*** de actividades, lo que determinará la buena ***calidad*** de lo que se realiza.

Condicionar el desarrollo de la actividad experimental, a la preservación y el cuidado, es relegar la finalidad de la experimentación a una tarea secundaria sin valor formativo alguno.

Las cosas, se complementan todavía con la realización de los llamados "informes de práctico". Aquí las cosas son, a nuestro juicio, peores. Todos sabemos que, salvo excepciones (generalmente los alumnos que **no** necesitan hacerlos para demostrar su competencia), los informes no reflejan aprovechamiento real de sus autores. Las causas para que esto sea así son diversas. La copia del "informe que hay que entregar", es un elemento siempre presente. Para que esto no ocurra, sería necesario un seguimiento de cada alumno, que generalmente otras circunstancias lo impiden realizar. Estimamos que la calificación del alumno, *durante* la sesión del laboratorio es la forma de aproximarnos a una evaluación más precisa.

Es un concepto avalado por el consenso general, que no hay relación causal entre "buen informe y buen conocimiento". Muchos Docentes argumentan que los "informes de práctico", *por lo menos*, obliga a los estudiantes a ordenar las tareas realizadas, a efectuar una redacción inteligible, un relato consistente sobre lo que se hizo en la actividad experimental y además a cumplir con plazos pre-establecidos.

En este sentido, el "informe de práctico" opera como un elemento disciplinador, más que como una "memoria de aprovechamiento". La postura de los Docentes que así opinan, no parece discutible ó digna de rechazo.

Sin embargo, hay otras opciones, menos utilizadas, que brindan, tal vez mejores resultados. A modo de ejemplo, sin que sean actividades excluyentes:

- a) el diseño por parte de los alumnos de un experimento (un proyecto) fijado al comienzo de los cursos. Una actividad de este tipo, presupone disponer de un conocimiento esencial del instrumental y sus limitaciones básicas, lo cual podría constituir la primera parte del desarrollo de las clases de Laboratorio, como dijimos anteriormente. Este aspecto se debe

complementarse con una selección bibliográfica de apoyo en los aspectos teóricos y experimentales, que requiera comprensión y *no resumen de lo leído*. Las tareas encomendadas podrían desarrollarse según el grado de dificultad, en forma individual ó en grupos pequeños. La tarea del Profesor, en este rol, es básicamente *de guía y realimentación y no de solamente corrector de informes*.

- b) **lectura crítica comentada de documentos originales ó artículos de revistas, referidos a experimentos cruciales en el ámbito de la temática que se analiza. Esta actividad, seguida de una discusión acerca de los aspectos del experimento, como apuntamos en el apartado siguiente, generalmente involucra aspectos complementarios de lectura y comprensión que contribuyen positivamente a la interrelación de diferentes aspectos del modelo que se analiza. Se trata en consecuencia de un camino que conduce a la síntesis.**
- c) **la discusión crítica de experimentos "profesionalmente" realizados, contrastados con los experimentos realizados en el Laboratorio por el alumno. Un análisis comparativo de diferentes aspectos, aclara acerca de las limitaciones de la información de que se dispone y del instrumental utilizados.**

Planteadas así las cosas, el papel del Profesor se traslada más a la **esencia** de su tarea: ***orientar, guiar, ayudar a desarrollar un sentido por el conocimiento crítico y relegar otras de menor valor tales como "corregir sin pausa", "llenar registros y calificar sin descanso"***.

La evaluación final, puede consistir en lugar de la *repetición de un experimento realizado en el año, de una defensa del trabajo realizado durante el año*. Para ello, el Profesor dispone del año lectivo con la finalidad de construir preguntas a plantear a cada trabajo.

Imaginemos **la situación actual**, en un caso concreto. Un alumno que rinde examen "práctico", recibe, por ejemplo, una fotocopia de la colisión de dos masas. La misma ó similar (una colisión en ángulo agudo ó en ángulo obtuso) a la que trabajó durante el año. Se le pregunta en la evaluación, sobre la construcción de los vectores velocidad, los vectores cantidad de movimiento, si existe ó no conservación de dicha magnitud, ...,etc. **Exactamente lo que hizo en el año.** ¿Qué estamos evaluando como *aprovechamiento real de una actividad (la experimental) que presupone un crecimiento en los aspectos críticos?*

La Pregunta

La pregunta fundamental, a nuestro juicio, es la siguiente: **¿ por qué se realizan experimentos en el aprendizaje elemental de la Física?**

Mientras no exista consenso sobre este aspecto esencial, *nada de lo que se haga tiene significado ni sentido.*

Las respuestas a esta pregunta, si la planteamos a diferentes Docentes, son de diversa naturaleza, pero en pocos casos tendremos la sensación "clara y distinta" de ser satisfactorias. Consideremos a continuación dos, muy comunes:

- 1) "Se realizan experimentos por su valor inductivo".

Es inmediato refutar esta respuesta, cuando la aplicamos a lo que *realmente* sucede en una clase común de experimentación en la Enseñanza Media. No hay forma de elaborar una Ciencia Fáctica *a partir de una colección de experimentos*, por grande que ella sea. Este asunto, de carácter epistemológico, ha sido examinado por diversos analistas [B. Russell (1); A. Chalmers(2); J. M. Keynes (3)].

El "inductivismo", como fuente de conocimiento seguro, se encuentra en crisis, desde que **nada** asegura la permanencia de las leyes elaboradas a partir de un conjunto finito de experimentos, cuando se somete a la naturaleza a una nueva prueba. No está de más recordar que D. Hume, nos hablaba ya en el siglo XVIII, de una "expectativa" que nos invade cuando realizamos un experimento de que las cosas sigan funcionando como siempre lo hicieron.

Dejar en los estudiantes la impresión de que al realizar un experimento se "redescubre la naturaleza" es a nuestro juicio erróneo. Generalmente, la expectativa de un "resultado correcto" se funda en que **por otra vía independiente, conocemos la respuesta. Es este conocimiento el que precisamente nos habilita al reconocimiento de que el experimento realizado es "correcto" ó "incorrecto".** El conocimiento previo, nos permite descartar las respuestas erróneas y **ajustar el experimento** a que responda lo esperado. El conocimiento previo, nos dirige sobre el procedimiento que utilizamos, tomando las precauciones adecuadas.

Es obvio entonces, que el planteamiento del experimento como re-descubrimiento no es adecuado, ya que **"experimenta bien, quien sabe lo que busca y selecciona para esa búsqueda los instrumentos adecuados y los caminos adecuados".** *Es evidente, que un alumno de Enseñanza Media, no tiene en general el bagaje de conocimientos suficiente, para realizar tales elecciones.*

Pero además: que la "inducción" no es un procedimiento universal de conocimiento científico, es una verdad de carácter indiscutible. Los grandes Principios de la Física, en general *no se han establecido por este camino.*

Plantear al "inductivismo" como un camino inexorable para el establecimiento de las grandes leyes científicas con carácter general, y lo que es peor, **dejar en los alumnos esta idea**, es epistemológicamente erróneo e *históricamente absurdo.*

La idea, muy generalizada, acerca de que Galileo, estableció el conocimiento de la Ciencia Moderna a través del "método experimental", no está de acuerdo con las investigaciones realizadas desde hace más de 60 años a esta parte, han realizado investigadores tales como Alexander Koyré ó John Clagget. El gran aporte de Galileo, no está en la aplicación del "inductivismo", sino en creer que la naturaleza puede ser *provocada para que realice un fenómeno controlado, del cual obtenemos posteriormente conclusiones*. Durante mucho tiempo, Galileo estuvo persuadido, que la velocidad de caída de los cuerpos, era "proporcional al espacio recorrido" y no fueron los experimentos los que le hicieron cambiar de opinión, sino los trabajos de Benedetti. El pensar científico, no deriva exclusivamente del experimento. En la mayoría de los casos, lo relevante es el "pensar". Hasta 1608, Galileo mismo estuvo convencido y fue partidario del sistema geocéntrico. Se "convirtió" al sistema copernicano, por convicciones teóricas, más que experimentales.

2) "Se realizan experimentos con carácter de verificación"

Esta postura puede estar más cercana de la realidad. Aunque naturalmente, el "grado de importancia" que reviste a las actividades que se realizan se ve algo "degradado en nuestra consideración". Ahora no estamos "descubriendo las cosas", sino "mostrando cómo son las cosas". Quien se encuentra en la posición de aprender, puede sentir una sensación de insatisfacción proveniente de esta pregunta, que no es generalmente respondida: **"¿cómo se encontraron estas leyes o regularidades de la naturaleza por primera vez?"**

Para responder a esta cuestión, podríamos ensayar a examinar los datos que nos refiere la historia de la Ciencia acerca de cómo procedieron los investigadores, para esta-

blecer sus descubrimientos. ***Nos encontraríamos con verdaderas sorpresas.*** Estimamos sin embargo, que esta postura "más modesta" acerca del alcance del experimento en la Enseñanza Media, es de valor indudable por las razones que siguen:

- a) la realización del experimento implica un ***conocimiento aceptable de las leyes que se ponen a prueba, y de sus contextos de validez*** por parte del experimentador;
- b) las ***precauciones*** que deben tomarse en el experimento que se realiza, con respecto al instrumental, a la eliminación de efectos no deseados, al manejo de las aproximaciones a utilizar, a la cuantificación adecuada de las variables, están en relación directa ***con el conocimiento acabado de las leyes y sus limitaciones.***
- c) la selección del procedimiento de medición y del instrumental a utilizar, la correcta cuantificación de las cotas superiores de error en las variables que se controlan, así como la previsión acerca de la precisión del resultado a obtener, ***son elementos esenciales del aprendizaje.*** A nuestro juicio, estos aspectos, son de mucha mayor importancia, que un "redescubrimiento falaz".

Es corriente, que al plantearse un experimento, que se realicen las medidas, y finalmente, se calcule el error que afecta a la respuesta final. Pocas veces, se plantea el problema inverso, en el cual se fija el error a cometer (por ejemplo, *el error relativo, que determina el número de cifras exactas que deseamos en nuestra respuesta*) y seleccionar el instrumental de medida adecuado. Un experimento sencillo, tal como medir un área ó un volumen obligaría, prefijando el error a tolerar, la selección de la "regla". No recomendamos esta propuesta en forma general, pero alguna vez, debería hacerse de este modo.

Queremos en lo que sigue mostrar un ejemplo de algunos aspectos a los cuales nos hemos referido. Para ello, seleccionamos dos “experimentos” comunes, generalmente realizados en clase.

Dos ejemplos de experimentos mal realizados

I] Un experimento que se realiza desde los primeros años es la llamada “calibración de un resorte y construcción de un dinamómetro”. Esta actividad, se realiza tanto en Primer Ciclo, como en Segundo Ciclo, cuando ello es necesario en algunas oportunidades. Independientemente del nivel de realización de esta actividad, lo que establecemos a continuación, es a nuestro juicio válido. Generalmente, el planteo se ajusta a estas etapas:

- 1) se comienza por colgar “masas iguales”, provenientes de una caja calibrada,
- 2) se miden los estiramientos provocados,
- 3) se trasladan a un gráfico, las fuerzas tensoras y los estiramientos.
- 4) se concluye con la llamada “ley de Hooke”

No hay Programa ni Texto de Física Elemental que no incluya esta actividad. Si embargo el planteo, por ser común, **no deja de ser inconsistente**. ¿Por qué?

Porque ***elegimos de entrada masas iguales, y elegimos también un resorte que sabemos es lineal. En consecuencia, el experimento verifica lo que ya sabemos de antemano.***

Analicemos lo realizado. Para empezar, se parte de la hipótesis que las masa utilizadas son “iguales”. ¿Cómo sabemos esto? No podemos utilizar el propio resorte para verificar esta condición. ¿Podemos utilizar otro resorte? *Para ello debemos dar un criterio operacional que nos diga cómo reconocer que dos masa son iguales.* Si el resorte elegido es **cualquiera, masa iguales** pueden originar **estiramientos desiguales**, y a

menos que conozcamos la curva de calibración por algún procedimiento independiente, no podremos contestar a la pregunta sobre la igualdad de las masas. Si partimos de un resorte que *sabemos es lineal*, el experimento pierde toda significación. **No** es inductivo y como **experimento de verificación**, es de muy escaso valor formativo. El planteo de esta actividad, es esencialmente diferente y realizado críticamente, es interesante:

- 1) hay que **definir operacionalmente**, para un resorte del que **ignoramos su naturaleza lineal ó no**, el concepto de “**masas iguales**”.
- 2) con base en lo anterior, hay que **construir** la curva de calibración del resorte. Esta puede ser una **curva cualquiera** ó puede, **excepcionalmente, resultar lineal**. En principio, **no** sabemos que ha de ocurrir.
- 3) *Si deseamos utilizar al resorte como instrumento de medida, preferimos* aquellos resortes que tengan característica lineal, porque de esta manera, la **aditividad de fuerzas** se traduce en **aditividad de los estiramientos**, cosa que **perdemos** si el resorte no es lineal.

En consecuencia, la actividad deberíamos plantearla de una forma completamente diferente.

II] En muchos Programas, se incluye algún experimento para “inducir la relación entre la fuerza neta y la aceleración” que establece el Principio de Masa. No nos referiremos aquí a la **no** pertinencia de planificar un experimento que “induzca” un Principio. Esta sería razón suficiente para descartarlo, como impropio y epistemológicamente erróneo. Queremos referirnos al conocido experimento del carro que corre por una mesa horizontal, y cuyo movimiento se produce por la acción de una cuerda tensa con un platillo de masas variables. En algún Programa vigente, se establece que

este experimento debe ser el punto de partida para el conocimiento de la relación:

$$F_{\text{neta}} = m \cdot a$$

La realización del experimento, conduce posteriormente a establecer un gráfico entre fuerzas y aceleraciones. Se obtiene así una distribución de puntos, cuyo comportamiento es **muy aproximadamente lineal**. Generalmente, la recta que representa el comportamiento general de la **distribución** de medidas, tiene **ordenada en el origen**. De manera que, el experimento conduce a una función del tipo: $F = \alpha \cdot a + b$, entre la fuerza tensora (generalmente medida con un resorte intercalado entre el carro y el platillo) que opera sobre el carro y la aceleración.

Esto presenta un problema: ¿qué es " β "? La homogeneidad de los diferentes sumandos de la igualdad anterior, nos dice que " β " debe ser "una fuerza que corresponde a la aceleración nula". Una respuesta común a esta cuestión es: "se trata de la fuerza de fricción" que opera sobre el carro, de manera que la fuerza neta de la que habla el Principio es: $[F - \beta]$. **Es claro, que este planteo es completamente insostenible**. Aquí damos algunas razones:

- 1) En primer lugar, ¿a qué fuerza de fricción nos referimos? Los puntos experimentales se refieren a estados dinámicos del carro. La ordenada en el origen, se refiere a una aceleración nula, y como tal, **puede interpretarse** como correspondiente a un estado de reposo y a fricción estática. Si no separamos al carro de sus ruedas, "las fuerzas de fricción" externas que pueden operar, son las provenientes del contacto con el piso de apoyo y eventualmente el aire, que a menos que cuantifiquemos su efecto no podemos despreciarlo "a pálpito".
- 2) En segundo lugar, **no es habitual realizar**, cuando se desarrolla el experimento, una evaluación independiente y cuantitativa de las **fuerzas de fricción** que están operando en las distintas partes móviles. Ello presupone, naturalmen-

te, conocimientos complementarios del operador. Asignarle a " b " ese rol es, *por lo menos*, infundado. Se trata de un "decreto" sin fundamento sólido. Como actividad "científica" es de muy escaso valor y prácticamente inconsistente. **Aunque quitemos el carácter inductivo al experimento y aceptemos de plano la validez del Segundo Principio de Newton**, es imprescindible **cuantificar** las fuerza de roce, para **asegurar** que ellas son del orden de " b ". Si no se realiza este complejo análisis, la afirmación **no tiene base**.

