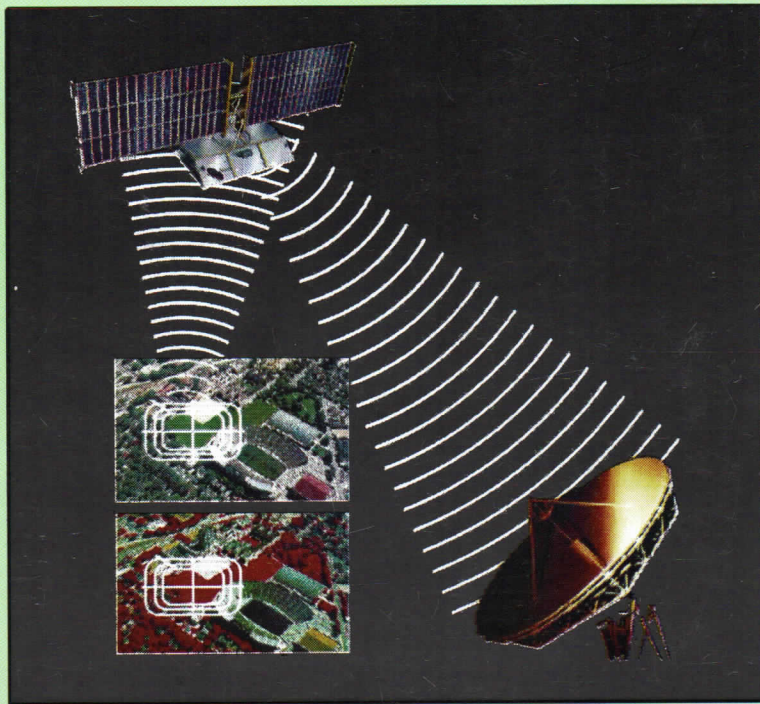


EDUCACION en FISICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay



Volumen 5 Número 1

Setiembre, 1999



EDUCACION EN FISICA

Volumen 5 N° 1
Setiembre de 1999

Depósito Legal:
299222 / 99

Redactor Responsable:

Sandry Ramírez

Consultores de Redacción:

Mario Guerra
Alejandro Villamil
Anna María Cossio
Gustavo Carbonell
Juan Yeanplong

Colaboraron en este número:

Ana Piccinino
Adriana Echarte
Alejandra Delgado
Odi Prieto
María Elisa Zaparrat
Sebastián Rodríguez
Daniel Baccino
Ernestina Sánchez
Enrique Inzaurrealde
Pedro Baldriz
Guillermo Medina

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

Comisión Directiva de A.P.F.U

Zoraida Viera
Ernestina Sánchez
Marcelo Berruti
Gustavo González
Claudia Varaksa

Dirección de la Revista

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

Publica: Ediciones IDEAS

Mercedes 1786
11200 Montevideo-Uruguay
Telefax. 408 69 85
E-mail: edideas@adinet.com.uy



Portada

Composición fotográfica en base a fotografías enviadas por Roberto Richardson en artículo interior y otros.
Realizada por Sebastián Rodríguez.

EDITORIAL

Continuando con el esfuerzo sostenido y el camino trazado por anteriores grupos de redacción es que este nuevo grupo de profesores emprenden de camino, retomando lineamientos anteriores y actuales, tratando de reafirmar el perfil y el estilo que llevó tiempo construir.

Las bases cimentadas por los colegas que entregaron los anteriores números, sustentarán buena parte del trabajo que pretendemos realizar. Esperamos que; con el aporte de nuestro profesorado, científicos, estudiosos de la Física, aficionados, alumnos y todas las personas que de una u otra forma apoyen o quieran apoyarnos en la tarea de generar aportes para mejorar la enseñanza de las ciencias y en particular la enseñanza de la Física; podamos aportar nuevas perspectivas, desarrollar nuevos estilos, enriqueciendo y profundizando el camino planteado desde el inicio de esta publicación.

Como podrán ver en las páginas que componen este número, la variedad es la regla; esperamos, sin embargo, con el apoyo de ustedes, ir "armando" la estructura en secciones, apostar a la Física, a lo que con ella tiene que ver y al "rescate" de todas esas "soluciones prácticas" que, por sencillas u obvias que puedan parecer, nos aportan esa lucidez que a veces es tan necesaria en nuestros laboratorios.

Con el fin de ser mas "regulares" en nuestras salidas, hemos establecido fechas de cierre en la recepción de artículos (tentativas en principio) para que la publicación esté con ustedes un mes después de dicha fecha, confiamos en que la voluntad de nuestros colegas para escribir, mucho, poco, sencillo, "liviano", etc. se vea motivada por las características que los lectores podamos darle a nuestra revista.

El enorme trabajo que las personas han aportado para este número, sólo será recompensado con las críticas, sugerencias, aportes de trabajo, artículos y todo tipo de colaboración que los colegas crean conveniente hacer.

Es con estas intenciones que los convocamos a que se acerquen a la revista.

La Redacción

CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN

Manifestamos nuestro agrado y profundo agradecimiento por el tan variado y numeroso aporte que este número ha merecido.

Hemos recibido artículos de colegas del interior del país, aportes de laboratorios de distintos liceos, artículos de profesionales universitarios de varios países del mundo (agradecimiento muy especial a los aportes recibidos de España, Chile, México, Cuba e Italia), de profesionales locales, de alumnos de profesorado, etc..

Pedimos disculpas por aquellos que no están en esta entrega y prometemos que lo es-

tarán en la muy próxima edición.

Si bien, no nos sentimos conformes con la distribución que este número presenta, nos place decir que fue un enorme esfuerzo de muchas personas, algunas que tal vez no mencionamos, pero que, con un llamado telefónico, una idea, una sugerencia, una corrección, una lectura, etc hicieron posible esta salida; estamos completamente seguros que seguirán apoyándonos, que así sea y bienvenidos todos aquellos que quieran hacer de nuestra publicación una referencia.

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 y un breve currículum.
- 2.- Las citas bibliográficas se relacionarán al final del trabajo por orden alfabético, indicando:

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

Para libros: apellido del autor(es), año, título del libro subrayado, editorial, lugar, número de páginas y número de edición, en caso de que el libro sea traducción, indicar entre paréntesis autor de la traducción, nombre original de la obra subrayado, editorial y año; dentro del texto las referencias se indica-

rán dando apellido(s) y año entre paréntesis.

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

Esperamos sus trabajos, consejos, críticas y sugerencias en

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

La dirección de la revista:
rev_apfu@i.com.uy
(Correo o e-mail)

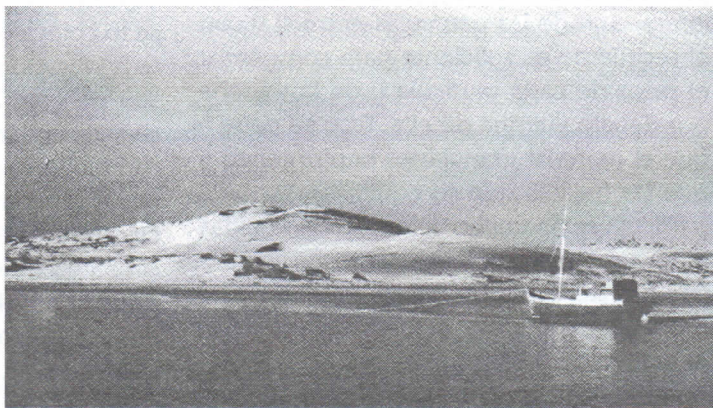
UN ACERCAMIENTO A LA FÍSICA DE LOS MEDIOS GRANULARES

Gustavo Carbonell (I.P.A.)

La realidad cotidiana nos enfrenta frecuentemente a situaciones curiosas en las que normalmente no reparamos. Al pasar frente a una obra en construcción vemos montones de arena, pedregullo y otros áridos usados en ella. Estos montículos son generados a partir del vertido de éstos por los camiones. La observación detenida de estos montículos revela que sus lados son prácticamente paralelos, tienen aproximadamente la misma pendiente. Si se les agrega más material no crecen mucho en altura sino que no bien la pendiente aumenta hasta cierto valor crítico se produce una avalancha y se restablece una nueva situación de equilibrio.

Figura 1

Vista desde el mar de las dunas gigantes de Cabo Polonio. Observe el paralelismo de sus pendientes.



En la naturaleza como en el supermercado vemos continuamente situaciones de apilamiento de materiales granulares, desde dunas hasta pilas de naranjas con propiedades similares a las anotadas.

Los materiales granulares son intensamente utilizados a nivel industrial y productivo sin embargo sus propiedades físicas no son aún bien comprendidas. En los últimos diez años el desarrollo de la Física de la

materia condensada (estudia los medios intrínsecamente desordenados), ha focalizado los sorprendentes comportamientos de los medios granulares que han sido objeto de numerosos estudios experimentales y teóricos.

Estos medios, que están muy difundidos, presentan una variedad de comportamientos y propiedades de excepción que dificulta su clasificación en un estado particular de la materia como puede ser el sólido o el líquido.

Un montículo de arena cuya pendiente de las caras laterales no exceda un cierto valor permanece inmóvil con propiedades de un sólido. Pero si esta pendiente excede un cierto valor característico, se produ-

cen avalanchas superficiales por lo que es más correcto asignarle a dicha superficie propiedades de un líquido.

Conocer las características de estabilidad y de flujo de la materia granular es esencial para poder manejar con éxito este tipo de medios.