- 3) En tercer lugar, no se discuten generalmente, las razones por las cuales es posible aplicar la Primera Cardinal del movimiento a **un sistema extenso, no puntual**, que incluye partes en rotación (las ruedas). Naturalmente, estos puntos **no se pueden analizar en un curso de Enseñanza Media**, porque la respuesta a estas cuestiones requiere más conocimientos de parte del estudiante, de los que se dispone en ese estadio. Entonces, la vía elegida es el "**decreto**". Se "decreta" que podemos utilizar la Primera cardinal, se excluye el análisis de la rotación de las ruedas, no se examina si la situación es ó no la misma si las ruedas "ruedan" o "deslizan". En cambio, estas consideraciones habría que realizarlas en forma obligada, si examinamos la energía cinética del carro, porque las ruedas pueden tener una "cuota importante" del total de energía.
- 4) En cuarto lugar, **una vez que aceptamos que " $F - a$ " es la fuerza neta**, reconocemos algo que "ya sabemos", porque estamos tácitamente aplicando lo que queremos inducir.

Se trata de un planteo **tautológico**. No hay "inducción" alguna. Tampoco hay "verificación" satisfactoria, porque no se han examinado aspectos cruciales del sistema y en consecuencia de aplicarle en forma correcta las leyes. En cualquier caso, como "actividad de Laboratorio" es de muy escaso va-

lor formativo, puesto que mistifica, en lugar de contribuir al razonamiento y la comprensión.

Conclusiones

- 1) Las actividades del Laboratorio deberían plantearse, a nuestro juicio, de un modo completamente diferente. No tienen ninguna significación el “experimentar por experimentar” ó en repetir experimentos realizados en el año para evaluar conocimientos ó destrezas adquiridas.
- 2) Los experimentos, por modestos y sencillos que ellos sean, deberían ser un pretexto formativo de un criterio ó un modo de pensar científico. En la medida que los experimentos no sean un pretexto para poner a prueba las leyes y sus ámbitos de validez, la estimación de los órdenes de magnitud de las cuantías a manipular, la previsión de los resultados a obtener, la acotación de los errores con cierta sensatez no preestablecida y la correcta manipulación del instrumental, carecen a nuestro juicio de significado en la Enseñanza Media.
- 3) Una modificación abolicionista de las actividades pautadas “para todo el mundo”, del “curso de laboratorio independiente del curso teórico” y seguido de una evaluación que reitera e indaga en lo que ya se hizo en el año y que por tanto propenda a una individualización de las actividades por parte del Profesor, presupone mayor libertad de éste. A su vez, esto depende de la confianza que las Autoridades tengan en el personal a cargo de la enseñanza.
- 4) Las actividades actuales, a nuestro juicio son: sistematizadas, reiterativas, y con escaso análisis. Los informes presentados por los alumnos, que deciden su situación reglamentaria, en general completamente irrelevantes en cuanto al aprendizaje de esta Ciencia fundamental que enseñamos, pero no dan garantía alguna sobre el aprovechamiento formativo real.
- 5) Es necesario realizar un esfuerzo contra la sistematización, el encasillamiento, y la mecanización, a los cuales conducen tareas completamente inadecuadas, que insumen una importante carga de trabajo con rendimiento muy discutible, para alumnos y Profesores. Este es un punto, que debe discutirse seriamente y en profundidad, al elaborar los Programas.

EFEMÉRIDES FÍSICAS (III)

22/01/1775 - Nace en Polémieux (Lyon), André Marie Ampère, Matemático y Físico francés.

23/01/1840 - Nace en Eisenach, Ernst Abbe, Físico alemán.

25/01/1627 - Nace en Lismore/Irlanda, Robert Boyle, Físico y químico irlandés.

FEBRERO

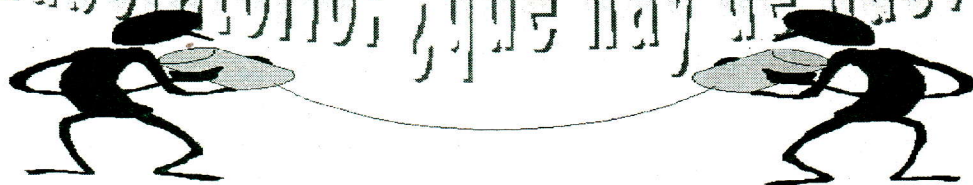
03/02/1862 - Fallece en París, Jean Baptiste Biot <<http://es.geocities.com/fisicas/cientificos/fisicos/biot.htm>>, Físico francés.

03/02/1925 - Fallece en Torquay, Oliver Heaviside, Físico e ingeniero inglés.

03/02/1975 - Fallece en Schenectady, William David Coolidge, Físico estadounidense.

08/02/1957 - Fallece en Heidelberg, Walter Bothe, Físico alemán.

Laboratorio: ¿qué hay de nuevo?



Sensor Óptico para medir frecuencia de Luz Estroboscópica (Usando la Interfase Cassy)

Prof. Jorge Cáceres Galln

Laboratorio de Física - Liceo N° 1 Paso de los Toros

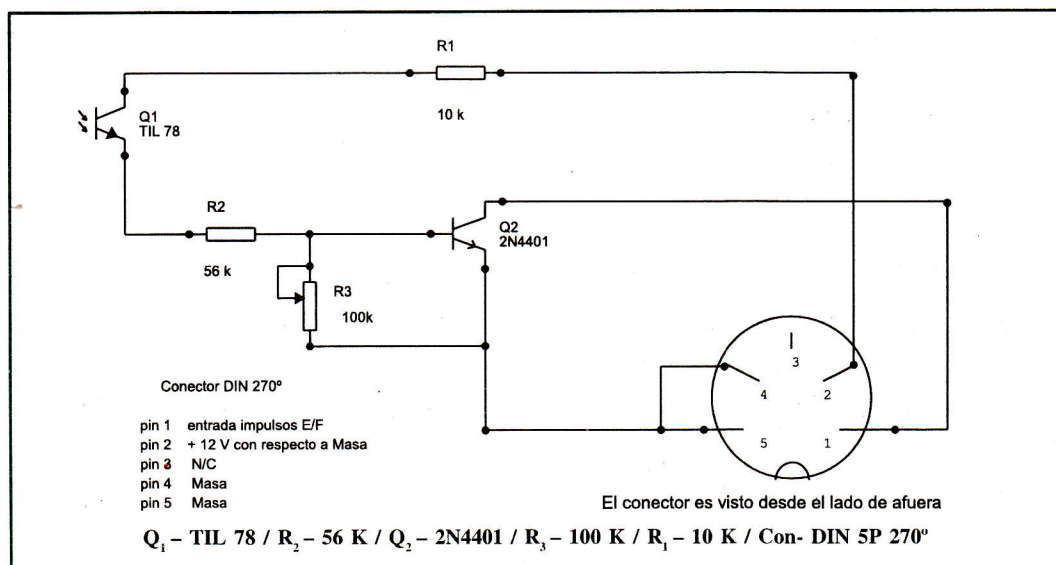
Cada vez que queremos medir la frecuencia de un fenómeno periódico, se utiliza el efecto estroboscópico.-

Hoy tenemos la posibilidad de conseguir algunas luces con este efecto, como el motorcito que tiene asociado la Cubeta de Ondas y el flash utilizados en las discotecas que nos permiten observarlos desde el punto vista cualitativo. Cuando queremos realizar alguna medición, la posibilidad en nuestro laboratorio es usar el estroboscopio manual, el cual es incómodo y bastante difícil de operar, para utilizarlo con algo de precisión se debe tener experiencia, para lo que hay que hacer un poco práctica en el manejo del mismo, lo que es tedioso y difícil de motivar a los estudiantes a realizarlo.

Se nos ocurrió modificar un circuito visto en los talleres del V EIEF y conectarlo a la Interfase Cassy y usar la función de *frecuencímetro*.

Se conecta la ficha en la entrada E de la interfase y se elige la función F3 Pulsómetro y luego de estar allí se pulsa F3 selección de medición, Cantidad de medición, Medición de Frecuencia, Tiempo de ventana 1 período, Divisor 1. Luego se pasa automática F4, set función automática, diferencia de medida 1 s. El circuito está en el diagrama adjunto, es muy fácil de construir; el conector es un DIN 5P 240°, la sensibilidad se ajusta con el potenciómetro R_3 .

Se ha probado con frecuencias bajas de hasta 100Hz y ha respondido satisfactoriamente.



CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS (II)

DECÁLOGO DEL ALUMNO PERFECTO

1. Nunca estés toda la clase despierto, el profesor puede llegar a pensar que aterrizaste de otra galaxia asombrado por su inmensa sabiduría. Convéncete de que tu grado de interés se mide por el número de bostezos.
2. Las clases se inventaron para los no dotados con ciencia infusa como tú. Procura faltar a clase el mayor número posible de veces, podrían llegar a pensar que todo tu interés y atención está puesto en aprender.
3. Invéntate fiestas y fúgate el mayor número posible de clases. Si no eres capaz de ser un pícaro de joven, difícilmente podrás enorgullecerte de haber demostrado de joven tu inteligencia.
4. La cantidad de años de existencia es inversamente proporcional al número de libros que se leen. Cuídate una existencia dichosa y longeva; no malgastes la preciosa vista que el Liceo todavía te ha dejado intentando aprender un poco más. No te olvides de que a mayor tele-videación menor lectura-ideación; es el principio metafísico del bípedo implume del mañana.
5. Un libro ya no ayuda a triunfar. Sólo la tele-videación ayuda a olvidar. Las bibliotecas del presente son las videotecas del futuro; ¡utilízalas, adelántate al progreso! Cuanto antes deje uno de pensar y de leer mayor ridículo social le espera. ¡Animo, alguien tiene que ser el primero!
6. Tu interés por la cultura es proporcional a la cantidad de minutos que consigues robar al profesor en clase. Procura andar despacio, ser cortés en los pasillos, afable en el trato... nunca te sientes el primero, podrían llegar a pensar que estás enfermo.
7. Nunca preguntes por el club o asociación de alumnos de tu centro, podría llegarse a pensar que eres incapaz de divertirte contigo mismo. Si te has embarcado en alguna actividad procura dejarla siempre a medias, recuerda que la perfección y la honradez son residuos educativos de épocas medievales.
8. No se te ocurra ilusionarte con el estudio, podrían llegar a pensar que has caído en las redes del sistema. Convéncete de que la ilusión en el trabajo, al igual que la ilusión en el estudio, sólo es propia de aquellos que han entendido su existencia como sufrimiento, dolor y castigo; ¡estoy hecho polvo, luego existo!
9. No se te ocurra preguntar en clase, conserva tu timidez hasta el final. Todos sabemos que no sabemos nada, sigamos nadando en la ignorancia. Sé cauteloso y recuerda que la pregunta no es el origen de la conciencia sino de la insolencia.
10. Estos nueve preceptos se resumen en dos; odiarás la ciencia sobre todas las cosas y a los libros como a ti mismo. El alumno perfecto es el ignorante perfecto; nunca tiene la culpa de nada, con él nunca pasa nada... nunca sabe nada.

(Comité para la calidad de la enseñanza)

OBTENCIÓN DE DIAGRAMAS DE DIFRACCIÓN CON LENTES DE FRESNEL

Prof. Carlos Fariello
Instituto "Dr. Rubino" - Durazno

Trabajo presentado como ponencia en el IV Encuentro Internacional de Educación en Física, Colonia del Sacramento, Uruguay, 1998, y publicado en la Revista Española de Física, Real Sociedad Española de Física, 1999, Madrid, España.

Abstract

Diffraction patterns are obtained with coherent light and Fresnel lenses. The diffraction aspects are analyzed according to the geometry of the lens, and Fresnel's zone radius are calculated.

A report of an experimental work on photography about the diffraction patterns is enclosed..

Objetivos

- a) Producción de difracciones utilizando lentes de Fresnel y luz coherente y registro fotográfico de los mismos;
- b) Determinación de las características de dichos patrones, en especial los radios de las zonas de Fresnel.

Introducción

La característica principal de la *difracción* - en el caso de ondas luminosas - es la desviación que se produce respecto de la propagación rectilínea cuando dichas ondas son obstruidas de alguna manera.

El frente de onda se curva entorno al obstáculo y por lo tanto se forma una configuración de franjas a manera de una región de sombra geométrica.

Existe una diferencia entre este fenómeno y el de *interferencia*, si bien ambos son producto de la superposición de ondas secundarias, en la difracción interviene la geometría del obstáculo, y en la interferencia la geometría del frente generador de ondas.

La técnica más simple para analizar las situaciones de difracción se basa en el *principio de Huyghens-Fresnel* que se enuncia de la siguiente manera: "cada punto de un frente de onda sirve como una fuente de ondas secundarias esféricas de la misma frecuencia que la de la onda primaria. El campo óptico después de una obstrucción es la superposición de todas esas ondas secundarias que alcanzan ese punto."

En situaciones en las cuales el fenómeno se produce por el pasaje de la luz a través de una abertura circular, la figura de difracción está formada por un disco central brillante, rodeado de anillos alternadamente brillantes y oscuros. La intensidad es máxima en el centro del disco, y disminuye hasta ser cero en el primer mínimo, cuyo semiángulo α está dado por

$$\sin \alpha = 1,22 \lambda / D = 0,61 \lambda / R \quad (1)$$

Siendo D el diámetro de la abertura, y R , su radio. Más del 85% de la energía transmitida por la abertura se concentra en el disco central. A este tipo de fenómeno se le denomina *difracción de Fraunhofer*.

Pero, el fenómeno antes mencionado puede presentar algunas variantes si por ejemplo, la distancia entre la abertura y la pantalla es muy grande, o cuando la abertura es muy pequeña. En estos casos, y tomando en consideración un símil geométrico, los rayos que proceden de todos los puntos de la abertura se dirigen a un punto cualquiera de la pantalla y pueden considerarse paralelos. Cuando la distancia a la pantalla es tan pequeña o la abertura del orifi-

cio muy grande, entonces los rayos no pueden ser considerados paralelos y la *difracción* se denomina *de Fresnel*.

Se puede lograr una aproximación a este fenómeno por medio de un método sugerido por el propio Fresnel. Se trata de dividir la superficie de onda (patrón de difracción) en zonas pequeñas, pero finitas, y utilizar las mismas en lugar de las regiones infinitesimales que la teoría prevé. Las regiones pasarán a llamarse *zonas de Fresnel*. Se trata de zonas concéntricas y los radios de las mismas se determinan

$$r^2 = L\lambda + (\lambda/2)^2 \quad (2)$$

Donde L representa la distancia de la abertura a la pantalla, y finalmente, si L es suficientemente grande frente a la longitud de onda λ , se puede despreciar el término $(\lambda/2)^2$, y entonces:

$$r = \sqrt{L\lambda} \quad (3)$$

Los radios de las zonas de Fresnel dependen de la longitud de onda de la luz utilizada y de la distancia de la superficie de onda a la pantalla, y varían en función de $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, etc. . Cuanto mayor sea la longitud de onda o L, más anchas serán las mencionadas zonas.

En este fenómeno si se aumenta al tamaño de la abertura disminuye la luz que llega al centro del patrón de difracción y es posible entonces, al contrario de lo que ocurre en una difracción de Fraunhofer, tener en el centro un punto o una zona oscura.

Placa zonal de Fresnel

Una forma de representar una difracción de Fresnel es mediante una placa u hoja material que tiene impresos anillos opacos alternados con anillos transparentes, y concéntricos que siguen para los radios la ley anteriormente expuesta.

La disposición es tal que cuando se coloca dicha placa a una distancia determinada de una fuente luminosa coherente,

ésta oscurecerá alternadamente las zonas de Fresnel sobre el frente de onda proveniente de la fuente.

Lente de Fresnel

Se trata de una superficie transparente de cristal o plástico que tiene tallados círculos concéntricos a partir de un punto central a la manera de una placa zonal.

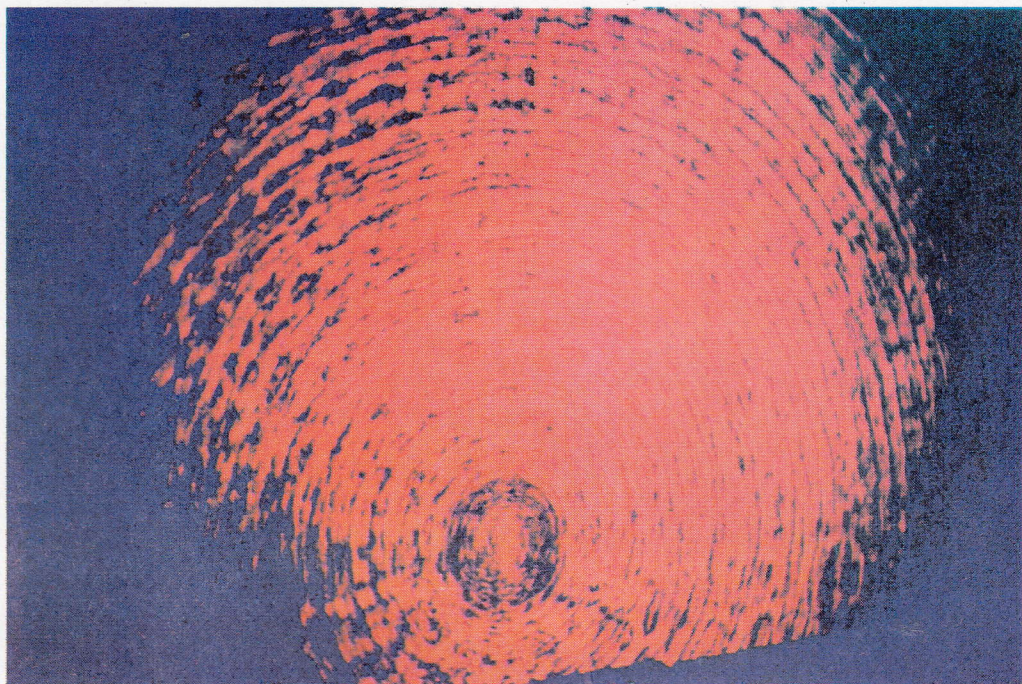
La lente actúa como convergente y cuando la luz proveniente de una fuente coherente incide en el punto medio de la misma se produce un patrón de difracción cuya geometría responde a la de la lente utilizada.

Pero, una lente biconvexa puede transformarse en una lámina delgada dentada o con escalones, que en realidad forma un conjunto de lentes más pequeñas. Se obtiene así lo que se conoce como lente de Fresnel que está libre de aberración esférica.

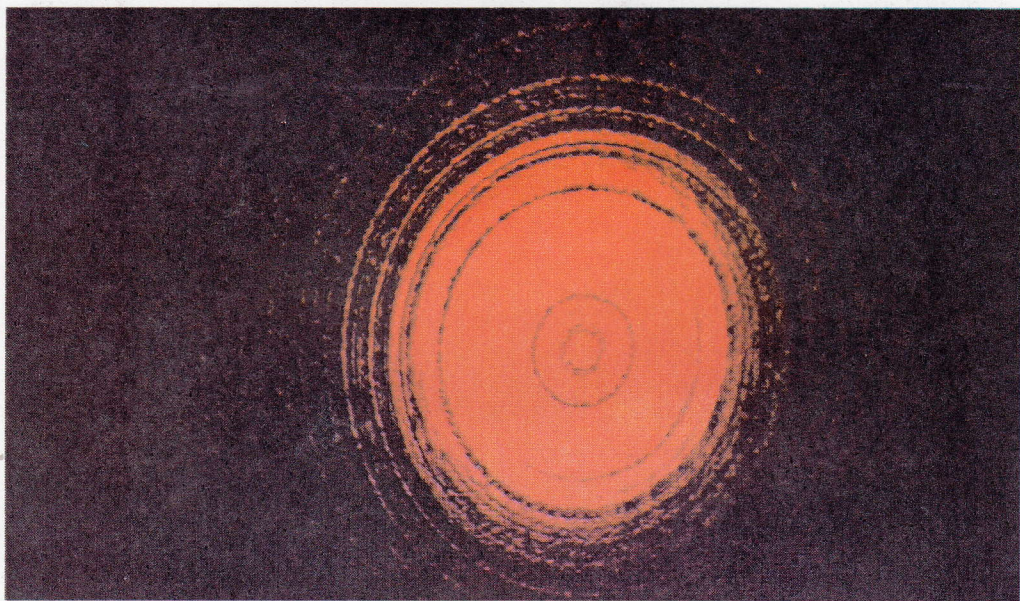
Si se ilumina una lente de Fresnel con luz monocromática, actúa entonces como una lente con una única distancia focal positiva y una única distancia focal negativa. Debido a la distribución de claridad casi sinusoidal (dada por los anillos de la lente), además del haz de luz no difractado que atraviesa la lente, se presentan por ambos lados sendos haces de luz difractados. (Tomado del Instructivo Holograma de fases de Leybold Didactic GMBH, Germany, 1989)

Propuesta experimental

A continuación se plantea una experiencia para ser aplicada en cursos de Bachillerato y que tiene como objetivo principal acercar al alumno el fenómeno de la difracción de Fresnel como complemento de los cursos teóricos. La misma se desarrollará utilizando el material disponible en los laboratorios de los colegios secundarios y que se



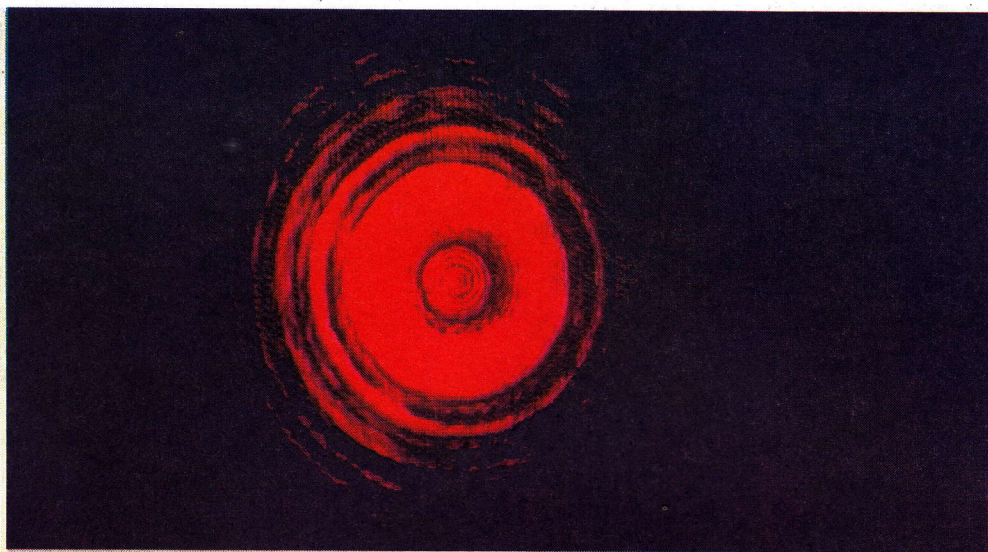
Patrón de difracción obtenido mediante una lente (lupa) de Fresnel de $f=15$ cm., utilizando luz de 632,8 nm. El haz de láser ha sido colimado con un objetivo de microscopio de 2X



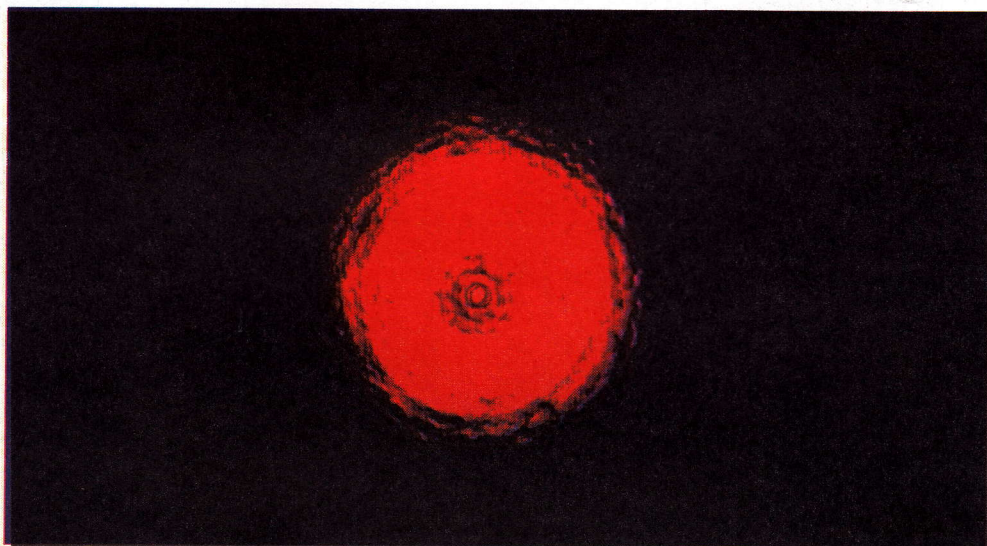
Patrón característico de una difracción con una lente de Fresnel

detalla más abajo. Se utilizará una lente de Fresnel construida de material plástico y a través de la misma se producirán una serie de difracciones las que estarán representa-

das en patrones característicos. Se utilizará además luz coherente de un láser de He-Ne (gas) con longitud de onda de 632,8 nm, marca Uniphase Class 2. Los mate-



Difracción producida por una placa de Zonas de Fresnel como sustituto de la lente o lupa de Fresnel, utilizando también luz 632,8 nm.



Fotografía de una Difracción mediante un orificio circular.

riales a ser utilizados son una lente convergente de $f = +50$ mm Leybold; una lente convergente de $f = +100$ mm Leybold; dos lentes de Fresnel de $f = +150$ mm, soportes para el láser y las lentes Leybold. Los patrones de difracción son recogidos en una pantalla blanca opaca. El montaje del banco óptico se efectúa según la figura.

Se obtiene un patrón de difracción de la luz de láser compuesto por anillos concéntricos que se analiza utilizando como referencia la estructura geométrica de la lente de Fresnel utilizada. La separación entre dos anillos consecutivos de la mencionada lente es del orden de $1,5 \times 10^{-3}$ m.

Luego se planteó la obtención de un patrón de *difracción* colocando a 3,0 cm de la

fuelle láser una lente convergente de $f = +100$ mm y luego a 3,5 cm de ésta otra igual de $f = +50$ mm, y la lente de Fresnel se colocó a 41 cm de la anterior completando así el banco óptico. La distancia entre el banco y la pantalla vale 2,20 m.

Para esta configuración se determinó el valor del radio de la primera zona en el diagrama de difracción de Fresnel, utilizando la ecuación (3), que es del orden de $1,20 \times 10^{-3}$ m. Una segunda experiencia se realiza bajo condiciones diferentes: colocando a 3 cm de la fuente láser una lente convergente de $f = +50$ mm y a 1,40 m de ésta la lente de Fresnel. Mientras la pantalla está ahora a 1,24 m. El radio de la primera zona en el patrón de difracción es del orden de $8,86 \times 10^{-4}$ m.

Observaciones

Los radios calculados y cuyos valores se muestran subrayados corresponden a los de las zonas de una difracción de Fresnel. Existe un patrón complejo en el cual se destaca una estructura que responde a la geometría de la lente utilizada, conformado por una sucesión finita de anillos concéntricos, a partir de un disco central que tiene $7,0 \times 10^{-4}$ m de radio, estando separados entre sí $1,5 \times 10^{-3}$ m.

Entre un anillo y el siguiente existe un desnivel, a manera de bajorrelieve, que cortado de manera transversal presenta una forma regular y que opera como un prisma produciendo difracciones a ambos lados de la lente. La lente posee una única distancia focal positiva y una única f negativa, en el presente experimento f vale 150 mm, es convergente y en el tope de sus anillos se produce un máximo de absorción. El patrón así obtenido está configurado por anillos concéntricos que según el cálculo efectuado mediante la ecuación de radios de zona de Fresnel se encuentran muy próximos. La lente utilizada no es de buena calidad pues presenta modificaciones accidentales como rayaduras, etc., por lo cual el

patrón presenta mucho ruido en cuanto a su definición, pero aún así es fácil observar la existencia de una difracción de Fresnel (*la proyectada sobre la pantalla ubicada frente a la lente*), y de una zona central oscurecida más el agregado de luz reflejada sobre la cara de la lente expuesta a la fuente luminosa. Esto último contribuye a hacer más confuso y poco claro el patrón de difracción al que hemos hecho referencia.

Además, la coherencia de la luz es responsable en buena parte de las difracciones y reflexiones parásitas producidas por las irregularidades de la superficie de la lente, y que se agregan sobre el patrón de difracción de fondo. Se ha modificado la coherencia utilizando un difusor giratorio delante del láser.

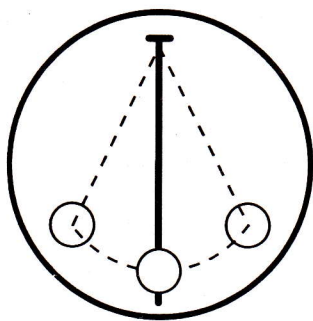
Conclusiones

Luego de desarrollada la propuesta experimental entendida desde un principio como una posibilidad educativa a ser integrada en los cursos prácticos de Física en el último año del Bachillerato, los resultados obtenidos motivan a continuar investigando sobre el tema con la intención de encontrar otras alternativas en procura de perfeccionar métodos didácticos para la enseñanza experimental.

Bibliografía:

1. F. Crawford, Jr., *Ondas, Berkeley Physics Course, Vol. 3*, Edit. Reverté, España, 1979, 634 pp., (traducción de *Waves*, Mc Graw-Hill, Inc., U.S.A., 1968).
2. D. Halliday; R. Resnick; K. Krane; *Física, Vol. 2*, Edit. CECSA, México, 3a. edición, 1996, (traducción de *Physics Vol. 2*, 4a. edición, John Wiley & Sons, Inc. U.S.A., 1992.).
3. E. Hecht, *Optica*, Schaum- Mc Graw Hill, México, 1a. edición, 1976, (traducción de *Optics*, Mc Graw-Hill, Inc., U.S.A.).
4. K. Iizuka; *Engineering optics*, second edition, Springer - Verlag, Berlín, Alemania, 1987.
5. Leybold, *Holograma de fases* (instructivo de Leybold Didactic GMBH) Alemania, 1989.
6. F. Sears; *Fundamentos de Física, Tomo III, Optica*, Edit. Aguilar, España, 4a. edición, 1967, 385 pp., (traducción de *Optics* (3a edición) Addison Wesley Publishing Company, Inc., U.S.A.).

Asociación de Profesores de Física



del Uruguay

PASO SEVERINO

La Comisión Directiva se encuentra abocada a la organización de las Jornadas sobre el rol de la Física en la enseñanza media, propuesto en la última Asamblea General Ordinaria en la ciudad de Durazno. Por tal motivo se nombró una comisión integrada por los profesores Wilson Netto, Zoraida Viera, Alicia Acland y Winston Mombrú, cuyo objetivo es diseñar la dinámica de trabajo y determinar las pautas de los talleres. Por otra parte la Comisión Directiva se ha propuesto entrevistar a quienes se encuentran involucrados en la Reforma de Bachillerato con el fin de volcar lo recogido a los asociados en este evento. Estas Jornadas se desarrollarán en el complejo "Paso Severino" de OSE, los días 1º, 2 y 3 de marzo de 2002.

El 1º de febrero de 2002 saldrá un boletín con más información y con la ficha de inscripción. El costo de la misma será de U\$S 50 (incluye alojamiento y pensión completa).