La mecánica corpuscular de las avalanchas de arena han inspirado modelos teóri-

cos que se supone forman parte de muchos fenómenos desde incendios forestales, teoría de sismos, conductividad eléctrica en metales, aspecto fractal de las costas etc..

El paso del comportamiento de sólido a líquido de las pilas de material granular puede ponerse de manifiesto en algunos experimentos sencillos.

i) Flujo de fluidos versus flujo de material granular

Si tenemos dos recipientes similares uno lleno de un líquido y otro con arena seca, observamos en el primero que la presión en el fondo del recipiente es proporcional a la altura del fluido. Si efectuamos un orificio en el fondo del recipiente y dejamos fluir el líquido el gasto cambia a medida que decrece la altura de la capa libre del mismo. En el otro recipiente por el contrario (y si tiene poco diámetro más) la presión en el fondo no depende de la altura de la superficie libre con respecto al fondo. La interacción de las partículas entre sí y con el recipiente es suficiente para compensar el peso de cada partícula y de la materia por debajo y arriba de ella. Esto se debe a que el material granular es heterogéneo y que las fuerzas que se equilibran en cada partícula están uniformemente distribuidas y por ser interacciones de contacto se ejercen fuerzas repulsivas entre ellas. De este modo se explica que el gasto de arena por el orificio de un reloj de arena es prácticamente constante e independiente de la altura de la arena en el recipiente superior.

ii)- Apilamiento

Para estudiar las condiciones de estabilidad de una pila es conveniente realizar varias de un mismo material pero de distinta altura relacionando el diámetro con la altura para cada una de ellas. A continuación realizar el mismo procedimiento con materiales de distinto tamaño de gránulo.

iii) Agitación

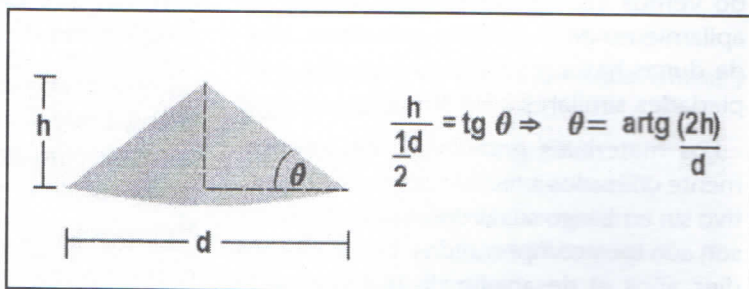
La agitación de un fluido produce como resultado que si este no es homogéneo, con este procedimiento se logra homogeneizarlo. Si partimos de un material granular compuesto por granos de distinto tamaño y densidad mezclados más o menos homogéneamente y lo sometemos a un proceso de vibrado esto produce una pérdida de homogeneidad, las partículas grandes y de distinta densidad tienden a moverse hacia la superficie. Esto sugiere que en este proceso interviene la geometría de cada gránulo en forma preponderante.

¿Cómo se comporta un medio granular si se lo coloca en un recipiente y se lo somete a vibraciones periódicas? Si las mismas son de gran amplitud hay un proceso de reordenamiento del material granular con cambio de la geometría del apilamiento. Si por el contrario son de pequeña amplitud, las perturbaciones se propagan de forma similar al sonido con cambios locales de la presión en el medio y sin cambios en su estructura macroscópica.

En un medio granular el sonido se propaga más eficazmente a lo largo de las líneas

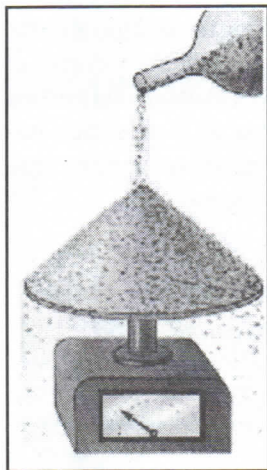
Figura 2

Es importante observar que el ángulo θ puede tomar dos valores: uno identificado con la estabilidad y otro el crítico previo a la avalancha.



de contacto entre gránulos. Si comprimimos la pila el sonido aumenta su velocidad de fase.

Estos tres aspectos reseñados configuran la "punta del iceberg". Muchos colegas pueden estar pensando a esta altura en que el modelo granular expuesto se parece bastante a un modelo apto para ser tratado por



medio de la Mecánica Estadística. Algo similar al modelo cinético de un gas y por ende que permite un método de "ataque" similar. Esto en principio parece razonable: la masa individual de cada grano y las dimensiones de éstos invitan a un estudio clásico.

Nada más alejado de esto, no es posible originar ni siquiera el concepto de "Temperatura" ya que no es relevante la agitación de los gránulos por interacción entre ellos.

Los "simples" montones de arena parecen tener propiedades tan complejas que no encajan exactamente con la originalidad de estos materiales. La investigación de las propiedades geométricas, mecánicas, acústicas y dinámicas de dichos medios está todavía en sus etapas iniciales.

Después de esto, caminar por las playas de Cabo Polonio admirando el increíble paisaje tendrá otro sabor.

Bibliografía

"Granular-state Physics", Jagin-Nagel, Am J. of Ph.

"Dinámica del montón de arena", Mundo Cient., 2/89

"Fundamentos de Física Estadística", Reif

"Complejidad", Roger Lewin, Ed. Tusquets

www.granular.com

Agradecimiento: A mi exalumno de Bachillerato Internacional Florencio Alonso, que con su trabajo monográfico generó la "avalancha" de este artículo

C & T

CIENCIA & TECNOLOGÍA

MATERIALES PARA LA EDUCACIÓN Y LA INVESTIGACIÓN

- LEYBOLD - CASSY
- VERNIER
- ENOSA - Óptica - Electricidad
- LEGO DACTA - Tecnología y Robótica

Solicite nuestra visita por el telefax 613 88 79
Alejandro Korn 1916 - c.p. 11 400 - Montevideo
e-mail: eoribect@chasque.apc.org

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS

EL SINGULAR INCIDENTE DE LA TRIBU VECTORIAL

“Algunos han dicho que una vez existió una tribu de indios que creían firmemente que las flechas eran vectores.

Si querían matar un ciervo que se encontraba directamente al noreste, no disparaban una flecha en dirección al noreste, sino que disparaban dos flechas simultáneamente, una directamente al norte y otra directamente hacia el este, confiados en que la poderosa resultante de las flechas mataría al ciervo.

Los científicos escépticos han dudado de la veracidad de este rumor, basándose

en que no se han encontrado ni las más ligeras trazas de la existencia de la tribu. Ahora bien, la absoluta desaparición de la tribu, como consecuencia de la inanición, es precisamente lo que cualquiera hubiera esperado, dadas las circunstancias; y, puesto que la teoría afirma que la tribu existió confirma dos cosas tan diversas como el comportamiento no vectorial de las flechas y el principio darwinista de la selección natural, no es, seguramente, una teoría que se deba rechazar a la ligera.”

Banesh Hofmann

About Vectors, Prentice-Hall, 1966

ISAAC NEWTON (1642-1727)

1. Se puede leer en su tumba de la abadía de Westminster la fórmula del desarrollo del binomio:

$$(a+b)^m = \binom{m}{0}a^m + \binom{m}{1}a^{m-1}b + \dots + \binom{m}{m-1}ab^{m-1} + \binom{m}{m}b^m$$

2. La inscripción en su tumba dice así:

*Aquí descansa
Sir ISAAC NEWTON, Caballero
que con fuerza mental casi divina
demostró el primero,
con su resplandeciente matemática,
los movimientos y figuras de los planetas,
los senderos de los cometas y
el flujo y reflujo del Océano.
Investigó cuidadosamente
las diferentes refrangibilidades
de los rayos de luz
y las propiedades de los colores o
riginados por aquellos.
Intérprete, laborioso, sagaz y fiel
de la Naturaleza, Antigüedad,*

*y de la Santa Escritura
defendió en su Filosofía
la Majestad del Todopoderoso
y manifestó en su conducta
la sencillez del Evangelio.*

*Dad las gracias, mortales,
Al que ha existido así, y tan grandemente
como adorno de la raza humana.
Nació el 25 de diciembre de 1642;
falleció el 20 de marzo de 1727.*

3. Alexander Pope le dedicó el siguiente epitafio: “La naturaleza y sus leyes yacían ocultas en la noche, Dios dijo, “Sea Newton” y todo fue luz” (“Natura and Nature’s laws lay hid in night, God said, Let Newton be! and all was light.”)
4. Refiriéndose al epitafio anterior, John Collins Squire añadió: “Pero esto no fue lo último. El diablo gritó “Sea Einstein”, y se restableció la situación”

Fuente: página web, LA CIENCIA ES DIVERTIDA (ver sección “web”)

EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO HUMANO

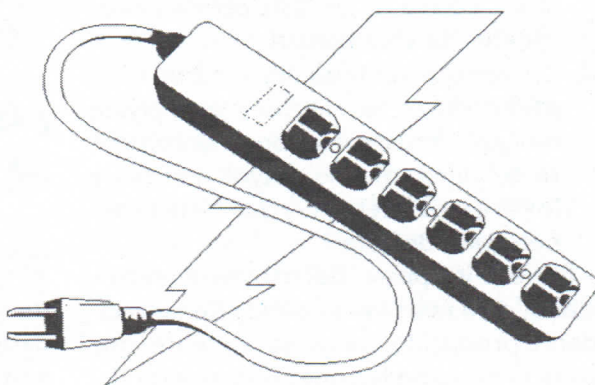
Prof. Edgar W. Gómez
Liceo Carlos Brignoni
(Trinidad, Flores, Uruguay)

¿POR QUÉ MATA LA ELECTRICIDAD?