ENCUENTRO BIANUAL DE LA SOCIEDAD URUGUAYA DE FÍSICA (SUF)

Los días 3 y 4 de diciembre se realizó en Piriápolis el encuentro bianual de la SUF a la que asistió como delegado de la APFU el prof. Pablo Garateguy. Como es habitual, se presentaron los trabajos de investigación en física que actualmente se están desarrollando a nivel de la Universidad (aplicaciones de ultrasonido, optoelectrónica, hidráulica, física teórica y astronomía).

Simultáneamente se plantearon propuestas tendientes a acrecentar los vínculos entre ambas asociaciones, e instrumentar instancias de intercambio con vistas a mejorar la enseñanza de la Física. Así mismo se invitó a los participantes a presentar ponencias, conferencias y talleres en nuestro próximo Encuentro en Carmelo.

VI ENCUENTRO INTERNA- CIONAL DE EDUCACIÓN EN FÍSICA: 16 AL 20 DE SEPTIEMBRE 2002 CARMELO – URUGUAY

Recordamos que aún seguimos recibiendo las propuestas de talleres, conferencias y ponencias para este Encuentro. Ya hemos recibido varias propuestas del exterior, pero esperamos los importantes aportes de los colegas uruguayos.

Se recibirán los trabajos en formato compatible con Windows 98 **HASTA EL DÍA VIERNES 31 DE MAYO DE 2002**, en: Gaboto 1435 of. 002 C.P.:11200, Montevideo – Uruguay; apfu@adinet.com.uy; Telefax: (598 2) 4001258.

Los costos, programa y condiciones de inscripción como participantes serán informados en Junio de 2002. Por más información remitirse a las direcciones arriba establecidas.

PRÓXIMOS EVENTOS INTERNACIONALES:

VI SIEF (VI Simposio de Investigadores en Educación en Física)

9, 10 y 11 de octubre de 2002.

Corrientes – Argentina.

Los trabajos de investigación y desarrollo en Enseñanza de la Física propuestos para su presentación en el Simposio deberán enviarse antes del 30 de abril del 2002. Informes e inscripción:

sief6@exa.unne.edu.ar

<http://exa.unne.edu.ar>

Programa Internacional de Doctorado “Enseñanza de las Ciencias”.

Se imparte en la Universidad de Burgos, España. La propuesta surge del acuerdo de colaboración académica entre la Facultad de Ciencias y de Humanidades y Educación de la Universidad de Burgos y el Instituto de Física de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (Porto Alegre - Brasil).

Informes: dida@ubu.es

www.ubu.es/docencia

“Deutsches Museum”

Un grupo de profesores de Física y Química se encuentra en la tarea de organi-

**"Seguramente hay un rumbo
posiblemente.**

**Y de muchas maneras personal
y único.**

**Posiblemente haya un rumbo
seguramente.**

**Y de muchas maneras
el mismo para todos.**

HAY UN RUMBO SEGURO

Y DE ALGUNA MANERA

POSIBLE."

Se trata de encontrar ese rumbo.

FELICES FIESTAS.

COMISIÓN DIRECTIVA.

zar un viaje de estudio al “DEUTSCHES MUSEUM” (Museo Alemán de Ciencia y Técnica) en la ciudad de Munich (Alemania). Informes, consultas, comentarios y sugerencias:

Prof. Pablo Meyer. (02) 309 3391

wpmeyer@adinet.com.uy

EDICIONES



*Un proyecto
editorial
al servicio
de estudiantes
y autores uruguayos.*

**HISTORIA - MATEMÁTICA
LITERATURA - FILOSOFÍA
CIENCIAS SOCIALES - ECOLOGÍA
ADMINISTRACIÓN - DERECHO
FÍSICA - QUÍMICA**

**Descuentos especiales para
estudiantes y docentes**

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

**Solicite
Catálogo**

CALEFACCION POR MICROONDAS

Prof. Pablo Garateguy (I.P.A.)

¿Qué son las microondas?

Se conoce con el nombre de Microondas, a todas aquellas ondas de naturaleza electromagnética cuya frecuencia está comprendida entre 1 y 100 GHz.

Debido al amplio rango de frecuencias que abarca y a las frecuencias tan altas comprendidas en dicha banda, los materiales inertes así como también los de naturaleza fisiológica, presentan una serie de variados comportamientos frente a ellas, que permiten su utilización en campos diversos de la actividad humana.

Las microondas se sitúan en el extremo superior útil del espectro de ondas de radio electromagnéticas.

Sus longitudes de onda se extienden entre los 30 cm. para 1 GHz a los 3mm a 100 GHz. (Ver figura 1).

Son estas longitudes de onda tan reducidas las que permiten el tratamiento de las MO bajo ciertas circunstancias, como si se tratara de rayos ó haces de luz. En tales casos se dice que el comportamiento del sistema exhibe características ópticas.

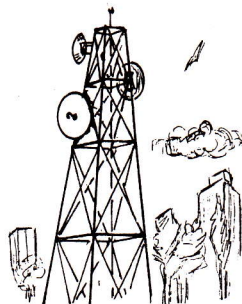
Sin embargo veremos que las MO como tal, no difieren con respecto a ondas electromagnéticas de frecuencias diferentes.

Son los materiales y componentes, los que exhiben comportamientos peculiares a estas frecuencias, lo que da origen a toda una gama de aplicaciones tan diversas como la de producir calentamiento para cocinar, ge-

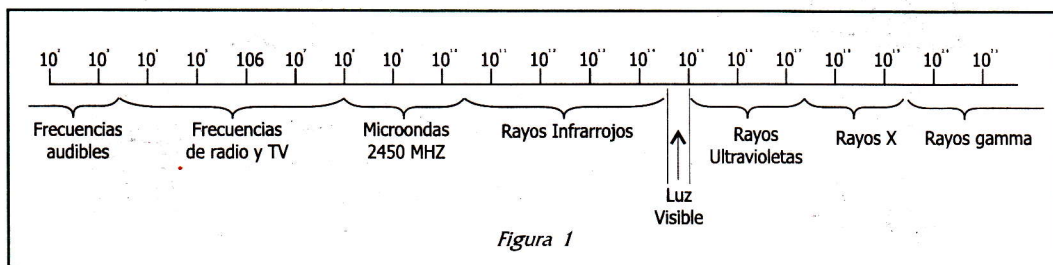
nerar imágenes, transmitir información ó detectar movimientos para aplicaciones de seguridad.

Aplicaciones

a) **Enlaces de Microondas.** Tal vez una de las aplicaciones más conocidas de las ondas de radio en este rango de frecuencias, la constituyen los denominados Enlaces de Microondas, (ANTEL, Internet Inalámbrico, etc.). Las frecuencias utilizadas en este caso, se sitúan entre los 2 y 18 GHz aunque las más usadas se sitúan en los 4 GHz (longitud de onda de 7,5 cm), lo que permite el uso de antenas direccionales muy pequeñas las cuales por lo general toman las formas de antenas parabólicas. Esto permite enfocar las MO en forma de un haz que se propaga en línea recta hasta llegar a la antena receptora, que es idéntica en su conformación a la antena transmisora.



b) **El Radar.** La facilidad de concentrar la radiación de MO en un haz muy potente además de su reducida longitud de onda, se aprovecha en el radar para hacer incidir energía electromagnética sobre un objetivo. Midiendo el tiempo que tarda la energía reflejada del objetivo (el



eco), en regresar al punto de partida de la radiación, es posible calcular la distancia a que se encuentra el objetivo.

c) **Radar de Apertura Sintética (SAR).** Los sistemas SAR utilizan haces de MO dirigidos hacia la tierra, para la obtención de mapas topográficos. En esencia se obtiene una fotografía en blanco y negro del terreno abajo, que luego con técnicas informáticas se colorea.

d) **Comunicaciones Via Satélite.** Por sus características de alta direccionabilidad también los enlaces con los satélites se realizan con Microondas, con bandas comprendidas entre los 0,5 y 36GHz. Por supuesto, acá es obligatorio el uso de transmisores de gran potencia y receptores de alta sensibilidad, así como de antenas de muy buena eficiencia. (Pensemos que aún se realizan comunicaciones con la nave PIONNER 10 que se halla a unos 11.750 millones de Km. de la Tierra en las afueras del sistema Solar...).

e) **Calefacción.** Las MO poseen un gran poder de penetración, por lo cual es posible conseguir que materiales a ser calentados, inmersos en un campo poblado de MO sean penetrados uniformemente. La interacción de las Microondas con las moléculas de agua presentes en el material, genera una cantidad de calor apreciable como veremos más adelante, que permite un proceso de calefacción uniforme.

La calefacción por microondas

En los aparatos y dispositivos eléctricos (condensadores, motores, alternadores, etc.) se denominan «pérdidas dieléctricas» a las que se producen en los materiales no conductores de la corriente eléctrica, cuando se los somete a un campo electromagnético.

En dichas máquinas se trata de reducir las al mínimo porque suponen una disminución de su rendimiento eléctrico, en la calefacción por MO serán precisamente las «pérdidas» la potencia aprovechable para calentar el material.

Los campos electromagnéticos típicos de MO dan lugar al calentamiento del material no conductor ó dieléctrico, colocando bajo su influencia, porque las moléculas actúan como barras magnéticas tratando de orientarse ó polarizarse ellas mismas bajo la acción del campo. (Ver figura 2).

Debido a que el campo cambia de sentido con una frecuencia entre 10 y 6000 MHz la fricción interna entre las moléculas es la que da lugar a su calentamiento.

Un átomo ó molécula lleva electrones y protones; en las partículas que forman un dipolo (cuyo baricentro de cargas positivas es diferente del de las cargas negativas) el calentamiento al someterlas a un campo eléctrico alternativo es grande, ya que los dipolos tienden a orientarse según el campo, por lo que las moléculas dipolo deben girar sobre sí mismos continuamente en ambos sentidos.

Para los materiales no conductores de la electricidad normalmente malos conductores del calor, el calentamiento por conduc-

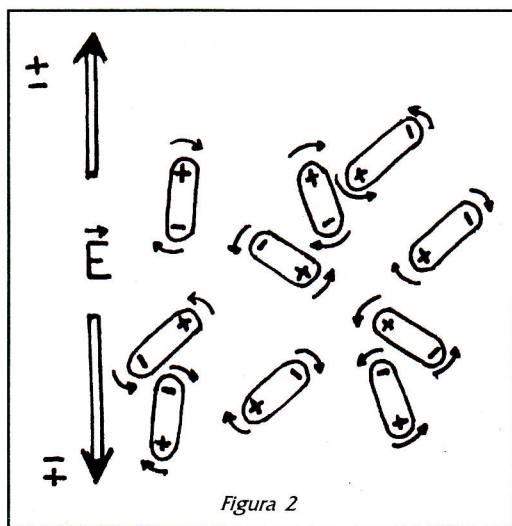


Figura 2

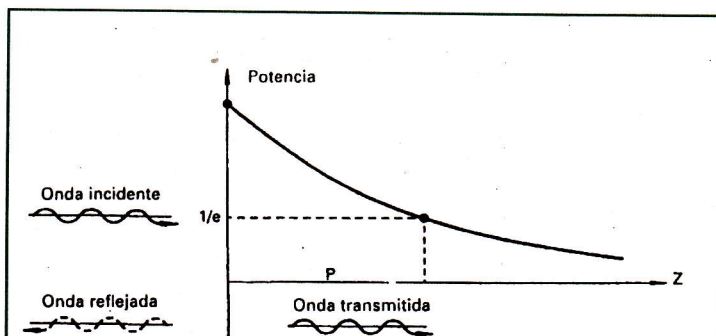


Figura 3 - Potencia de la onda electromagnética

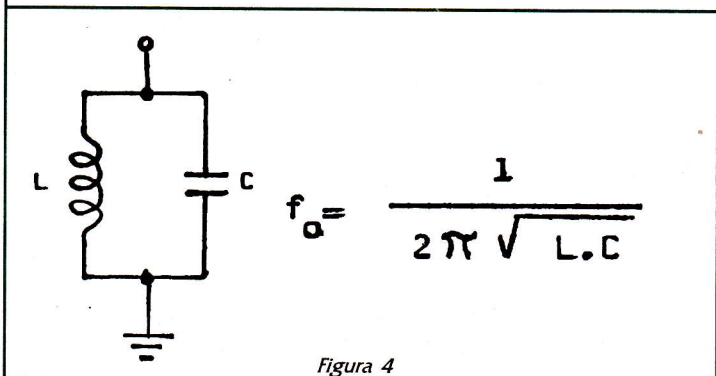


Figura 4

Debido a los tiempos y tamaños de la carga, este efecto en el horno de Microondas doméstico es completamente insignificante.

Generación de microondas

Para conseguir las frecuencias de MO, no son válidos los dispositivos comúnmente usados (válvulas electrónicas, transistores).

Pero vamos a empezar por el principio; lo más elemental para generar oscilaciones electromagnéticas, es la combinación de un capacitor y una bobina, por ejemplo un circuito LC en paralelo. (Ver figura 4)

ción, convección ó radiación térmica desde la superficie exige un sobrecalentamiento de la superficie.

En el calentamiento dieléctrico se consiguen densidades de potencia elevadas al generar calor dentro de la masa del material, lo que da lugar a tiempos mucho más cortos, manteniendo además la superficie de la carga a la misma ó menor temperatura.

Cuando usamos MO el material se dispone en una cavidad en cuyas paredes se reflejan las ondas; como la pieza a calentar puede tener dimensiones superiores a la longitud de onda (12cm para los 2.450 MHz), será necesario tener en cuenta la atenuación del campo en el interior de la carga.

Dentro del material se producirá simultáneamente una transmisión de calor por conducción, ya que se produce un calentamiento no uniforme, al variar con la profundidad la generación de calor calculada. (Ver figura 3)

Pero digamos que las MO tenían sus «cositas». Veamos la situación: Si intentamos construir un circuito LC resonante a las frecuencias de las Microondas, los capacitores comerciales más pequeños son de 1 pF; un inductor con núcleo de aire, de una sola espira, sobre un diámetro de 5mm, tiene un valor aproximado de 0,1μ Hy.

Si utilizamos esos valores, podemos determinar que la frecuencia de oscilación es de aproximadamente 0,5 GHz (500 MHz).

Con componentes convencionales es imposible lograr nuestro objetivo. Si aumentamos el diámetro del inductor, aumenta su inductancia, pero baja la frecuencia... Ni que decir, que tampoco funcionan bien los transistores y válvulas comunes a estas frecuencias.

La historia de la solución encontrada es larga y muy interesante, pero extendería demasiado este artículo.

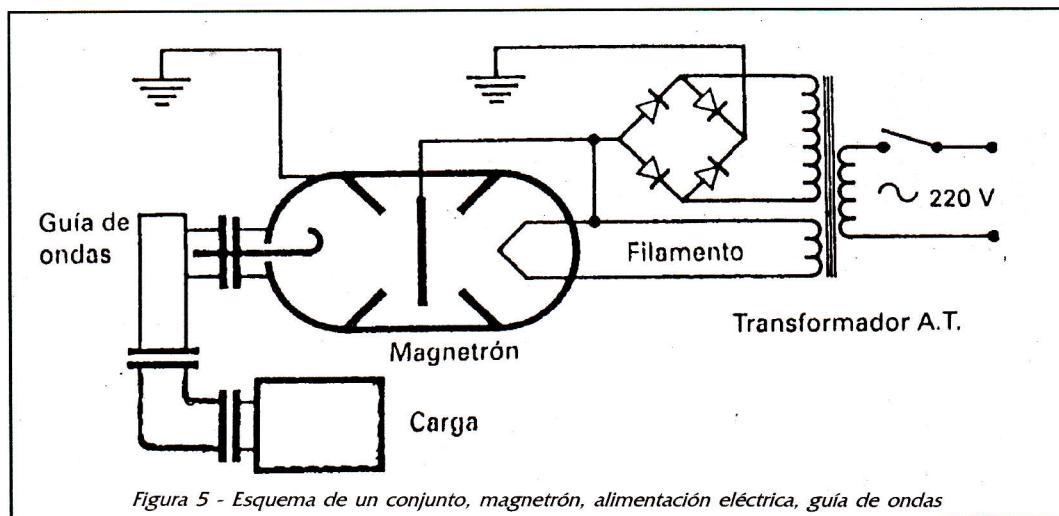


Figura 5 - Esquema de un conjunto, magnetrón, alimentación eléctrica, guía de ondas

Para generar Microondas se recurre a dispositivos especiales llamados Klistrom (para altas potencias) y Magnetrón (para medianas y bajas potencias).