Dos venenos mortales posee el hombre civilizado en todos los hogares de la ciudad: el gas y la electricidad.

Que la corriente eléctrica deberá ser considerada también como uno de ellos, nos llama poderosamente la atención, pero le comprendemos si tenemos pre-



sente que una corriente que ilumina una lamparilla común es suficiente para provocar la muerte de un ser humano.



Convención 1399
Tel. 903 0939 - Fax 903 09 58
Montevideo - Uruguay

**7/2/2000 - II Taller Internacional sobre Didáctica de la Física - 11/2/2000
DIDACFISU 2000**

Universidad Camilo Cienfuegos - Matanzas - Cuba

PROGRAMAS DE VIAJE QUE INCLUYEN:

Opción A	Opción B
Pasaje aéreo en Cubana de Aviación Mont./La Hab./Mont.	Pasaje aéreo en Cubana de Aviación Mont./La Hab./Mont.
Traslados Aerop./Hotel/Aerop. En todas las ciudades.	Traslados Aerop./Hotel/Aerop.
La Habana: 3 noches - ½ pensión	
Trinidad: 4 noches All inclusive	
Varadero: 6 noches - ½ pensión	Varadero: 6 noches - ½ pensión
USD 1550 por persona en hab. doble	USD 1160 por persona en hab. doble

Consultas y reservas: Sra. Alba Simone (707 15 68) - Sra. Nora Martínez (628 13 45)
Sr. Gustavo Steinfeld en Atenas Viajes (903 09 39)

Dos circunstancias protegen al hombre del peligro de la electricidad:



1. Una red de disposiciones cuidadosamente formuladas y vigiladas, acerca de las instalaciones y corrientes de electricidad.
2. La propia naturaleza del hombre, cuya **piel** protege su cuerpo y que posee una gran resistencia contra la corriente eléctrica, mucho mayor que la de los órganos internos, y que evita la penetración de ésta.

Por eso y a pesar del uso de la electricidad, sólo raras veces oímos de un accidente producido por dicha corriente, que haya provocado lesiones o la muerte del individuo.

Sin embargo la ciencia y la técnica tienen especial interés en conocer los fundamentos biofísicos de las alteraciones producidas en el organismo humano por la electricidad, y especialmente el origen de los accidentes mortales, respecto a los cuales se dará aquí algunas explicaciones:

Es notable observar que el organismo humano (provisto por la naturaleza, de un sistema tan amplio y múltiple de medios de defensa y reacción contra la acción de fuerzas exteriores), solo tiene una resistencia tan reducida contra la influencia de la corriente eléctrica, que muere con facilidad.



La mutua relación entre dicha corriente y el organismo humano ha llamado ya antes la atención de los investigadores en el campo medico-biológico.

Se observó que en las descargas mortales de la corriente eléctrica, se producía siempre el fenómeno de **paralización funcional del corazón**. Los movimientos rítmicos de contracción de los músculos del corazón de los animales o del hombre, se hacen irregulares, asimétricos y muy rápidos por influjo de la corriente

eléctrica, provocado por las contracciones de cada una de las fibras musculares del corazón, produciendo la falta de sangre renovada en el cerebro y en otros órganos un profundo letargo al cual sigue una muerte rápida.

¿ QUE MATA?

¿LA INTENSIDAD DE CORRIENTE O LA TENSION?



He aquí la pregunta que todos los que se interesan por la electricidad hacen frecuentemente. En realidad es la intensidad de corriente que al atravesar nuestro cuerpo provoca tal perturbación que en ocasiones, provoca la muerte.

Aunque la intensidad de corriente, es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia, se obtiene **como necesaria consecuencia que la peligrosidad de una instalación crece cuando aumenta la tensión, puesta a disposición de los consumidores.**

Sobre las causas determinantes de la muerte, en los casos de descargas eléctricas, aún no se ha dicho la última palabra, aunque parece determinado que mientras las altas tensiones determinan perturbaciones de los centros nerviosos, con la consiguiente detención de la respiración (asfixia), las bajas diferencias de potencial golpean, a nuestro organismo, provocando tremulaciones fibrilares del corazón, consistentes en contracciones desordenadas asincrónicas y arrítmicas de los diversos haces fibrosos del músculo cardíaco, del cual puede derivar la parálisis de este.

Es por esto, que los que han sufrido un choque eléctrico pueden ser salvados aplicándoseles la respiración artificial, mientras que, cuando el funcionamiento del corazón se halla comprometido por

una corriente de baja tensión, una inmediata aplicación de alta tensión (choques eléctricos) ha podido en ciertos casos, volver a su ritmo normal a dicho órgano.

Y como frente al irregular o nulo funcionamiento del corazón resulta poco probable el éxito de los socorros, se ha formado en algunos la convicción que las altas tensiones son menos peligrosas que las bajas o las medias, criterio éste que, aunque sostenible en teoría, no encuentra bases seguras en el campo práctico, debido a que, aun prescindiendo de otras consideraciones, las condiciones del infortunio son a menudo tales que aunque ocasionadas por elevados potenciales, obran con el mecanismo de las de baja tensión.

Esto sucede por ejemplo, cuando la imperfecta resistencia de contacto, reduciendo la intensidad de corriente que transita en el cuerpo de la víctima, puede indirectamente dar lugar a la temida fibrilación cardíaca.



El valor de la intensidad de corriente soportable sin inconvenientes por parte de nuestro organismo, se puede establecer que fluctúa entre 10 y 20 miliamperes, pudiendo resultar fatal una intensidad un poco superior.

La inseguridad que impide dar al respecto datos seguros, debe ser atribuida a numerosas causas variables que entran en juego.

Los efectos fisiológicos que se producen en un accidentado por la electricidad dependen:

- a) de la tensión en juego
- b) de la intensidad de corriente que atraviesa el cuerpo del accidentado.
- c) del tipo de corriente en función (continua, alterna, baja o alta frecuencia, etc.)
- d) de la duración del contacto.
- e) de la naturaleza y modalidad del mismo
- f) del camino seguido por la corriente que atraviesa el cuerpo de la víctima.

- g) del estado físico y condiciones de la misma.
- h) del sexo (en las mujeres ciertas condiciones fisiológicas tienen influencia no desdeñable)
- i) del estado de mayor o menor cansancio.
- j) de la oportunidad de los socorros.
- k) del modo con el cual la víctima ha sido sacada de la acción de la corriente (el corte del conductor, bajo corriente continua, puede ser causa de notables fuerzas electromotrices de autoinducción)
- l) de la resistencia eléctrica del individuo.

También el hambre, la sed, el insomnio, el miedo, las emociones, las fatigas, preocupaciones como estados de disminución, considéranse que, debilitando el organismo, favorecen las consecuencias más graves. Por último se ha observado que un contacto sorpresivo con un cable bajo tensión resulta más dañoso que uno conscientemente provocado y que los dormidos y ebrios resisten mejor que los despiertos y los que no han bebido.

Las consideraciones precedentes, a más de permitir entender por qué el contacto con la mano derecha resulta, a menudo, menos peligroso que con la mano izquierda (dada la mayor vecindad con el corazón) y por qué los cardíacos y enfermos pulmonares son más vulnerables a la electricidad, ofrecen una valedera explicación del fracaso de algunas ejecuciones mediante la silla eléctrica, en las que faltando el factor sorpresa ha correspondido mal al macabro fin para el que ha sido destinada.

Pero por más que se sostenga que el estar más o menos habituado a recibir choques eléctricos disminuya los riesgos de electrocución, es buena norma recordar que, en condiciones desfavorables, pueden ser peligrosas tensiones de alrededor de 30 ó 40 voltios.

Aparte de ocasionar la muerte, por asfixia o por parálisis, la electricidad puede dañar el cuerpo por acciones electrolíticas. Estas, que se producen naturalmente, cuando se trata de corrientes continuas, se manifiestan con un desarrollo de ácidos y formación de una película negra en el ánodo, y con el desarrollo de sustancias alcalinas y formación de una película blanda en el cátodo.

Internamente se deben producir profundos procesos electrolíticos, comprobados por el característico sabor metálico que han sentido en la boca los que han escapado de la muerte en algún accidente sufrido con corriente continua.

Por otra parte **las contracciones musculares que acompañan a esos fenómenos, además de impedir a la víctima desprenderse del cable, hacen más tenaz el contacto, dando lugar a una abundante sudación, con la consiguiente disminución de la resistencia del individuo.** Por último, se debe tener presente que a los efectos de la **peligrosidad** hay que considerar en realidad, **los valores máximos** de las tensiones alternadas, o sea los valores indicados por los instrumentos, multiplicados por 1,41.

Según el parecer de algunos, la corriente alternada sería, en el primer momento más dañosa que la continua, pero si la víctima alcanza a salvar el choque inicial, acaba por encontrarse en condiciones mejores que aquellos en las que se encontraría el que experimenta una descarga en corriente continua.

Cicatrizadas las lesiones y puesto en equilibrio el sistema nervioso, no debe temerse consecuencias posteriores, a diferencia de lo que puede suceder a las víctimas con corriente continua que aun a un mes de distancia del accidente están expuestas a la parálisis cardíaca, o a otros graves disturbios, que interesan especialmente a los órganos de la visión.

RESISTENCIA ELECTRICA DEL CUERPO HUMANO



En términos exactos, ninguno de nosotros sería considerado, eléctricamente hablando, como una resistencia pura, sino mas bien como un conductor polarizable.

Esta consideración es expresada, más bien que por la constitución propia de nuestros órganos, por el hecho que insertando un sensibilísimo galvanómetro en serie con el cuerpo de un individuo, se alcanza, en algunos casos, a obtener una débil indicación en el aparato, explicable solamente con la presencia de una pequeñísima fuerza electromotriz. Pero a pesar de esto, la complejidad del asunto ha inducido a los técnicos a clasificar el cuerpo como una resistencia especial de valor incierto y variable con las circunstancias, como lo demuestran las cifras que van a continuación:

- Entre las manos secas callosas de un obrero, 40 a 100.000 ohmios.
- Entre las manos secas de una persona no dedicada a trabajos manuales, 5000 ohms.
- Entre las manos y el pavimento cuando el individuo calza zapatos húmedos, 1000 ohmios.
- Resistencia del condenado a la silla eléctrica, 200 ohmios.

La función de conductor es debida casi exclusivamente a los líquidos existentes en los tejidos, es decir a la linfa y a la sangre. Prueba de ello es que los cabellos, las uñas, lo mismo que las grasas y los huesos, se comportan, si no como óptimos, al menos como discretos aislantes eléctricos. Y por tal vía se explica el aumento y la resistencia eléctrica, encontrado en el cuerpo de muchos atacados de parálisis, aumento que tiene justificación en la disminuida y lenta circulación sanguínea.

WEB

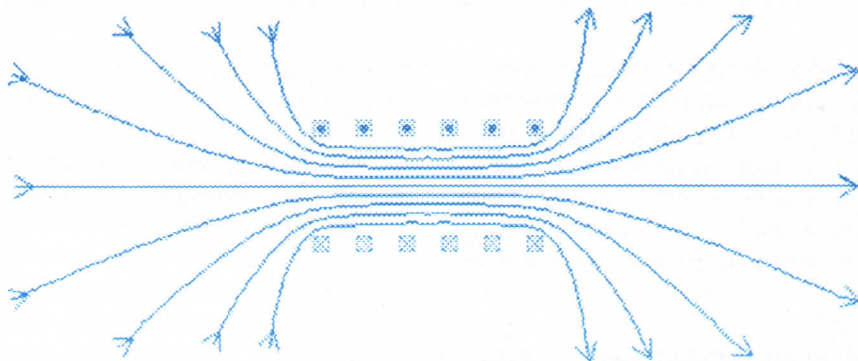
Continuando con aquella sección que en algún número anterior de esta revista se inició y, en conocimiento de que muchos docentes poseen computadora con acceso a Internet, es que en la presente damos cabida a este espacio que esperamos se nutra de sus aportes.

PRIMERA RECOMENDACIÓN

La dirección: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

Física con ordenador

Curso Interactivo de Física en Internet



Angel Franco Garcia

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Eibar

El Contenido: un *Curso interactivo de Física en Internet* con 110 applets (obtuvo Mención de Honor en el Noveno Concurso Anual de Software, organizado por la revista Computers in Physics de la American Institute of Physics), simulaciones de sistemas físicos, prácticas de laboratorio, experiencias de gran relevancia histórica, problemas-juego, etc.. Programas de *Física para Windows 3.1 o superior*, applets y programas que funcionan en 386, 486 o pentium y que se pueden des-

cargar para uso exclusivamente educativo; *Programación y procedimientos numéricos en lenguaje Java*, para los entendidos y los que se inician. Entre sus páginas se pueden encontrar temas tales como: Unidades y medidas, Cinemática, Dinámica, Dinámica Celeste, Oscilaciones, Movimiento Ondulatorio, Fenómenos de transporte, Física estadística y Termodinámica, Mecánica Cuántica, etc., así como también enlaces con otros "sitios" de Física.

SEGUNDA RECOMENDACIÓN

La dirección: <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/1719/index.html>



El contenido: Antonio Varela, Profesor de Física y Química de un centro de enseñanza secundaria ubicado en A Coruña (España) mantiene estas páginas dedicadas a divulgar aspectos lúdicos de la ciencia, donde se pueden encontrar: anécdotas relacionadas con la vida de los científicos, hechos curiosos o sor-

prendentes, experimentos fácilmente realizables, preguntas para pensar y responder, citas sobre ciencia, etc. Un espacio para revisar y enviar sugerencias, comentarios y opiniones, para participar y contribuir con este colega de la "madre patria".

TERCERA RECOMENDACIÓN

La dirección: <http://ariel.igeofcu.unam.mx/skylab/>



El contenido: boletín de divulgación sobre diversos temas de Física Espacial elaborado por miembros del Departamento de Física Espacial del Instituto de Geofísica de la UNAM, publicado bimestralmente. Contiene desde el primero al último de los editados hasta la fecha para leer e imprimir; tiene como editora

a la Dr. Silvia Bravo y una tripulación que escribe sobre diversos temas, por ejemplo: Campo magnético Interplanetario, rayos cósmicos, Radioastronomía, clima espacial, tormentas magnéticas, etc. Recomendable y disfrutable, para visitar y conocer el Skylab desde las tierras Mayas.

APLICACIONES DEL LÁSER

Prof. Pablo Garateguy - I.P.A.

Hoy a más de 30 años de su invención el láser es una fabulosa herramienta cuyos límites de aplicación están dados sólo por la imaginación.

Desde 1960 hasta ahora, el desarrollo de los láseres y sus aplicaciones ha crecido de tal manera que se podría escribir un libro para cada una de ellas. Y de hecho es así.

Se lo usa para: soldar, perforar, cortar (desde piezas microscópicas hasta partes de aviones); como reemplazo del bisturí en operaciones quirúrgicas, hasta fortalecer el esmalte de los dientes; para grabar, leer y transmitir información (como CD's, llamadas telefónicas ó señal de TV); también para medir distancias, alinear caminos ó determinar grados de contaminación ambiental; para verificar tarjetas de crédito ó facturar en un comercio; lo mismo en espectáculos musicales ó para guiar misiles y bombas a su blanco; para medir la distancia Tierra-Luna ó en la impresora de la computadora, etc, etc, etc.,.... Hagamos el esfuerzo de imaginar lo que serán los próximos 30 años....

Todas las aplicaciones del Láser se basan en las características muy especiales de la luz que producen; altísima coherencia, tanto espacial como temporal, por lo tanto también su monocromaticidad casi perfecta, la posibilidad de concentrarlo con sistemas ópticos adicionales en haces estrechos (en un diámetro menor a un cabello humano en usos con fibras ópticas); incluso utilizando pulsos, la posibilidad de transferir energías enormes y desarrollar temperaturas como la de la superficie solar.

Pero concentrémonos en las aplicaciones del láser en el Laboratorio de Física, ámbito común a todos los lectores de esta publicación.

El láser en el laboratorio nos facilita en primera forma, todas las demostraciones de óptica geométrica; podemos, salvo situaciones puntuales, prescindir de las lamparitas con filamento más o menos recto, sistemas colimadores, etc, ahora los sustituimos por un puntero láser de fácil adquisición y el rayo de luz convergerá, divergirá, se refractará ó lo que sea nuestro objetivo y a los alumnos no les quedara la menor duda de que los diagramas de trayectorias conocidas describen fielmente la realidad. Los otros dos experimentos obvios son realizar prácticas de interferencias y difracción, las que ahora no requieren filtros, recorridos de luz complicados o cajas misteriosas.

Pero, ¿que otras cosas podemos hacer con el láser?

Trataremos de presentar otras aplicaciones de éste instrumento tan versátil y a la vez tan poco aprovechado en los cursos experimentales.

A los posibles usos del láser en el laboratorio los podemos dividir en dos grandes grupos:

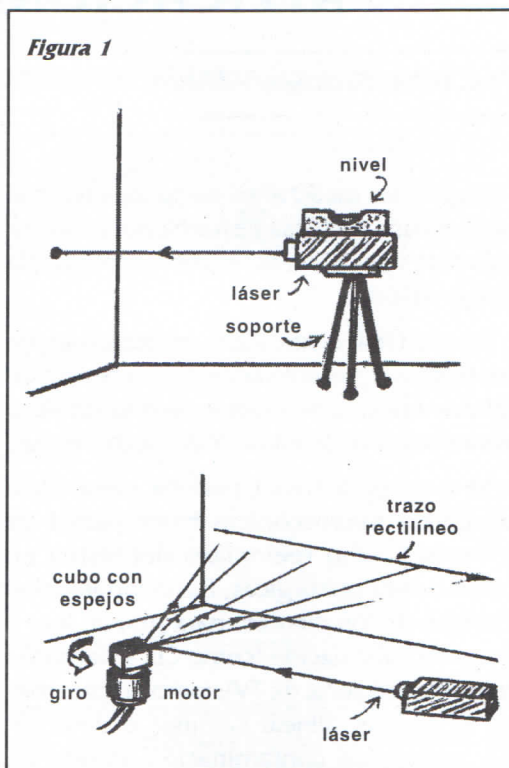
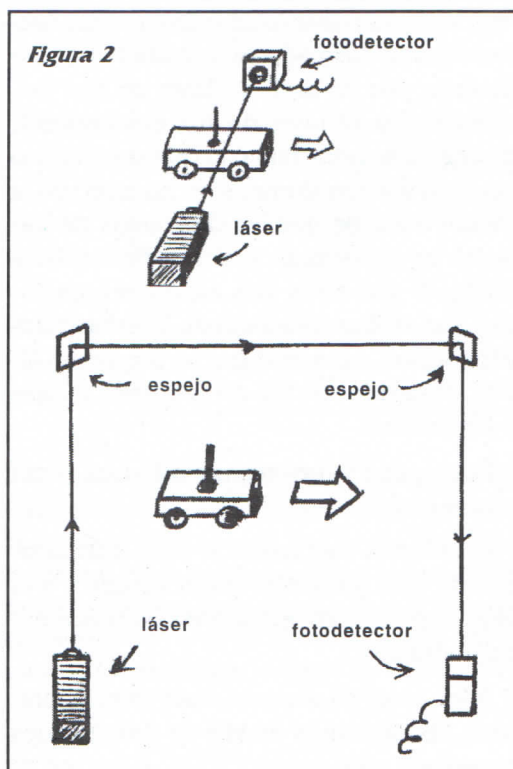
- 1) Mediciones relacionadas con el dispositivo en si mismo y con la luz que éste genera (polarización, divergencia, intensidad, coherencia, ancho espectral, modos, etc.);
- 2) Aplicaciones destinadas a poner en evidencia y/ó cuantificar otros fenómenos, magnitudes, parámetros (sensor de desplazamientos, fuente de luz, indicador de nivel, etc.).