Nos referimos al Magnetrón, pues debido a su uso en los populares hornos de MO, están más al alcance de la mano y la vista.

El magnetron

El magnetrón es la combinación de una válvula electrónica de vacío, con cavidades resonantes capaces de alcanzar las frecuencias que necesitamos.

En el magnetrón, un filamento que también actúa como cátodo, por el calor genera a su alrededor una nube de electrones (carga espacial).

A cierta distancia y rodeando por completo el cátodo se encuentra el ánodo que por ddp atrae los electrones. Hasta ahí la similitud con las viejas válvulas diodo. (Ver figura 5)

Por encima y por debajo de este sector, se encuentran dos poderosos imanes que establecen un campo magnético uniforme y perpendicular, al campo eléctrico que acelera los electrones hacia el ánodo.

Acá entra en acción la fuerza de Lorentz, la trayectoria de los electrones se curva...

se dirigen nuevamente hacia el cátodo y de ahí de nuevo reenviados hacia el ánodo... hasta que finalmente adquieren una trayectoria cicloidal. (Ver figura 6)

El ánodo por otra parte, está constituido por una pieza metálica en la que se han excavado un cierto número de cavidades, que constituyen cavidades resonantes a la frecuencia de las Microondas.

En el Magnetrón, los electrones acelerados se dirigen hacia el ánodo, tal como en un tubo de vacío, pero un campo magnético los devuelve hacia el cátodo. Si una onda de la frecuencia correcta aparece dentro de la cavidad cuando el campo magnético devuelve los electrones y los electrones se mueven a la velocidad correcta (velocidad de fase) su energía cinética se transfiere por resonancia a la onda RF (radio-frecuencia).

Los electrones vuelven a bombardear el cátodo y el proceso se repite. Sólo los electrones que transfieren suficiente energía a la onda de RF, en resonancia alcanzan el ánodo y únicamente sí se acercan bastante, para ser atraídos por él.

El objeto básico del Magnetrón no es generar la corriente de ánodo, pues si el electrón alcanza a este electrodo no puede volver a excitarse, para generar más energía

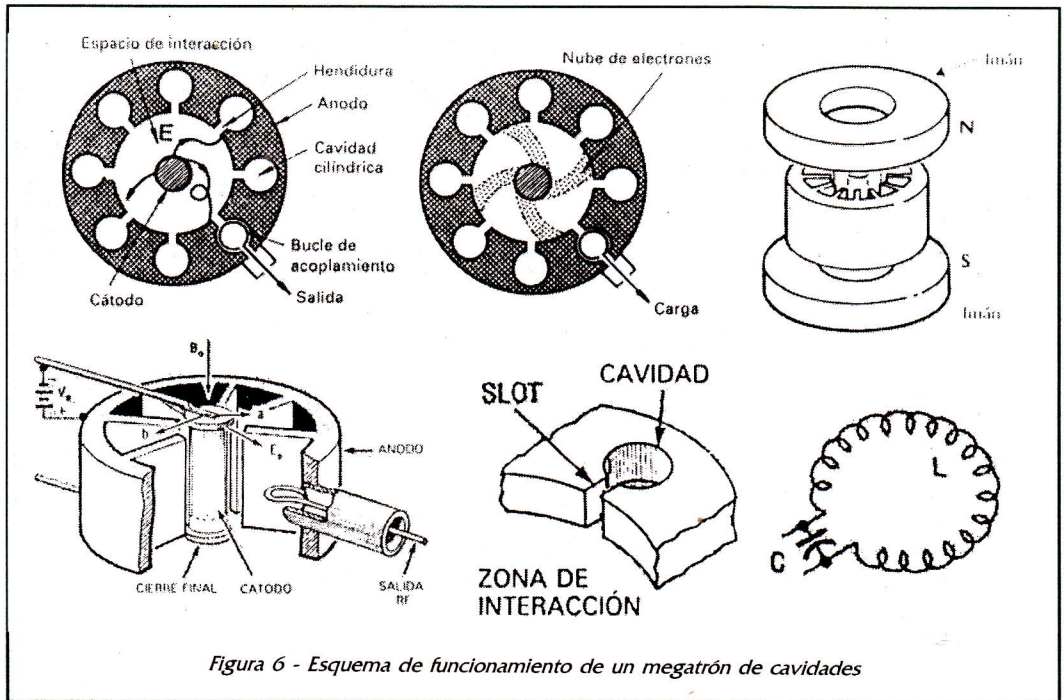


Figura 6 - Esquema de funcionamiento de un megatrón de cavidades

cinética y transferirla a la onda de RF mediante resonancia. Sólo unos pocos electrones alcanzan el ánodo.

La energía de RF se capta con una sonda de RF situada en la zona de interacción entre el ánodo y el cátodo, y se conduce a una guía de onda de salida. Es importante insistir que **la salida es la onda de RF** y no la corriente de ánodo.

Para extraer energía se utiliza una plaquita que se ubica dentro de una de las cavidades y se prolonga hasta el casquillo exterior conduciendo las MO.

Esta plaquita funciona como una antena y sus dimensiones están calculadas con precisión para que las pérdidas sean mínimas.

Como toda válvula de potencia el Magnetrón se calienta y la energía térmica excedente debe ser retirada para que no dañe el dispositivo. Se usa un conjunto de

aletas de aluminio que calzan ajustadamente en el cuerpo de la válvula. El electrodo de salida se acopla a una guía de ondas, sintonizada a la frecuencia de operación. (Ver figura 7).

Guías de ondas

Una vez producidas las Microondas, es necesario llevarlas hasta el sitio en que serán usadas. Las corrientes de alta frecuencia producen el efecto pelicular, o sea

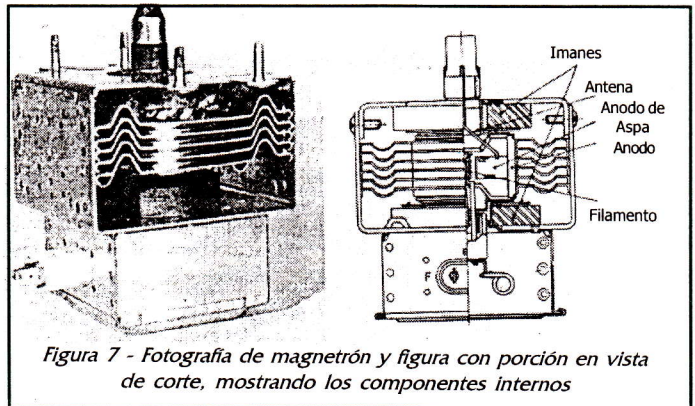


Figura 7 - Fotografía de magnetrón y figura con porción en vista de corte, mostrando los componentes internos

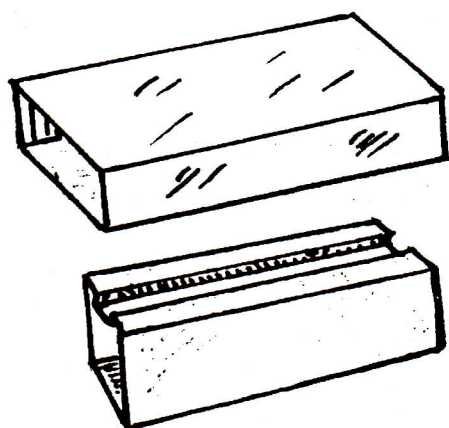


Figura 8

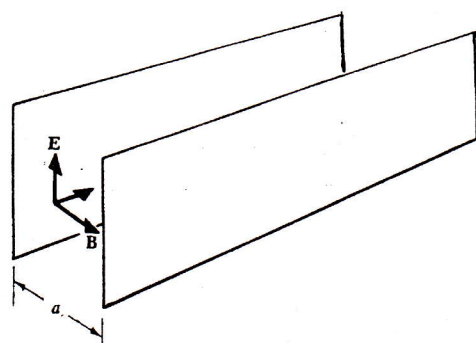


Figura 9

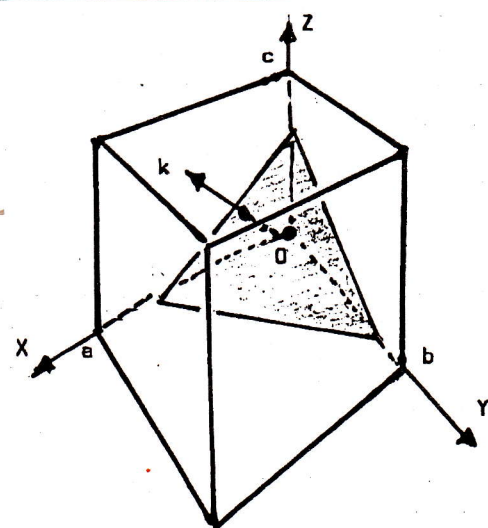


Figura 10

tienden a desplazarse en una capa muy delgada cercana a la superficie del conductor.

En su forma básica, la guía de onda sirve para la propagación confinada de la energía electromagnética. (Ver figura 8).

Las Microondas pueden ser guiadas por dispositivos tan sencillos como un tramo de tubo metálico rectangular. Los materiales deben ser buenos conductores a fin de reducir las pérdidas resistivas, por lo que se fabrican de Cobre, Aluminio ó Bronce.

En una guía de onda la conducción no ocurre en las paredes del dispositivo, sino a través del dieléctrico dentro de la guía.

La superficie interna de la guía actúa a manera de espejo que refleja la onda electromagnética alternadamente a medida que se propaga en la dirección longitudinal.

Las condiciones en la frontera, en la superficie de la guía de onda son:

E es normal a la superficie, o cero

B es tangencial a la superficie, ó cero

Simplificando el sistema, podemos plantear un par de placas paralelas con una separación a (Ver figura 9).

Una onda que se propaga a lo largo de la guía satisface las condiciones de frontera y en consecuencia es un modo posible, al cual se le llama: Modo Transversal Electromagnético (TEM).

Los campos Eléctrico y Magnético tienen una intensidad máxima en el centro de la guía. Si los conductores son ideales (resistividad cero) la componente de E paralela a la superficie debe anularse, en la superficie y la componente perpendicular a la superficie no es necesario que se anule, sino que es proporcional a la densidad superficial de carga en la superficie del conductor. Respecto al campo magnético la situación es similar.

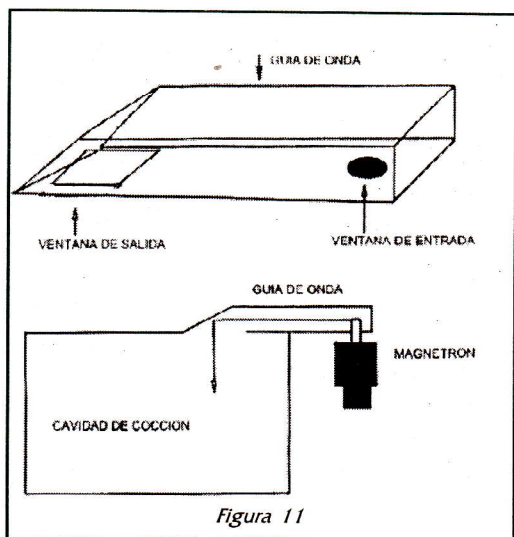


Figura 11

Así pues cualquier onda que se propague en el canal debe tener una configuración de campo que satisfaga las condiciones de frontera que ya planteamos.

La onda está contenida normalmente en un tubo conductor hueco de sección rectangular. En general son posibles muchas configuraciones del campo ó **modos**, pero sí se escogen correctamente sus dimensiones en relación con la longitud de onda, puede diseñarse la guía de onda de manera que sólo sea posible un modo.

Hemos visto cómo se producen las Microondas y cómo las llevamos de un lugar a otro. Pero, cuál es el final del camino?...: el cuerpo que deseamos calentar; por ejemplo el alimento en un horno.

La cavidad del horno también es una cavidad resonante, cuyas dimensiones se ajustan a un determinado modo tridimensional.

Cavidades resonantes

Una onda plana en el espacio se caracteriza por un vector $\mathbf{k}$ perpendicular al plano de onda con 3 componentes: k_1 , k_2 , k_3 según los tres ejes espaciales.

Cuando se produce una onda en el interior de la cavidad, se refleja sucesivamente en

todas las caras estableciéndose un grupo de 8 ondas que resultan de las distintas combinaciones posibles de $\pm k_1$, $\pm k_2$, $\pm k_3$ (Ver figura 10).

La interferencia ó superposición de estas 8 ondas, da lugar a ondas estacionarias; si las componentes k_1 , k_2 y k_3 de $\mathbf{k}$ tienen los valores apropiados, tendremos valores posibles de frecuencia de resonancia. En estas condiciones, la cavidad será resonante.

Las cavidades resonantes para ondas electromagnéticas tienen sus paredes construidas con materiales de gran conductividad eléctrica de modo que reflejan las ondas lo mejor posible.

En un horno la carga resistiva es el alimento que el usuario coloca para calentar.

Si se enciende el horno vacío y/ó para tiempos excesivamente largos con cargas «pequeñas», como las MO no se disipan, vuelven por la guía de onda al Magnetron y lo dañan por sobrecalentamiento. (Ver figura 11)

La mayoría de los daños se suelen producir en el casquillo emisor de Microondas del Magnetron que se calienta y perfora, cambiando el patrón de resonancia y acelerando el deterioro del resto del sistema.

También pueden producirse fisuras en algún lugar de la guía, que NO son reparables con soldadura. Como la cavidad tiene un modo de resonancia propio, ésto nos da un patrón de máximos y mínimos para cada plano que se considere en su interior.

Para ésto se utiliza el plato giratorio de modo que todos los puntos de la carga queden ubicados en puntos de máxima radiación durante algún momento del calentamiento.

Comentarios finales.

Primero pido disculpas por la extensión del artículo. Segundo aclaro, que debí hacer «feroces recortes» de muchos aspectos,

pues el tema abarca, como habrán apreciado, gran cantidad de temas. Por ejemplo, suprimí el abordaje matemático pues hubiera duplicado la extensión y complicado bastante los contenidos. Tampoco incluí, salvo menciones, todos los aspectos prácticos y soluciones tecnológicas que se esconden detrás de un horno de MO.

Mi intención central es llamar la atención sobre la cantidad de temas que están «adentro» del aparentemente inofensivo electrodoméstico. (Atención: no quiero decir que sea peligroso su uso).

Los que con ligereza, hoy día plantean «suprimir ó al menos quitarle importancia a la FISICA, en la educación “ ni sospecha, «toda la Física» que ponen en juego, mientras resuelven sus urgencias gastronómicas...

Incluyo bibliografía sobre los temas reseñados y quedará para el futuro algún tipo

de abordaje diferente, del tema, como por ejemplo: ¿Podemos hacer experimentos con nuestro microondas?

Se reciben sugerencias y opiniones. Hasta pronto.

Bibliografía:

- «Hornos de alta frecuencia y microondas». J. Urquiza y Aguirre, Mc. Graw-Hill
- «Manual de Hornos Microondas». L. Parra, C. J. I. E.
- Física, Vol. II «Campos y Ondas». Alonso y J. Finn, Pearson
- Física, Vol. II S. Lee y J. Burke, Thomson
- Optica de Microondas (Berkeley), Reverté
- Revistas: Elector N° 129 y 140
Electrónica y Computación. N° 54 y 56
Electrónica hoy N° 92 y 93
Mundo Científico N° 164 y 220

EFEMÉRIDES FÍSICAS (IV)

10/02/1868 - Fallece en Allerby, David Brewster, Físico escocés.