Por ejemplo, para fijar un nivel y/ó altura podemos con un láser y un nivel fijar exactamente una posición.

Inclusive si disponemos de un sencillo dispositivo: un cubito de madera ó plástico con trocitos de espejos en las caras laterales (figura 1) unido a un pequeño

motorcito, podemos trazar, una línea recta sobre un plano, ya sea éste una hoja, una mesa ó una pared.

También podemos usarlo como sensor de pasaje de un cuerpo que se desplaza (ver figura 2). Hay que combinarlo

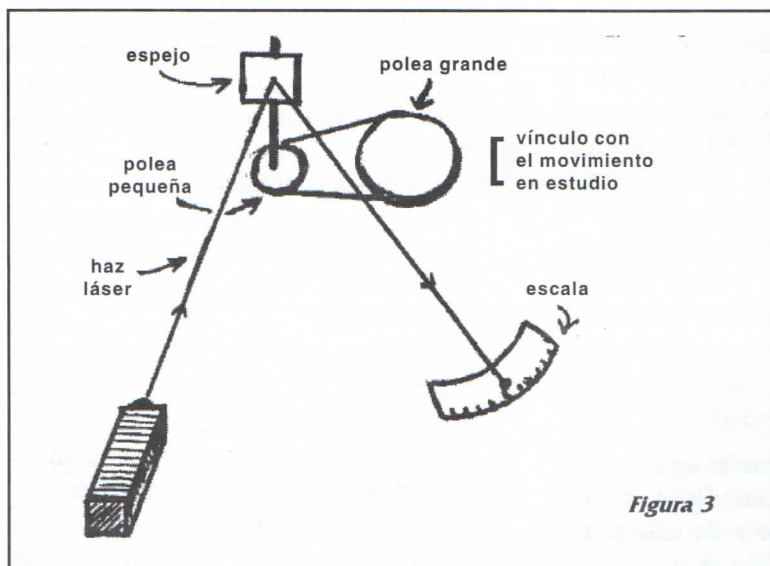


con un fotodetector y eventualmente algunos trocitos de espejo y soportes adecuados.

Cada vez que un cuerpo desplazándose corta el haz, tendremos una variación en la salida del fotodetector que

luego procesaremos con diferentes dispositivos (cronómetro, osciloscopio, Cassy, etc.) según el experimento que se trate.

También con un dispositivo similar se puede medir giros ó desplazamientos circulares (figura 3). Utilizando ejes, poleas y escalas adecuadas podremos tener a nuestra dis-



posición un medidor "balístico" de muy alta sensibilidad.

En la figura 4, se plantea como sugerencia (puede plantearse como un proyecto para los alumnos) la construcción de un Galvanómetro Balístico, el cual se puede construir con materiales comunes: un aro de plástico unos metros de alambre esmaltado, dos resortes, un hilo de nylon, una chapita de algún material ferromagnético, un espejito y una escala.

Veremos que el límite de los usos es nuestra imaginación; ahora sólo me he limitado a sugerir algunos, para comenzar a desarrollar aplicaciones en próximas notas.

Resultaría muy útil e interesante, poder ir llenando una "bolsa de aplicaciones" con sugerencias, ideas y aportes de todos los lectores; desde ya son bienvenidas todas las contribuciones.

Es precisamente en el intercambio de opiniones y experiencias que se valoriza

nuestra revista y se transforma más bien en una herramienta de trabajo que en un habitante adicional de nuestra biblioteca.

Otro tema que también nos interesa tratar y procuraremos hacerlo a la brevedad es lo referido a la "seguridad" en el uso de Láser.

Hay muchas verdades y muchos mitos al respecto; siendo el motivo de un gran número de consultas y dudas respecto al uso de láser en el aula. Trataremos pues de responder también a esas inquietudes.

Mis más sinceros deseos de experimentos fructíferos, hasta el nuevo encuentro.

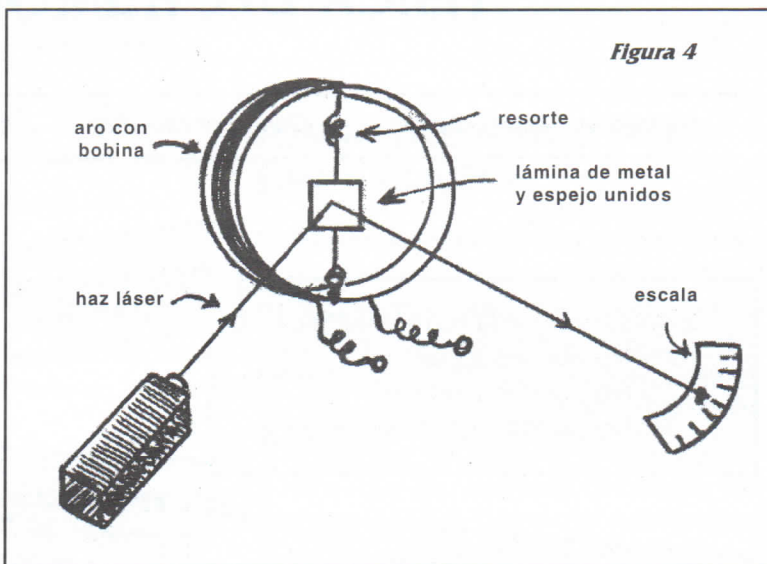


Figura 4

DE ÚLTIMO MOMENTO. El 20 de agosto de 1999, se dio inicio, en Santiago de Chile, a la formación, de la Red Latinoamericana de Asociaciones de Docentes en Ciencias (Red LADCi).

"Será una organización no gubernamental, sin fines de lucro, sin discriminación de tipo alguna, de carácter internacional, que estará al servicio de sus Asociaciones miembros y sus respectivos países de origen, para colaborar con el mejoramiento de la calidad de la educación y promover la investigación educativa de las ciencias naturales y exactas y de la tecnología, que realizan los profesores de aula, en todos los niveles de la enseñanza".

El primer Directorio de la Red, quedó compuesto los Presidentes de las siguientes Asociaciones: A.N. de P. de Ciencias de Chile, A. de E. en Química del Uruguay, A.N. de D. de C. Biológicas de la Argentina, A.P.F.U. y A.P. de Biología del Uruguay.

FÍSICA DEL HUMOR

Colaboración: Marcelo Berruti – La Ciencia es Divertida. – Laboratorio de Física (I.P.A.)

Las tres leyes de la termodinámica:

- 1ª) No puedes ganar
- 2ª) No puedes empatar
- 3ª) No puedes abandonar el juego.

¿Qué le dice un superconductor a otro?
—¡Qué frío hace!, no resisto más.

Dos vectores se encuentran y uno le dice al otro:
—¿Tienes un momento?

¿20 x 2?

- Ingeniero: 39,968743
- Físico: $(4,00000004 \pm 0,00000006) \times 10^1$
- Matemático: un momentito, ya probé que la solución existe y es única, ahora la estoy acotando
- Filósofo: ¿Qué quiere decir 20 x 2?
- Lógico: defina mejor 20 x 2 y le responderé

Profesor: —A ver, dígame usted una forma de comprobar el efecto Doppler, usando la luz en vez delsonido.

Alumno: —Hmmm... cuando es de noche, las luces de los coches se ven blancas cuando se acercan y rojas cuando se alejan.

Guía de bolsillo de la ciencia moderna:

- 1) Si es verde o repta,
es Biología
- 2) Si huele mal,
es Química
- 3) Si no funciona,
es Física
- 4) Si no se entiende,
es Matemáticas
- 5) Si no tiene sentido,
es Economía o Psicología

¿Cómo se calcula el volumen de una vaca?

Ingeniero: metemos la vaca dentro de una cuba de agua y la diferencia de volumen es el de la vaca

Matemático: parametrizamos la superficie de la vaca y se calcula el volumen mediante una integral triple

Físico: supongamos que la vaca es esférica...

¿Qué ruido hace un electrón cuando cae al piso?

¡Plaaanck!

¿y cuando hace "provechito"?

Boooooorh

A PROPÓSITO DE ENERGÍA

Tourn, Janett

Prof. de Filosofía (Postgrado en España)

Prieto, Odi

Prof. de Física

A MODO DE INTRODUCCIÓN

Originariamente todas las especulaciones primitivas del hombre estuvieron vinculadas con la vida y el fuego.

En el siglo XVIII se concibió el calor como una entidad física; más precisamente como una sustancia, un fluido que se transfiere de los cuerpos más calientes a los más fríos: el calórico de Lavoisier.

Alrededor de 1840, Mayer y, en forma definitiva Helmholtz, establecieron el principio de conservación de la energía y su transformación.

La energía se convirtió así en el punto de concurrencia de las diversas ramas de la Física. Toda la actividad humana pasaba a definirse a partir del término común: **la energía**.