14/02/1473 - Nace en Thorn, Nicolás Copérnico, Astrónomo polaco.

16/02/1698 - Nace en Le Croisic, Pierre Bouger, Matemático y Físico francés.

17/02/1600 - Fallece en Roma, Giordano Bruno, Astrónomo italiano.

19/02/1859 - Nace en Wyk/Uppsala, Svante Arrhenius, Físico y químico sueco.

20/02/1844 - Nace en Viena, Ludwig Boltzmann, Físico austríaco.

20/02/1956 - Fallece en Dresden, Heinrich Barkhausen, Físico alemán.

24/02/1810 - Fallece en Londres, Henry Cavendish, Físico y químico británico.

26/02/1786 - Nace en Estagel, Dominique François Jean Arago, Físico francés.

MARZO

03/03/1847 - Nace en Edimburgo, Alexander Graham Bell, Inventor estadounidense de origen escocés.

05/03/1794 - Nace en Lusignan, Jacques Babinet, Físico francés.

11/03/1832 - Nace Franz Melde, Físico alemán.

11/03/1950 - Fallece en Stuart (Florida), Arthur Jeffrey Dempster, Físico estadounidense de origen canadiense.

APLICACIONES DEL CONVERTIDOR DE SEÑAL ANALÓGICO-LÓGICO

Prof. Mariel Mayero - Prof. Edgar W. Gómez

Liceo N°1 "Carlos Brignoni" Trinidad

Si al circuito presentado en la Revista N° 4 del Volumen 6, le agregamos una salida de audio proveniente del pin 5 del integrado LM386, obtendremos una salida de audio amplificada con lo que podemos extender el rango de aplicaciones de dicho convertidor

A continuación les presentamos un posible experimento empleando esta salida, y en ediciones posteriores irán apareciendo otros posibles experimentos a realizar.

Tema: Movimiento oscilatorio.

Nombre: Movimiento armónico simple.

Objetivos

- Estudiar el M.A.S obtenido en la barra vibrante de un diapason.
- Obtener un gráfico representativo de $y(t)$, para la masa oscilante.
- Verificar la aplicación de la segunda ley de Newton en este caso en particular.

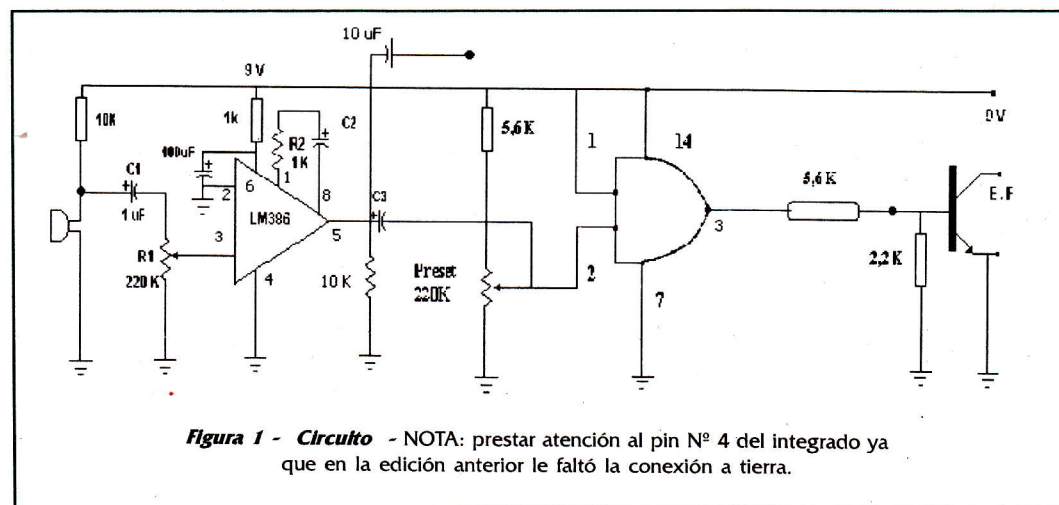
Propuesto de trabajo

Se utilizará un diapason, al que se le podrá cambiar la masa agregando estribos en una de las barras vibrantes y se le dotará de energía dándole un golpe que le ponga en vibración. Se captará el sonido obtenido, con un micrófono, cuya se-

ñal será amplificada y luego pasada a la interface. Tener presente que un M.A.S se produce si la masa oscilante originalmente estaba en equilibrio estable y que las partículas de aire seguirán dicho movimiento con enrarecimiento y compresiones de aire circundante.

Este mismo movimiento será el que seguirá la membrana vibrante del micrófono, que convertirá dichas variaciones en señal eléctrica, la que en definitiva será graficada en la pantalla.

Por lo tanto no debe olvidarse que el gráfico será una representación del fenómeno, que puede comprobarse con determinadas ecuaciones.



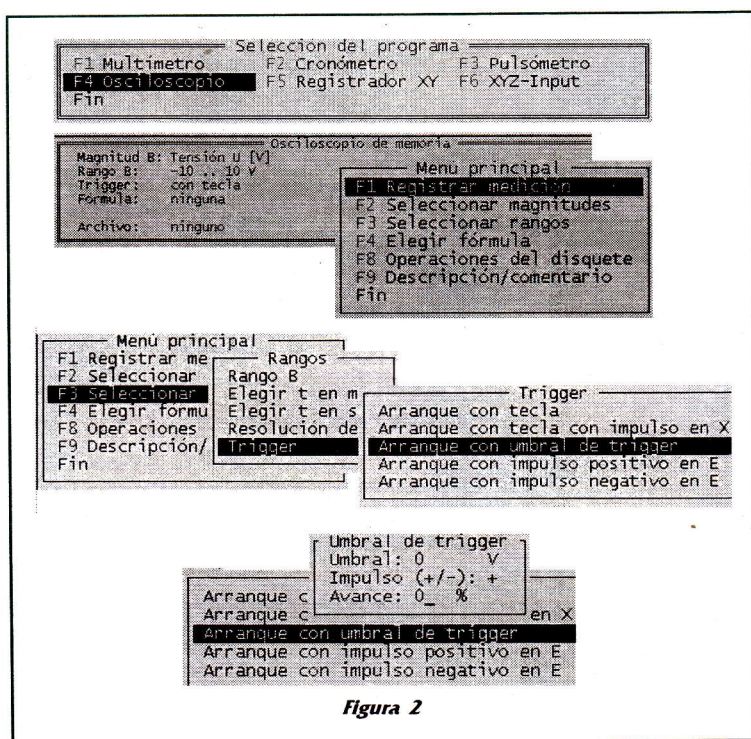


Figura 2

No olvidar que la fuerza que produce el M.A.S es una fuerza restauradora que tira hacia el punto de reposo.

El programa deberá prepararse en la **OPCIÓN OSCILOSCOPIO**. (Ver figura 2)

Cuando se ingresa a esta opción aparece una configuración por defecto, la cual podrá ser variada de acuerdo a las necesidades del experimento. (Ver figura 2)

Cuando se ingresa en la opción **Registrar medición**, nos encontramos con un par de ejes donde podemos observar comparando con lo definido por defecto que en el eje ordenado (y) se registrará un voltaje proveniente de la entrada **B** de la interface y en el eje abscisas (x) un tiempo de hasta 100 ms. Todos estos rangos pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades y aquí se deja que el alumno experimente hasta lograr el par de ejes con los rangos adecuados. Estos se modifican a través de las opciones:

- Seleccionar magnitudes
- Seleccionar rangos

Se propondrá al alumno, conseguir en pantalla un gráfico representativo con 3 ciclos completos. Este se encontrará con la dificultad máxima en el rango de tiempo, por que deberá obtener los tres ciclos en un tiempo inferior a los 10 ms (no olvidar que el diapasón da 440 Hz de frecuencia), lo que desde el punto de vista de la reacción humana es prácticamente imposible. Ellos llegarán a la

conclusión que deben **golpear el diapasón antes de iniciar la medición**.

Ante esto estudiaremos la necesidad del análisis de una nueva opción llamada **TRIGGER**, la cual bien configurada nos permite arrancar el registro cuando detecta un umbral de disparo, pudiendo lograr valores desde prácticamente cero. (Ver figura 2)

Configuración del Trigger. Para poder iniciar el gráfico en el origen debemos marcar: umbral en 0, impulso, avance 0%. Así obtendremos un gráfico como el de la figura 3.

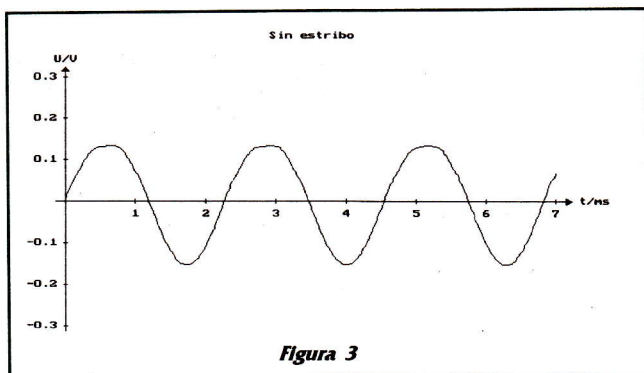


Figura 3

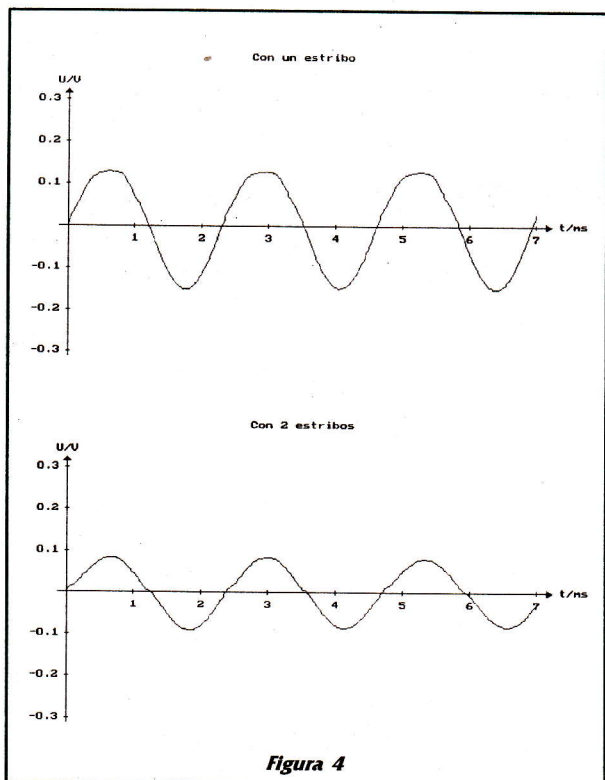


Figura 4

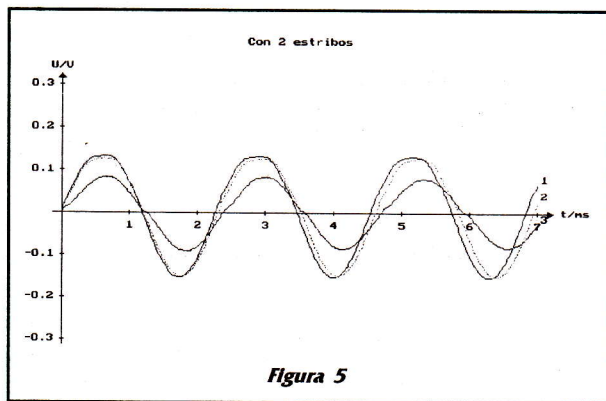


Figura 5

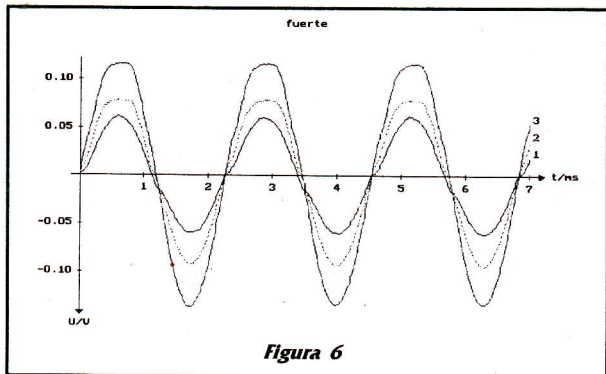


Figura 6

El diapasón se dejó sin estribo, se golpeó y luego se comenzó la medición pulsando la tecla F2, para que una vez tomados los datos queden presentes en pantalla.

Se evalúa en gráfico, se optimizan los ejes si es necesario y luego se ingresa en **Operaciones del disquete** y se almacena la información.

Se repite el experimento golpeando el diapasón con diferentes intensidades archivando en cada caso para posteriormente poder hacer comparaciones de frecuencia y período extrayendo luego conclusiones.

También se repite el experimento pero ahora variando la masa a través de la colocación de estribos, uno y dos, archivando en ambos casos.

En la figura 4 observar que las gráficas aparentemente son iguales pero activando la mirilla con F9 y sus coordenadas con el signo de +, se logra ver que los puntos de corte con el eje abscisas son distintos y también el tiempo que demoran en cumplirse las tres oscilaciones. Luego se realiza una multigráfica y se comparan los resultados.

Si hacemos dicha multigráfica podemos comprobar lo dicho anteriormente, y hacer un análisis relacionando masas y frecuencias (Ver figura 5).

Si repetimos el experimento sin colocar estribos pero golpeando con distintas intensidades, podemos obtener otra multigráfica.

Al comparar ambas multigráficas se pueden sacar importantes conclusiones y ver que efectivamente la ecuación es coincidente con lo obtenido experimentalmente.

En el gráfico de la figura 6 se puede ver y demostrar que la frecuencia no cambia con la amplitud.

DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL ELECTROMAGNETISMO

Diana Mabel Macchi - Ma. Gabriela Rodríguez Usé

Colegio N°3 "Mariano Moreno"

Av. Rivadavia 3577 - Capital Federal

e-mail: dianamacchi@ciudad.com.ar - mgyp@sinectis.com.ar

***Nota de Redacción:** a pesar de que el presente trabajo ha sido realizado sobre una muestra muy reducida de alumnos, creemos que es muy positivo la inclusión del mismo por tratarse de un artículo que incluye buenas referencias, está correctamente estructurado y documentado, lo que implica junto al desarrollo, interpretaciones plausibles y razonablemente vertidas de los resultados obtenidos por las autoras.*

Resumen

Hablar de las dificultades que se presentan en la enseñanza y aprendizaje del electromagnetismo puede ser una tarea muy ambiciosa y casi inalcanzable, ya que estas pueden ser analizadas desde muy diferentes aspectos y a su vez la misma temática es muy amplia. En este trabajo nos centramos específicamente en el concepto de campo, la relación entre los campos eléctrico y magnético y la ley de Faraday-Lenz; y serán analizados desde las dificultades que los conceptos mismos encierran, la complejidad de los modelos utilizados y/o los conocimientos previos que los alumnos traen al iniciar un curso de electromagnetismo. Sobre este último aspecto, partiendo de la hipótesis de que los alumnos de la escuela secundaria no poseen un conocimiento elaborado previamente sobre la relación entre los fenómenos magnéticos y eléctricos, nos propusimos hacer una indagación entre nuestros propios alumnos para verificarla.

El concepto de campo

Las dificultades en la enseñanza del concepto de campo las vamos a analizar desde los conocimientos previos que presentan los alumnos, de la modelización utilizada a través de las líneas de fuerza y de los propios conceptos. Aunque encontramos más bibliografía referida al campo eléctrico que al

campo magnético, creemos que el núcleo duro es la propia idea de **campo** y por ello consideramos que es válido hacer la extensión de lo investigado sobre el concepto de campo eléctrico al campo magnético.

El concepto de campo en sí mismo, es un obstáculo, ya que si a lo largo de la historia su evolución presentó tantas dificultades y resistencia por parte de la comunidad científica, cabe esperar que la construcción de la idea de campo, por parte de los alumnos, presente también grandes dificultades.

Furió y Guisasola (1997) realizaron un análisis de la evolución histórica del concepto de campo. Algunos electricistas del siglo XVII como Franklin y Watson, entre otros, proponían el modelo de fluido para los fenómenos eléctricos, explicando de esta manera la carga, su transferencia y conservación, la electrización por frotamiento, las atracciones y repulsiones eléctricas y la conducción eléctrica. Este significado venía apoyado por un lado, por los resultados de las experiencias y por otro, por el lenguaje utilizado para explicar dichos resultados.

Mientras que para Franklin la causa del movimiento de las cargas se debía a la diferencia de cantidad de fluido, para Watson, residía en su diferencia de densidades, un modelo cercano al gaseoso, donde se podía comprimir la carga eléctrica (un precedente de la diferencia de potencial), con-

cepto que es retomado con posterioridad por Ohm. Estas explicaciones o modelo contribuye al origen de la idea de campo: consideraban que el fluido eléctrico se esparcía alrededor de los cuerpos cargados produciendo una "atmósfera eléctrica" o "efluvium". Dichas ideas empiezan a ser abandonadas a partir de Coulomb y Cavendish que comienzan a buscar una teoría análoga a la gravitación bajo la influencia del mecanicismo newtoniano que se encontraba en pleno apogeo y cuya influencia se extendía a muchas ramas de la ciencia. Este modelo introduce la "acción a distancia" que actúa en forma instantánea entre los cuerpos cargados siendo la fuerza de tipo central calculable con arreglo a la ley de Coulomb. Imaginaban el fluido eléctrico constituido por partículas eléctricas que permanecían en el cuerpo durante las atracciones y repulsiones ejerciéndose fuerzas entre sí a distancia sin intermedio de ningún soporte material.

Faraday es el primero en sugerir que la acción a distancia era inadecuada para explicar las interacciones eléctricas y magnéticas, basándose en las explicaciones que Oersted daba a su experimento a cerca de un campo de fuerzas. Tal concepto venía dado a través de la idea de línea de campo Faraday, identificó fuerza y materia concibiendo a la fuerza como una propiedad universal que se extiende a lo largo del espacio; cada punto del espacio tendría asociada una intensidad y dirección, las de la fuerza en ese punto.

Los puntos de fuerza sólo podrían interactuar por contacto con puntos vecinos; las interacciones entre cuerpos se transmitirían progresivamente por la acción de fuerzas contiguas y a velocidad finita. De esta manera elimina la noción de acción a distancia y concibe el efecto de un cuerpo sobre un punto como una perturbación con soporte material. Para Faraday las líneas de campo poseen un carácter físico. Los fenómenos de inducción confirmaron su hipótesis, ya que no era fruto de una acción a

distancia sino de una acción continua a través del medio.

Esta nueva forma de pensar deja ver el cambio de paradigma, de marco conceptual, de núcleo duro que la sociedad científica de la época tenía. El modelo de campo supone una nueva forma de ver la interacción eléctrica (se produjo un cambio ontológico) ya que se debe imaginar ésta sin haber cargas testigo que la evidencien e introduciendo el concepto de energía en el contexto de la teoría de campos. Es preciso resaltar que ésta nueva teoría nos obliga a pensar en la interacción eléctrica ya no entre dos cargas, sino en la zona de influencia de una de ellas. A partir de esta nueva concepción de campo se puede establecer más fácilmente la relación entre los conceptos de carga, campo eléctrico y potencial eléctrico.

Como sucede con cualquier sociedad, y la de los científicos del siglo XIX no iba a ser la excepción, la noción de campo fue fuertemente rechazada por aquellos que sostenían a la acción a distancia con el soporte mecanicista. Muchos científicos continuaron con la anterior concepción, incluso luego de que Maxwell formulara matemáticamente el modelo de campo, porque esta línea de pensamiento dio frutos muy valiosos (ley de Ampère, entre otras) que posteriormente fueron incluidos en la teoría maxwelliana.

Este nuevo modelo recogió las ideas de Faraday, y si bien rechazó la identificación fuerza - materia, estaba convencido de la naturaleza mecánica de las fuerzas eléctricas y magnéticas que eran ejercidas por el éter, como el modelo mecánico que explica los efectos electromagnéticos. Basado en este modelo formuló las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo, pero que finalmente podían interpretarse de forma operativa, sin la necesidad de introducir propiedades mecánicas del campo. Según ella campo y materia se consideraban entidades independientes, distintas e interpenetran-

trantes: el campo en un punto actuaba directamente sobre la porción de materia que se hallara sobre ese mismo punto. De esta manera, Maxwell le confiere al campo una naturaleza abstracta.

A partir de finales del siglo XIX y principios del XX el trabajo de distintos científicos (Lorentz, Helmholtz, Michelson, etc.) se centraron en demostrar la existencia del éter y en el carácter absoluto asignado a las magnitudes físicas. Finalmente, Einstein, otorgó al campo el carácter de propiedad del espacio vacío, convirtiéndola en una propiedad independiente de la materia. Este abandono del éter implica el rechazo del espacio absoluto y del carácter único de las magnitudes físicas.

Todo esto nos muestra las dificultades por las que atravesó la evolución del concepto de campo en la historia de la ciencia. Si para la comunidad de expertos fue tan difícil desprenderse de una imagen mecánica y elaborar la noción de campo como propiedad del espacio, independiente de cualquier soporte de materia, es válido pensar que los estudiantes pueden enfrentarse a obstáculos similares.

Por otro lado, sabemos que los estudiantes poseen ideas antes y durante el proceso de aprendizaje que influyen decisivamente en el mismo (Ausubel, 1978). En el campo de la electricidad, los trabajos de investigación demostraron que luego de un largo período de instrucción, los mismos presentan confusiones al tratar de establecer conexiones entre los fenómenos observados y las magnitudes físicas estudiadas (Closet, 1983; Dupin y Johsua, 1986; Shepston, 1988; Manrique, 1989). Tales estudios demuestran que los conceptos explicados son de alta demanda cognitiva y que a demás se apoyan en pre-requisitos fundamentales como los conceptos de campo eléctrico y magnético, esenciales para una clara comprensión de los fenómenos electromagnéticos (Furió y Guisasola, 1999).

Las concepciones alternativas en la teoría de los campos fueron detectadas dentro de un trabajo de investigación realizado por Furió y Guisasola de las Universidades de Valencia y del País Vasco. Nosotras consideramos que podemos extraer conclusiones de ese trabajo a pesar de encontrarse en niveles académicos diferentes, ya que el sondeo que los autores han realizado es muy amplio y parte desde las concepciones más elementales hasta temas que en la escuela de nivel medio no se enseñan ni siquiera en forma cualitativa.

Según estos autores, las respuestas de los estudiantes van evolucionando a lo largo de tres niveles, a medida que avanzan en la instrucción, sugiriendo cierto paralelismo con la historia del desarrollo del concepto a lo largo de la teoría electromagnética: primero una idea sustancial de campo, luego un modelo materialista del campo pero sin distinguirlo claramente del de fuerza, y por último coinciden con la teoría enseñada (a nuestro entender este último nivel no es posible alcanzarlo en estudiantes de nivel medio, ya que deben enfrentarse al aprendizaje de una teoría electromagnética ajena a toda imagen mecánica, teniendo en cuenta la dificultad que los alumnos manifiestan para desvincular conceptos abstractos de algún correlato sensible).

Otros investigadores (Solbes y Quero, 1991 y Galili, 1995) encontraron resultados en respuestas de muchos alumnos que no se encuadran en la clasificación de Furió y Guisasola. Estos considerarían instantánea la interacción entre los dos cuerpos sin cuestionarse la ausencia de un mediador, considerando que las fuerzas entre cuerpos cargados, corrientes o imanes, son hechos "naturales", inherentes a aquellos cuerpos. Estas ideas se pueden relacionar con el modelo histórico de la acción a distancia en el que se apoyaban Coulomb, Cavendish, Gauss, Weber, etc.

Todos estos trabajos muestran, sin establecer un paralelismo estricto, un cierto correlato entre la evolución histórica del concepto de campo y las concepciones de sentido común que los alumnos manifiestan. Por lo tanto es posible que esos obstáculos sean persistentes en la construcción del concepto de campo.

Como si esto fuera poco, la forma más común de modelizar el campo es a través de las líneas de fuerza (a las que alternativamente los docentes llamamos también líneas de campo o espectro, como si fueran sinónimos de una misma cosa). Pocovi y Finley (1999) destacan dos aspectos relacionados con el aprendizaje de este modelo uno es entender qué son y el otro es cómo se usan. El concepto de línea de fuerza a pesar de sus ventajas para la representación gráfica puede no ser entendido por los estudiantes. En general tienden a tratarlas como entidades aisladas en un campo euclidiano más que como un conjunto de curvas que representan una propiedad vectorial del espacio, otorgándoles de esta manera existencia real. Algunos estudiantes tratan esas entidades abstractas como curvas materiales que pueden modificar su trayectoria en presencia de un obstáculo físico, reforzando la noción sustancial del concepto de campo. Esto lleva a que confundan las líneas de fuerza con la trayectoria que una carga o imán seguirían si se los dejaran libres dentro del campo. La causa del error podría estar en la confusión de considerar a la línea de fuerza como una entidad que participa activamente de la interacción, y no como una herramienta descriptiva para representar los fenómenos electromagnéticos. Todo esto termina reforzando la no-discriminación entre la fuerza y el campo, tratada anteriormente.

Aunque el modo de interpretar estas líneas como entidades con existencia física tienen algunas características en común con la forma en que las concebía Faraday, las razones para hacerlo no son las mismas, ya

que los alumnos simplemente necesitan de algo de carácter material para hacer que otro objeto sienta la acción del campo.

Hemos visto que el concepto de campo en sí mismo resulta ser muy complejo, ya que es un concepto abstracto, cuya evolución histórica atravesó por una verdadera metamorfosis con las respectivas crisis que cada cambio implica. Pero su enseñanza y aprendizaje son aún más complejos al tener que enfrentarse con el obstáculo que representan las concepciones alternativas de los alumnos y la utilización de un modelo para representarlo que, lejos de favorecer la construcción del conocimiento, dificulta el acercamiento de estas ideas a las científicamente aceptadas.

Electromagnetismo

Primero queremos abordar las concepciones previas de los alumnos referidas especialmente a la relación entre los campos eléctricos y magnéticos (o entre una corriente eléctrica y un campo magnético o un imán), y luego centrarnos en las dificultades en el aprendizaje de la ley de Faraday y Lenz.

Campos eléctrico y magnético

Como ya dijimos anteriormente, algunos autores marcan similitudes entre las ideas expresadas por los alumnos y las de los primeros teóricos de la electricidad y el magnetismo. Según Meneses y Caballero (1995) el fenómeno de inducción magnética es explicado por muchos estudiantes mediante una transferencia de carga del imán al hierro produciéndose así la interacción al estar ambos cargados. Las raíces de este preconcepto podría encontrarse en los modelos mecanicistas (atribución de un concepto sustancial) que proponían los científicos de la primera mitad del siglo XVIII. "Una situación similar se presentaba también en el caso de la corriente y los efectos magnéticos. Por ejemplo, Oersted, a principios del siglo XIX, hablaba de un conflicto eléctrico como el efecto que tiene lugar en el conductor en el espacio circundante, dicho con-

flicto era producido por el choque de los dos tipos de electricidad" (Taton 1975).

Al preguntarnos nosotras sobre cuáles eran las ideas que nuestros alumnos tenían al iniciar un curso de electromagnetismo, nos encontramos con una gran dificultad para poder identificarlas. Nuestra experiencia nos mostraba una clara confusión entre los fenómenos eléctricos y magnéticos que se evidenciaba en la persistencia, de muchos alumnos, en llamar a los polos de un imán positivo y negativo, aun después de haber recibido instrucción referida a fenómenos magnéticos en cursos anteriores. Al mismo tiempo tampoco conseguíamos gran cantidad de información relacionada con tal problemática.

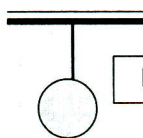
Nos planteamos así una hipótesis: los alumnos de la escuela secundaria no poseen un conocimiento elaborado previamente sobre la relación entre los fenómenos magnéticos y eléctricos, construidos a partir de su experiencia pasada (sensorial, cultural o escolar - Pozo, 1996). Esto podría deberse a que la complejidad y el carácter abstracto del fenómeno, aún cuando en su vida cotidiana se encuentran rodeados de artefactos tecnológicos que funcionan aplicando el electromagnetismo, hace que no se planteen una explicación o descripción de estos fenómenos, que terminan siendo una especie de caja negra que saben manejarla a la perfección sin comprender los principios básicos de su funcionamiento.

Tomando como referencia el trabajo realizado por Meneses y Caballero (1995), nos propusimos hacer una indagación entre nuestros propios alumnos semejante a la planteada por ellos. Sabíamos que íbamos a obtener algunos resultados diferentes dado que nuestra muestra pertenecía a alumnos de distinto nivel académico (quinto año de escuela media) y por lo tanto con distinto grado de instrucción, ya que a diferencia de lo propuesto por Meneses y Caballero, nuestros alumnos no habían reci-

do ningún tipo de instrucción sobre electromagnetismo. Sólo un grupo de ellos ya había estudiado la unidad correspondiente a fenómenos magnéticos.

Se interrogó a 38 alumnos provenientes de tres cursos de quinto año del bachillerato con orientación en ciencias biológicas (22) y en física y matemática (16). Se formularon las mismas preguntas que en el trabajo de referencia con leves modificaciones, para acotar el tiempo de trabajo y al mismo tiempo evitar la divagación o diversidad en las respuestas:

- 1) *Indica todas las propiedades que conozcas de los imanes.*
- 2) *¿Qué experiencias conoces para demostrar la relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos?*
- 3) *¿Cómo explicas el hecho de que una aguja magnética (brújula) señala siempre hacia el norte?*
- 4) *En la figura se representa un péndulo y un imán. Explica lo que sucede sobre la bola del péndulo:*



- a) *si la bola es de madera y está cargada positivamente*
- b) *si la bola es de hierro y está en estado neutro*
- 5) *Para cargar chatarra en un camión se suele utilizar una grúa que dispone de un electroimán.*
 - a) *Explica que es un electroimán (su constitución) y por que atrae a la chatarra.*
 - b) *Explica como se puede separar la chatarra del electroimán para depositarla en el camión.*
- 6) *Si acercamos un imán a un conductor rectilíneo por el que circula una corriente, ¿se produce algún efecto?*

Luego de hacer el relevamiento de las respuestas a cada pregunta, elaboramos las siguientes conclusiones:

- 1 - Dado el carácter abierto de la pregunta, las respuestas no son excluyentes, don-

de la respuesta de un mismo alumno podía tener varios ítems, que fueron agrupados en diferentes categorías según la propiedad a la que se hiciera referencia.

POLOS: Un 37% no hace referencia a la existencia de polos en un imán; el 32% menciona que está formado por polos o cargas positivas o negativas; el 26% nombra correctamente la presencia de polos norte y sur, mientras que el 5% mezclan ambas ideas (polo norte o positivo y polo sur o negativo). Esto confirma la tendencia ya observada a confundir polos magnéticos con cargas eléctricas, aun después de la enseñanza formal, donde en algunos casos conviven las preconcepciones con lo aprendido. Incluso algunos, modificaron el dibujo de la pregunta 4 cambiando la "S" (sur) por una "P" (positivo).

INTERACCIONES: El 32% explica correctamente las fuerzas de atracción y repulsión entre polos (o cargas); un 16% sólo hace mención a alguna de ellas principalmente la atracción; el 13% habla de atracción hacia metales, otros imanes u objetos sin aclarar ni explicar de qué manera; el porcentaje restante no hace referencia a las interacciones entre polos. Nos llama la atención una respuesta por lo insólita que resulta ser dado que demuestra una elaboración propia sin fundamento experimental: "repele al negativo, atrae al neutro y es indiferente al positivo, según el polo".