Helmholtz (físico), Ostwald (químico) y Match (filósofo) impulsaron una filosofía nueva, fueron los llamados **Energetistas**.

Todo proceso sin excepción queda representado o descrito cuando se dan la energías que en él sufren modificaciones temporales y espaciales, por lo que el concepto de energía ha forjado hasta el momento, dice Ostwald, puesto que cuanto sabemos del mundo exterior puede enunciarse en forma de propiedades sobre determinadas energías.

Estamos dentro del paradigma mecanicista; la energía es una especie de constante ontológica universal, no solo es un ser, sino un valor.

Evidentemente, nos encontramos ante un intento de explicación del universo, simplista y determinista.

FONDO FILOSÓFICO DE LA FÍSICA CLÁSICA

Hablamos de un paradigma mecanicista dentro del cual ubicamos a la Física Clásica y a toda la ciencia de la Modernidad y también debemos decir, que impregna la concepción de mundo y la mentalidad del hombre corriente extendiéndose aún hasta nuestros días.

Así es que las conjeturas de la Física Clásica sugieren que la concepción mecánica puede aplicarse de modo coherente a todas las ramas de la física; que todos los fenómenos pueden explicarse por la acción de fuerzas de atracción o repulsión, la cual depende únicamente de la distancia y obra entre partículas invariables. Con la mecánica es posible predecir la trayectoria futura de un cuerpo en movimiento y revelar su pasado si se conoce su estado presente y las fuerzas que actúan sobre él (las fuerzas actuantes son las de la gravitación de Newton, que sólo dependen de la distancia).

Es decir que, a partir de los elementos más simples y de la reducción de todos los fenómenos naturales, a las fuerzas queda establecida de forma infalible la concepción del universo. La mecánica intenta explicar el universo: el mundo considerado como máquina.

Esta concepción del mundo tiene su origen en los siglos XVI y XVII, donde se produce primero un cambio radical en la mentalidad y la ciencia, que da a nuestra civilización occidental los rasgos que caracterizan la era moderna y se convirtieron en las bases del paradigma que ha dominado nuestra cultura durante los últimos 300 años.

Debemos mencionar a Copérnico, Galileo, Bacon (quien para defender su método em-

pírico decía que la naturaleza tenía que ser “*acosada en sus vagabundeos, sometida y obligada a servir, esclavizada*” y la meta de un científico era “torturarla hasta arrancarle sus *secretos*”), y por supuesto Newton y Descartes.

La influencia de Descartes en todo el pensamiento moderno y por ende en la ciencia, es de sobra conocida. Aclaremos algún aspecto estrictamente relacionado con el fondo filosófico de la Física Clásica: la fe en la certeza absoluta de la ciencia esta en el origen mismo de la filosofía cartesiana y de la visión del mundo que deriva de ella y a pesar de que la misma Física en el siglo XX que no existe certeza absoluta en todos los conceptos y teorías (son limitados), esta fe se refleja en el cientificismo que ha caracterizado a nuestra civilización occidental.

Esta certeza descansa en la absoluta confianza a la razón (“*Pienso luego existo*”, en crisis dentro de los marcos de la Postmodernidad), en la matematización de la naturaleza (la matemática es el lenguaje de la naturaleza) y en la concepción del universo como máquina y por ende totalmente predecible y apresable objetivamente.

El método cartesiano es un método analítico, que ha de hallar la verdad del todo en la descomposición del mismo, en cuantas partes sea posible. Es decir, el todo queda explicado a partir de sus partes: el Universo se conoce a partir de las fuerza que lo componen y por tanto estas predicen exactamente el acontecer del universo. La máquina es movida y determinada por sus engranajes: no hay en la naturaleza posibilidades de creación, no hay misterio, ni magia que no pueda ser explicado desde los elementos más simples que componen el engranaje.

Esta imagen mecánica de la naturaleza fue el paradigma que dominó la ciencia después de Descartes, marcando la pauta de las investigaciones científicas y sugiriendo

la formulación de todas las teorías sobre los fenómenos naturales. También proporcionó la “autorización científica” para la manipulación y la explotación de los recursos naturales que se ha convertido en una constante de la cultura occidental.

Quien desarrolló el sueño cartesiano y completó la Revolución Científica fue Newton: “*Todo lo que no se puede deducir de los fenómenos ha de llamarse hipótesis; y las hipótesis, sean metafísicas o físicas, sean cualidades ocultas o mecánicas, no tienen cabida en la filosofía experimental. En esta filosofía, las proposiciones particulares se deducen de los fenómenos y después se universalizan por inducción*”

Newton integra la inducción de Bacon y el método racional deductivo de Descartes: toda conclusión proviene del hecho positivo que, al concebir al universo como máquina, rigurosamente determinado, la generalización es absolutamente válida y el observador permanece fuera de ese objeto de conocimiento, que es objetivamente aprehensible y además medible – el objetivo por excelencia de la ciencia moderna.

En el siglo XVIII, con la visión mecanicista del mundo firmemente arraigada en la sociedad, la física se convirtió naturalmente en la base de todas las ciencias. Si el mundo es verdaderamente una máquina, la mejor manera de descubrir cómo funciona, es por medio de la mecánica newtoniana. Por tanto, el paradigma implícito en la Física se trasladó a los planteos de las demás ciencias y a la mentalidad corriente.

A finales del siglo XIX la mecánica newtoniana había perdido el papel como teoría fundamental de los fenómenos naturales. Boltzmann y Maxwell introdujeron una innovación conceptual: la descripción de los fenómenos a través de la probabilidad y, junto a la teoría de la evolución de Darwin, suponían una serie de conceptos que iban más allá del modelo newtoniano revelando que el universo era mucho más

complejo de lo que Descartes y Newton habían creído. A pesar de todo, las ideas básicas de la Física Clásica si bien insuficientes para explicar todos los fenómenos naturales, siguieron considerándose correctas. En las primeras tres décadas de nuestro siglo la situación cambió radicalmente.

CRISIS DE LA FÍSICA CLÁSICA Y LA NUEVA FÍSICA

Dos revoluciones científicas del siglo XX inician la crisis última y abren el panorama a nuevas posibilidades: la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica.

En la primera de ellas Einstein plantea la unión del espacio-tiempo en un continuo tetradimensional. Presenta al *tiempo* como una entidad *no absoluta*. Introduce la primer constante física universal : *c*. Explicita que la descripción de los fenómenos ha de ser dada por un observador perteneciente a este mundo, no que contemple al mundo desde afuera.

A pesar que esta teoría modifica entonces el concepto clásico de objetividad física, ha mantenido intacta otra característica: la necesidad de alcanzar una descripción completa de la naturaleza.

En este sentido es la mecánica cuántica quien rompe definitivamente con el pasado. Ha demostrado que el mundo microscópico está gobernado por leyes que tienen una estructura diferente, por tanto imposible de compatibilizar un esquema conceptual universal.

Los esquemas teóricos *intuitivos* de Boltzmann y de Bohr permitirán la comprensión de los datos experimentales y el avance hacia modelos matemáticos coherentes. Estos fueron llevados a cabo por Heisenberg, Jordan y Born, Schrödinger y Dirac, incorporando en esquemas basados en operadores no conmutables, las nociones de cuantización, probabilidad, dualidad

onda – corpúsculo, incertidumbre y complementariedad.

El tema esencial en mecánica cuántica es el problema de la medida, como el caso de los universos múltiples (explicando que somos nosotros quienes determinamos la evolución del sistema frente a la reversibilidad natural “objetiva”). No hacen otra cosa que reivindicar la teoría objetiva y cerrada de sistemas aislados de concepción clásica.

¿Por qué pensar en el comportamiento de los cuerpos macroscópicos (incluso el universo a gran escala) debe ser estudiado en términos de partículas elementales que lo componen y las interacciones con ellas?

Ilya Prigogine introduce en este sentido cambios revolucionarios en nuestro modo de concebir el mundo físico. Sugiere que los conceptos fundamentales son los sucesos o cambios que tienen los sistemas, no los objetos que sufren los cambios. Es decir, el “devenir”: las leyes físicas, los cambios, la participación de las partículas en la evolución del mundo físico [Heráclito...]; antes que el “ser”: las partículas en sí.

La teoría física nos impone hoy un “respeto” por la naturaleza, nos ayuda a comprender que formamos parte de ella. La naturaleza no debe estar entregada a nuestra voluntad. Los hombres podemos participar del devenir natural, participar activamente, la naturaleza nos reclama.

EL PARADIGMA DE LA NUEVA FÍSICA Y EL MISTICISMO ORIENTAL

En su libro “El Tao de la Física”, Fritjof Capra, Doctor en Física, investigador en Física Teórica de Altas Energías en la Universidad de París, Berkeley y Stanford, realiza una brillante descripción de los “paralelismos” o puntos de encuentro entre la Nueva Física y el misticismo.

¿Qué significa esto? ¿Por qué intentar realizar este tipo de encuentro?

Evidentemente quien mire desde el horizonte positivista de la ciencia o desde el paradigma de la Física Clásica, jamás puede llegar a entender ni aceptar tal intento de paralelismo entre una ciencia llamada “dura” y concepciones filosófico-religiosas, que responden a marcos que la ciencia occidental “oficial” no ha aceptado como “científicos”. Pero, si nos ubicamos desde la Nueva Física, la Física resultante a partir de la Teoría de la Relatividad, la Cuántica y los estudios de muchos científicos actuales, por ej. Ilya Prigogine, podemos empezar a entender: sabemos que ninguna teoría en ninguna ciencia —a pesar de los esfuerzos del Positivismo— puede entenderse aislada, es decir como suficiente en sí misma para describirla realidad. Toda teoría, para decirlo de alguna forma, tiene una concepción del mundo más o menos compleja, más o menos acabada.