LENGUAJE CIENTÍFICO: En esta categoría agrupamos al 26% que nombran al menos una característica utilizando términos o conceptos formales. Aunque no explican, la mayoría sólo nombra, tipo listado de contenidos, alguno de los siguientes conceptos: imanes moleculares, formas de imantar o desimantar, no existencia del monopolio, existencia del campo magnético (como una propiedad del objeto - "poseen"), campo magnético te-

rrestre, ángulos de inclinación y declinación, electroimán. Podríamos afirmar que estas respuestas provienen del grupo que ya "estudió" el tema magnetismo.

NS/NC: Corresponde a un 10%, que llama la atención al referirse de forma muy abierta, a un fenómeno que nadie desconoce (imanes en una heladera).

OTROS: En este caso agrupamos al 10% con respuestas particulares, como ser atribuciones de objeto (peso, masa, volumen) o propiedades magnéticas y eléctricas.

2 -El 79% de los alumnos encuestados no responde, o no sabe, no conoce o no recuerda, experiencias que demuestren la relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. Un 8% se refiere a experiencias o electrostáticas o magnéticas exclusivamente; otro 8% nombran algún objeto (televisor, electroimán) que saben que los relacionan pero no dan una explicación; un 5% no relatan una experiencia sino alguna similitud entre ambos fenómenos.

3 -El 39% no responde a la pregunta, mientras que un 29% responde con cierta aproximación a la idea científica (existencia del campo magnético terrestre, ubicación de los polos, fuerzas entre polos) teniendo en cuenta que la brújula es un imán. Estas respuestas nuevamente demuestran la diferencia en la instrucción de uno de los grupos. Un 21% lo atribuyen a alguna característica especial del polo norte geográfico (campo magnético más fuerte, más magnetita, más carga magnética o carga positiva), el 11% restante da una explicación ambigua o incoherente.

4 -Al tener parte a y b se analizaron las respuestas de cada una de ellas por separado para luego sacar una conclusión general.

PARTE A: El 68% responde correctamente (no sucede nada) dentro de los cuales sólo la tercera parte intenta una expli-

cación (correctas o no); el 19% no responde y el 13% da una respuesta incorrecta (atracción, repulsión, intercambio de cargas).

PARTE B: El 58% responde correctamente (atracción) dentro de los cuales el 41% explica una causa; no responde el 24% y responde incorrectamente (repulsión o nada) el 18%.

La atracción de un imán a ciertos materiales y a otros no, es un hecho conocido más cotidianamente, lo cual lleva a tener un mayor porcentaje de respuesta correcta al menos intuitivamente; pero creemos que la explicación correcta se reduce al grupo que recibió instrucción. Llama la atención la diferencia de porcentajes entre las dos situaciones. Pareciera que desconocen menos la situación a que la b ya que hay menos respuestas nulas o incorrectas, aunque hay un menor porcentaje de explicación. En la situación b, si bien hay menos respuestas correctas, más la explican correctamente o al menos apelando a la inducción magnética o al reordenamiento de imanes moleculares, vistos en clase.

- 5- PARTE A: El 63% no propone ningún tipo de respuesta; el 29% proponen alguna idea que relaciona a un imán con la electricidad (imán con motor, imán eléctrico, hierro con electricidad, etc.); el 8% restante no indican cómo está constituido y atribuyen la atracción a cargas opuestas o a la interacción, sin dar alguna explicación.

PARTE B: El 68% no responde; un 27% propone algún mecanismo que interrumpa la acción eléctrica sin aclarar ni explicar (apagar, se deja de cargar, etc.); el 5% restante intenta aplicar los conceptos conocidos o estudiados en magnetismo a esta situación (desimantación por golpe o calor, o "el polo opuesto que hace la unión").

En general no explican cómo funciona o deja de funcionar pero el nombre induce

a un intento de respuesta sin entender realmente cómo ni qué es, y muchos terminan mezclando los dos campos ("la electricidad carga positivamente al imán").

- 6- El 63% no responde; el 5% indica que no habrá ningún efecto y el 32% establece algún efecto; dentro de estos últimos distinguimos: atracción o desvío de la corriente por efecto magnético o sin ampliar más que lo dicho (22%), algún efecto sobre la polaridad del imán (5%), y otros suponen que algún efecto se produce pero no conocen cómo es (5%).

Observamos que las concepciones previas detectadas son similares a las obtenidas por Meneses y Caballero, con las discrepancias esperadas por la diferencia de nivel académico entre las dos muestras.

Respondiendo a nuestra hipótesis de trabajo, extrajimos las siguientes conclusiones:

- En las preguntas donde encontramos menos respuestas del tipo "NS/NC", es en aquellas dos referidas a fenómenos magnéticos (1 y 4). Esto puede deberse a que al ser situaciones cotidianas les permite proponer o al menos intentar una respuesta elaborada previamente o basada en la experiencia pasada.
- Si bien la pregunta 3 también se refiere a fenómenos magnéticos, en especial al campo magnético terrestre, con lo cual requiere de cierto aprendizaje, escolar o no; por lo tanto hay un mayor porcentaje de "NS/NC" que en las anteriores, al mismo tiempo que un porcentaje mayor de respuestas con diferentes niveles de aproximación a la noción científica, que provienen del grupo que ya había recibido la instrucción.
- Las preguntas 2, 5 y 6 hacen referencia a fenómenos electromagnéticos y a la vinculación entre los campos magnético y eléctrico o bien, intensidad de corriente e inducción magnética. En ellas en-

contramos un alto porcentaje de respuestas nulas (78%, 63% y 68%), sin relación entre los campos, con dudas ("creo pero no sé") o un intento por relacionar o aplicar a estos fenómenos los conceptos conocidos, pero en ningún caso encontramos una idea clara y acabada, construida previamente, con cierta lógica interna, que les permita explicar o que funcione como marco de interpretación de estos fenómenos.

- Sabemos que los alumnos no abordan al mundo de una manera ingenua, sino que lo hacen desde un marco asimilador, desde un conjunto de esquemas que constituyen instrumentos de construcción del conocimiento sobre la realidad; estas concepciones son hipótesis, aproximaciones o modos de abordaje, que funcionan como teorías científicas relativamente organizadas, con cierta lógica propia que les sirven para interpretar la realidad (Terigi, 1996; Joshua y Dupin, 1993). Analizando los resultados obtenidos, creemos que los alumnos tienen algunas ideas relacionadas con los fenómenos magnéticos que serían las mismas detectadas por Meneses y Caballero. En cambio, sobre los fenómenos electromagnéticos o no demuestran una respuesta o la respuesta propuesta no se encuadra dentro de las características propias de una preconcepción.

Ley de Faraday

Al plantearnos a partir de nuestra experiencia cuáles son las dificultades que se presentan en la enseñanza y aprendizaje de la ley de Faraday y Lenz, no encontrábamos conceptos o relaciones muy difíciles de construir por parte de los alumnos. Al consultar un artículo de Sánchez y Concari (1999) sobre una propuesta para la enseñanza media técnica de esta ley, descubrimos que no

era muy diferente del trabajo realizado con nuestros cursos. Tal vez, el hecho ya indicado que no tengan conocimientos previos sobre el electromagnetismo y la forma de trabajarlo favorezca la comprensión del fenómeno de inducción y por ello no presente grandes dificultades en su aprendizaje.

El fenómeno de inducción que explica la ley de Faraday se lo puede escribir matemáticamente por la siguiente expresión:

$$e = -N.d\phi/dt \quad (1)$$

Interpretarla requiere comprender la lógica multicausal del fenómeno de inducción (Sánchez y Concari - 1999). Es decir, conceptualmente involucra comprender la relación entre la f.e.m. inducida y la rapidez de variación del flujo magnético, que involucra a su vez los conceptos de campo magnético, sección del conductor, y orientación relativa entre ambos y, en un grado de complejidad aún mayor, de la variación temporal de cualquiera de las tres.

Generalmente los alumnos comprenden la dependencia directa de la f.e.m. con el número de espiras y con la variación de la intensidad del campo de inducción magnética. Pero según Sánchez y Concari (1999), difícilmente comprenden la proporcionalidad directa entre la f.e.m. y la rapidez de variación del flujo magnético, sobre todo si se expresa en la forma diferencial, y si se pretende introducirla a través de la fórmula o adoptando esquemas interpretativos como el de «corte de líneas de fuerza» que, además de las dificultades ya planteadas que presenta el uso de este modelo, no explican acabadamente el fenómeno al no ser observable directamente.

Sostienen que es aún más complicado comprender el principio de conservación de la energía aplicado al fenómeno de inducción expresado en la forma de un signo negativo a través de la ley de Lenz, o la situación de una espira girando en un campo de inducción constante.

El trabajo con experiencias que no necesitan de más material que imanes, bobinas y un tester, permite a los alumnos establecer las variables que intervienen y las relaciones causales entre estas y la f.e.m. inducida.

En nuestra experiencia observamos que planteado de esta manera, los alumnos comprenden fácilmente que la f.e.m. inducida en la bobina se produce mientras haya movimiento relativo entre la bobina y el imán (o el campo de inducción magnética), y que el sentido de circulación de la corriente generada también depende de este movimiento relativo. En este punto es sencillo aplicar el principio de conservación de la energía y observar que se debe realizar un cierto trabajo para generarla, y enunciar la ley de Lenz. Si la relación directa de la f.e.m. con el número de espiras y con la variación de la intensidad del campo de inducción magnética no presenta dificultades para los alumnos en una presentación formal o matemática de la ley de Faraday, menos aún al trabajarla a partir de experiencias.

Sánchez y Concarí señalan que el mayor obstáculo en la comprensión de la ley está relacionado con la dificultad para diferenciar una magnitud (la cantidad de flujo) de su rapidez de variación ($d\phi/dt$). Creemos que la dificultad real está en definir el flujo de inducción, y su relación con la orientación relativa entre el campo y la sección de las espiras, y no tanto con la rapidez de variación del mismo.

Sin definir el flujo, los alumnos deducen de las experiencias que la f.e.m. inducida aparece mientras hay movimiento relativo y que su intensidad depende de la rapidez del movimiento. Con lo cual una vez definido el flujo, comprenden que en realidad la f.e.m. inducida aparece mientras hay variación de flujo y que su intensidad depende de la rapidez con la que varíe. El punto entonces es definir el flujo de inducción, para el cual es necesario recurrir a la mode-

lización, ya sea con líneas de fuerza o con la analogía con el caudal de un líquido, con todas las dificultades que trae el uso de modelos no observables.

Sorteado este obstáculo, es fácil arribar a la expresión matemática de la Ley de Faraday; es decir, concluir junto con los alumnos que la f.e.m. inducida es proporcional a la rapidez de variación del flujo magnético y que su polaridad es tal que se opone a dicha variación, y expresar luego esto matemáticamente.

En cuanto a la expresión diferencial, puede sustituirse por la variación del flujo en un intervalo de tiempo ($\Delta\phi/\Delta t$) teniendo la precaución de establecer las condiciones de validez de la misma.

A partir de aquí se pueden analizar sin dificultades otras posibilidades para producir una f.e.m. inducida, es decir de variar el flujo, ya sea modificando la orientación de las espiras respecto del campo o el área de la superficie que es atravesada por el mismo, y su aplicación en el generador de corriente alterna.

Pueden ser muchas cosas las que favorezcan tanto la enseñanza como el aprendizaje de la ley de Faraday y de Lenz. Quizás, como dijimos al comienzo, el hecho de que no tengan conocimientos previos sobre el electromagnetismo, al no tener que provocar un cambio conceptual con las consecuencias que este implica (persistencia, resistencia al cambio, etc.); la forma de trabajarlo, que favorece no sólo la comprensión del fenómeno de inducción sino también la construcción de los conceptos; la sencillez de las experiencias, que no necesitan de materiales ni dispositivos muy sofisticados, y que son claramente observables; la simpleza de la expresión matemática que se puede reconstruir a partir de las experiencias, y si nos permiten parafrasear a R. Feynman, si se entiende esa expresión se comprende todo el fenómeno de inducción magnética.

Referencias bibliográficas

- AUSUBEL, D. P. 1978 *Educational Psychology. A cognitive view*, (Holt, Rineheart and Winston, Inc. Nueva York)
- FURIÓ, C y GUIASOLA, J. 1997 "Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico", *Enseñanza de las Ciencias* 15 (2), pp 259-271
- FURIÓ, C y GUIASOLA, J. 1999 "Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento", *Enseñanza de las Ciencias* 17 (3), pp 441-452
- JOSHUA y DUPÍN 1993 "Las concepciones de los alumnos", *Introducción a la didáctica de la matemática*, (Pres. Univ. France. París)
- MENESES, J y CABALLERO, M. C. 1995 "Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo", *Enseñanza de las Ciencias* 13 (1), pp 36-45
- POCOVI, M. C. y FINLEY, F. 1999 "Conceptos tipo materia: líneas de fuerza", *Memorias REF XI*, pp 73-78
- POZO, J. I. 1996 "Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van ... y mientras tanto qué hacemos con ellas", *Alambique - Didáctica de las ciencias experimentales* n° 7, pp 18-26
- SANCHEZ, D y CONCARI, S. 1999 "La Ley de inducción de Faraday. Una propuesta para la enseñanza media técnica", *Memorias REF XI*, pp 94-100
- TATON, R. 1975 *Historia general de las ciencias*. La ciencia contemporánea I y II (De Destino. Barcelona)
- TERIGI, F. 1996 "Las ideas previas de los niños en el contexto de la enseñanza escolar", *Revista de Investigación de Ciencias de la Educación*, pp 15-20
- VELAZCO, S. Y SALINAS, J. 1999 "Contribuciones de la historia de la Física a la enseñanza del electromagnetismo", *Memorias REF XI*, pp 143-151

EFEMÉRIDES FÍSICAS (V)

- 12/03/1898** - Fallece en Basilea, Johann Jakob Balmer, Físico suizo.
- 12/03/1942** - Fallece en Stuttgart, Robert Bosch, Inventor e industrial alemán.
- 19/03/1900** - Nace en París, Frédéric Joliot - Curie, Físico francés.
- 19/03/1987** - Fallece en París, Louis-Victor, príncipe de Broglie, Físico francés.
- 04/04/1919** - Fallece en Londres, William Crookes, Físico inglés.
- 04/04/1929** - Fallece en Ladenburg, Carl Friedrich Benz, Ingeniero alemán.
- 07/04/1823** - Fallece en París, Jacques Alexandre César Charles, Físico francés.
- 18/04/1945** - Fallece John Ambrose Fleming, Físico e ingeniero electrónico británico.
- 19/04/1906** - Fallece en París, Pierre Curie, Físico francés.
- 20/04/1918** - Fallece en Nueva York, Carl Ferdinand Braun, Físico alemán.
- 21/04/1774** - Nace en París, Jean Baptiste Biot, Físico francés.

EDUCACIÓN en FÍSICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay
Volumen 6 Número 5

Diciembre, 2001

S u m a r i o

CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN
CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOSpág. 2

EL PRINCIPIO DE D'ALEMBERTpág. 3

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS (I)pág. 8

LOS PROBLEMAS DE LOS PROBLEMASpág. 9

FÍSICA DEL HUMORpág. 16

WEB - OPERADORES DE BÚSQUEDApág. 17

¿CADA VEZ MÁS LEJOS DEL
PENSAMIENTO SOCRÁTICO?pág. 19

LABORATORIO: ¿QUÉ HAY DE NUEVO? Sensor óptico
para medir frecuencia de Luz Estroboscópica.pág. 27

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS (II)pág. 28

OBTENCIÓN DE DIAGRAMAS DE DIFRACCIÓN
CON LENTES DE FRESNELpág. 29

ESPACIO A.P.F.U.pág. 34

CALEFACCIÓN POR MICROONDASpág. 36

APLICACIONES DEL CONVERTIDOR DE SEÑAL
ANALÓGICO - LÓGICOpág. 44

DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA Y
APRENDIZAJE DEL ELECTROMAGNETISMOpág. 47