En este punto de vista nos intentamos ubicar y siguiendo a Capra, digamos que las concepciones del mundo, de realidad, que se desprenden de la física actual y de las concepciones místicas orientales, tienen maravillosos puntos de encuentro. Tanto los sabios orientales como muchos científicos, pueden llegar a compartir su comprensión de la realidad, su visión del mundo, por caminos evidentemente distintos.

Exploremos algunos puntos de encuentro.

Si bien las tradiciones místicas de oriente difieren entre sí en muchos detalles, su visión del mundo es esencialmente la misma: conciencia de la unidad e interrelación mutua de todas las cosas y sucesos, la explicación de todos los fenómenos como manifestaciones de una misma unidad definitiva. Se refieren constantemente a esta realidad indivisible que se manifiesta en todas las cosas y de la cual todas las cosas forman parte: Brahman en el Hinduismo,

Dharmakaya en el budismo, Tao en el Taoísmo.

Esta realidad no puede ser entendida por el intelecto, ni tampoco puede describirse adecuadamente con palabras. Digamos que, su comprensión depende de la experiencia, pero esto significa aprehender esta unidad definitiva con otros medios que no son los ordinarios, los que usamos “normalmente”. Significa mover los cimientos de la percepción ordinaria.

Escuchemos no a un místico, sino a un científico: *“La gran tensión de nuestra experiencia en los últimos años ha traído a la luz la insuficiencia de nuestras simples concepciones mecánicas y como consecuencia ha hecho tambalearse el cimiento en el que la acostumbrada interpretación de la observación estaba basada”*⁽¹⁾.

En el Hinduismo es común encontrar la imagen del océano para “explicar” a Brahman, la realidad definitiva: al contemplar el océano vemos olas grandes y pequeñas que se elevan y desaparecen. Pero en el fondo de todas estas olas, son el mismo vasto océano. Absolutamente todo aunque difiera en apariencia esta conectado con Todo.

De modo similar todos los seres humanos, animales, plantas, piedras, están conectados con el infinito océano de energía Brahman. Brahman es infinito, eterno. Todo es Brahman. Brahman también es el Prana, la energía vital que da vida a todo lo existente. El Prana se encuentra en el aire, en los alimentos, etc., pero no se identifica con ningún componente químico de éstos. Es el Prana quien se manifiesta a sí mismo como gravitación, electricidad, como acciones corporales y como corrientes nerviosas y pensamiento-fuerza.

Ahora bien, en la vida ordinaria no somos conscientes de la unidad de la cosas,

(1) “El Tao de la Física” p. 66

sino que dividimos el mundo en objetos y sucesos separados, resultando de una abstracción ideada por nuestro intelecto. Creer que nuestros conceptos abstractos de "cosas" y "acontecimientos" son realidades de la naturaleza es una ilusión. Los hindúes nos dicen que esta ilusión esta basada en la Avidya o ignorancia, producida por una mente bajo el encanto de Maya, bajo la ilusión de que la realidad esta compuesta de "cosas" y "sucesos" independientes. Ser libre del encanto Maya significa darse cuenta de que todos los fenómenos que percibimos con nuestros sentidos son parte de la misma realidad, Brahman. A esta experiencia se le llama *moksha* o liberación.

Einstein dice: *"La ciencia no es sólo una colección de leyes, un catálogo de hechos sin mutua relación. Es una creación del espíritu humano, las teorías físicas tratan de dar una imagen de la realidad y de establecer su relación con el amplio mundo de las impresiones"* (2).

Se crean pues, nuevos conceptos en el proceso de cualquier ciencia: los conceptos de árbol, caballo, número, masa, fuerza, sistema inercial, espacio-tiempo, son creaciones de nuestra mente, que intenta apresar la realidad en la cual estamos inmersos y somos parte del constante devenir que se desenvuelve como un todo, y en el cual las categorías de la razón son sólo idealizaciones.

Esta unidad básica del Universo es una de las más importantes revelaciones de la Física Moderna: los componentes de la materia y los fenómenos están interconectados, interrelacionados e interdependientes, no pueden entenderse como entidades aisladas, sino como aspectos integrantes del todo. No podemos descomponer el mundo en pequeñas unidades independientes, no podemos proceder de acuerdo al método cartesiano.

David Bohm dice: "Uno llega a un nuevo concepto de inquebrantable totalidad que niega la idea clásica del análisis del mundo en partes existentes por separado e independientes... Hemos invertido el concepto clásico usual de que las *partes elementales* independientes del mundo, sean la realidad fundamental y que los diversos sistemas sean meramente formas y ordenaciones, contingentes particulares de estas partes. Más bien decimos que la inseparable interrelación cuántica de todo el universo, es la realidad fundamental y que, las partes que funcionan relativamente independientes, son simplemente formas contingentes y definidas dentro de todo este conjunto" (3).

La Teoría Cuántica nos obliga a ver el Universo como una complicada telaraña de relaciones, como una telaraña cósmica.

Esta es la forma en que los místicos orientales han interpretado el mundo casi con las mismas palabras usadas por los físicos: "Las cosas derivan su ser y su naturaleza de la dependencia mutua y no son nada en sí mismas" (4).

En el misticismo oriental, esta telaraña universal siempre incluye al observador humano y su conciencia y lo mismo en la física atómica. A nivel cuántico los "objetos" sólo pueden ser entendidos bajo una interacción entre ellos y el observador. Heisenberg dice: *"Lo que nosotros observamos no es la naturaleza misma, sino, la naturaleza expuesta a nuestro método de interrogación"*.

El físico, el científico, no juega el papel de un observador imparcial, objetivo, -ni tampoco esta es su meta-, sino que se ve envuelto, inmerso, en el mundo que él observa, hasta el punto en que influencia las propiedades de lo observado. De ahí que se haya sugerido reemplazar la palabra "ob-

(2) "La nueva Física" Einstein p. 250

(3) "El Tao ..." p. 156

(4) op. cit. p. 157

servador” por la de “partícipe”. Esto, evidentemente, tiene aún consecuencias más profundas a nivel gnoseológico, puesto que el objeto de conocimiento se transforma de un objeto exterior al sujeto, a un objeto participante. Las esferas del sujeto y objeto de conocimiento ya no permanecen separadas.

Para los místicos orientales esto es totalmente conocido y han llevado esta noción de partícipe al extremo, puesto que el ideal de experiencia mística consiste en la identificación del sujeto y el objeto.

Las palabras de un budista parecen mostrar claramente este aspecto: “El budista no cree en un mundo exterior que tenga existencia independiente o separada, dentro de cuyas fuerzas dinámicas él pueda insertarse. El mundo externo y su mundo interior son para él sólo dos lados de la misma tela, a la que los hilos de todas las fuerzas y de todos los sucesos, de todas las formas de conciencias y de sus objetos están entretejidos en una red inseparable de relaciones sin fin y condicionadas mutuamente” (5).

A manera de síntesis podemos nombrar los puntos esenciales del paradigma de la Nueva Física (y de la nueva ciencia). Evidentemente esto por sí solo amerita un de-

sarrollo más profundo que no podemos realizar aquí:

- La supremacía del Todo: nada tiene sentido por sí mismo, sino en relación al Todo del cual forma parte.
- La prioridad del devenir, al ser, o que el ser se encuentra justamente en el devenir, es decir, el pasaje de un pensamiento en función de la estructura a un pensamiento en función del proceso.
- Una ciencia epistémica: una ciencia que es consciente de sus implicaciones filosóficas y por ende consciente de la falsedad del mito de la objetividad absoluta.
- Y como consecuencia de lo anterior, la modificación del concepto de verdad: la ciencia como construcción que intenta describir la realidad sin fundamentos inamovibles, sino que justamente halla su sentido en la movilidad.

Las consecuencias de este planteamiento son indudablemente inmensas, no sólo en el campo científico, sino también como educadores y como hombres sin más. Pensar desde el Todo, significa cambiar nuestra “cabeza” categorizante e indudablemente cartesiana. Significa además poner en juego la intuición como instrumento también válido de aprehensión de la realidad, significa poder pensar desde marcos muy

(5) op. cit.p. 162

SÍNTESIS - Este trabajo es una síntesis de una clase realizada para un grupo de 5º año Científico compartidos por las profesoras de Física y Filosofía encargadas de los cursos respectivos de dicho grupo.

¿Por qué una clase entre las dos asignaturas?

El concepto de energía resultó ser el motivador y excusa que nos llevó a intercambiar distintas perspectivas del mismo y nos entusiasmos con la idea resultante de un universo absolutamente complejo y cambiante, al cual es imposible “acercarse” desde un punto de vista unilateral.

Así entendimos que no es posible mantenernos en esquemas caducos e independientes entre sí (léase por ej. La falsa división ciencias “duras” – filosofía) que se enmarcan en un paradigma obsoleto. Debíamos empezar a pensar desde un nuevo paradigma.

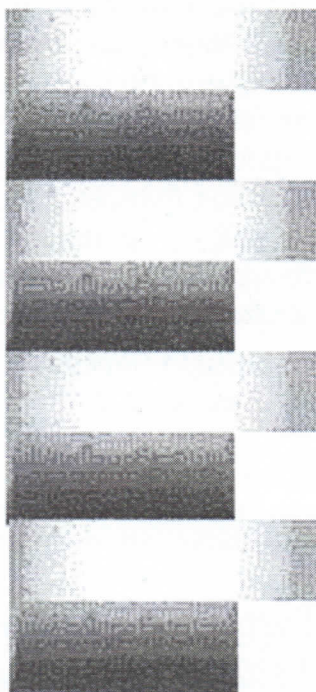
amplios, conscientes de que el Todo esta presente en cualquier aspecto de ésta nuestra realidad; tomar conciencia de las innumerables "divisiones" que existen y de su pobreza a la hora de formarnos e informarnos. Significa, creemos hacer mucho más

rica nuestra existencia, poniendo en juego al mismo tiempo los dos hemisferios cerebrales: la razón y la intuición, el análisis y la aprehensión, la categorización con la imaginación y la creación.

BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL, John. "Historia Social de la Ciencia" Edit. Península 1967.
- CAPRA, Fritjof. "El Tao de la Física" Edit. Luis Cárcamo 1992.
- CAPRA, Fritjof. "El Punto Crucial" Edit. Estaciones 1992.
- EINSTEIN-INFELD. "La Física: Aventura del Pensamiento"
- GAMOW, George. "Biografía de la Física" Edit. Alianza 1971
- HEISENBERG, Werner. "La imagen de la naturaleza en la Física actual" Colección Muy Interesante 1985
- POINCARÉ, Henri. "La Ciencia y la Hipótesis" Colección Austral 1945
- PRIGOGINE-STENGERS. "La Nueva Alianza: Metamorfosis de la Ciencia" Edit. Alianza 1990
- RAE, Alastair. "Física Cuántica: Ilusión o Realidad" Alianza Universidad 1988.
- SMORODINSKY, Ya. "La temperatura" Edit. MIR
- SWAMI VISHNUDEVANANDA. "El Libro de Yoga". Edit. Alianza 1992.

SOLUCIONES PRÁCTICAS 1



Como regla "claro-oscuro" para "la CASSY" se ha sugerido, en ediciones anteriores, el uso de una fotocopia en "acetato" como solución rápida y de muy bajo costo. Como complemento a la misma y como alternativa para aquellas localidades donde no es tan fácil acceder a la anterior, les aportamos otra: "estirar" un rulo de los usados en encuadernación usando agua caliente proveniente de un "termo" o de una "caldera" de "chorro" delgado. Cualquiera de los rulos usados en encuadernación tiene los elementos equiespaciados; y la distancia es la misma para todos sin importar largo ni espesor.

No nos ha dado resultado la impresión sobre acetato con impresora "chorro de tinta" (las comillas indican los modismos de laboratorio).

ESPACIO DE A.P.F.U.



Alfabetización en ciencias

En el encuentro de Mercedes, presentaremos junto a la Asociación de Docentes de Química, un proyecto sobre Alfabetización Científica; la primera parte del mismo es una encuesta a los docentes, para evaluar que opinan acerca de la alfabetización científica; en una segunda parte se realizará un cuestionario a los alumnos y sus padres.

Es un proyecto, y como tal comenzará a "caminar" en este encuentro.

*Comisión Directiva
de A.P.F.U.*

V Encuentro Internacional de Educación en Física V EIEF

X Encuentro Nacional de Profesores de Física

Nuestro Encuentro Internacional se realizará en las vacaciones de setiembre del 2000 en las ciudades de Punta del Este y Maldonado (Maldonado – Uruguay).

Los profesores Mario Rodríguez y Germán Baldo ya están trabajando en la organización del mismo y está prácticamente definido el alojamiento, comida y lugar donde se realizará el encuentro.

Les llegará material informativo sobre las condiciones para presentar trabajos, organizar talleres, dar conferencias, etc. También sobre las bellezas naturales del lugar y las artificiales (Casinos, Pubs, etc.), que contribuirán a la concentración y rendimiento superlativo de los participantes a este encuentro.

*Comisión Directiva
de A.P.F.U.*

Videoteca de A.P.F.U.

A todos aquellos socios que tienen vídeos que se puedan reproducir y quieran acercar a la Asociación, les pedimos enviar la información a la misma a nombre de la Prof. Ana Piccininno.

COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DE LA VEGETACION

Roberto Richardson

Universidad de Santiago de Chile

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Geográfica

rrichard@lauca.usach.cl

La observación de la tierra por instrumentos (sensores) que permiten registrar las variaciones de absorción, reflexión y emisión de las ondas electromagnéticas, además nos permiten monitorear y explotar los recursos naturales renovables y no-renovables. Instrumentos instalados en plataformas aéreas o espaciales (satélites), captan información que produce una visión radicalmente nueva. La gran ventaja que se puede lograr de estas herramientas depende directamente de cuanto podamos conocer sobre el comportamiento de las especies en el ámbito espectral, es por esta razón, que en esta oportunidad daremos a conocer el comportamiento espectral de la vegetación que es diferente en cada segmento del espectro electromagnético por su estructura celular y así, poder obtener un mayor conocimiento que nos apoye en la interpretación y análisis de las fotografías e imágenes.

Introducción

Una de las consideraciones importante en la vegetación son las características morfológicas tales como, su altura, tamaño y forma, grado de cobertura del suelo, perfil, entre otras, además el estado fenológico, contenido de agua, que influyen directamente en la reflectividad de la hoja, así también esta el lugar físico (geografía) como es la pendiente, geometría de la plantación,

orientación, asociación con otras especie, etc., que son los principales factores que influyen en la radiancia que capta un sensor a través del detector, además hay que agregar entre otros factores, el ángulo de elevación solar que se relaciona con lo que es luz y sombra, que directamente interviene en el índice de área foliar. Este tema ha sido tratado por muchos autores, cabe destacar a Curran 1980, Chuvieco 1990, Lusch 1989, R. Harris 1987, entre otros.

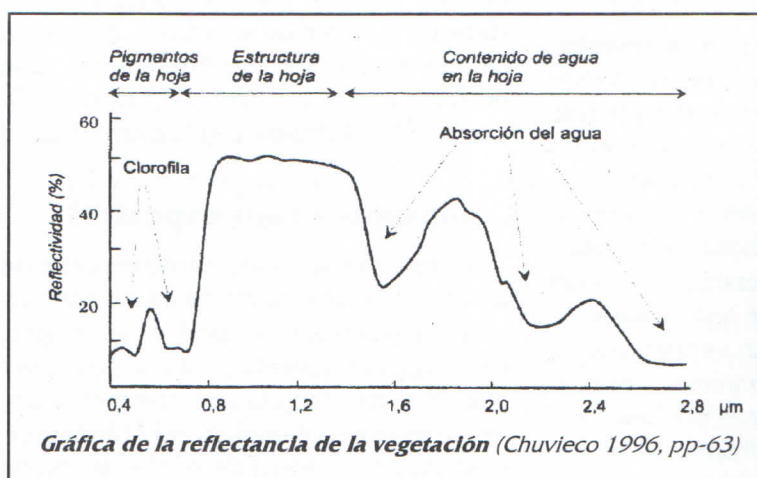
Comportamiento Espectral

Al hablar del comportamiento espectral de la vegetación nos referimos a un estado vigoroso de la planta, es decir sana, sin problema alguno, a partir de esto podemos ver que este tema tratado por diferentes autores, se segmenta partiendo por el ámbito visible, donde la vegetación en sí muestra una reducida reflectividad, destacando un mayor incremento en la banda verde ($0.5\mu - 0.6\mu$), diferente es la reflectividad en el campo del infrarrojo cercano donde la vegetación presenta una gran reflectividad, posteriormente esta se reduce hacia el infrarrojo medio.

Características Espectrales

La vegetación con sus elementos de fotosíntesis más, el agua almacenada en sus hojas influyen directamente en la respuesta espectral, es decir su reflectividad se relaciona directamente a esto. Así tenemos que la baja reflectividad en el ámbito del espectro visible es producido por los efectos absorbentes que tienen los pigmentos de la hoja, en esto destaca la clorofila en 60%, carotenos 10% y xantofila 30% aunque esto puede variar bastante (Gates et al, 1965).

Estos elementos indicados anteriormente absorben en torno a los 0.445μ y la clorofila que presenta una segunda banda de absorción en los 0.645μ , entre estos dos segmentos encontramos una banda intermedia aproximadamente los 0.55μ , pero el efecto absorbente es menor, es aquí donde se presenta un punto máximo de reflectividad que se manifiesta en la banda verde del espectro visible y es él porque los seres humanos pueden ver la vegetación en color verde.



En relación al estado fenológico de la vegetación, podemos ver que cuando hay cambios estacionales, como es pasar de verano (vegetación con hojas verde) a otoño (vegetación con hojas de color amarillo) etapa anterior a la caída de la hoja, la clorofila disminuye su presencia, se manifiestan en el ámbito espectral un cambio, es decir después de tener alta reflectividad en la banda verde, esta disminuye y aumenta en la banda roja donde se presenta un pigmento llamado antocianina que es un buen reflector.

En el segmento del infrarrojo cercano la reflectividad es mayor a la observada en banda verde del espectro visible, el factor que influye en esto es la estructura de la hoja, por su capa esponjosa llamada mesófilo, con sus cavidades de aires internas, que son elementos importantes en la

dispersión y difusión de la radiación incidente. Es por esto, que la vegetación en la zona del infrarrojo cercano tiene una alta reflectividad, pero también debe saberse, que esta característica descrita de la vegetación, en este segmento es de suma importancia por que influye en las distintas especies debido, a que ellas tienen diferentes estructuras, con lo cual se puede diferenciar las especies.

Si aumentamos la longitud de onda es decir nos alejamos de la zona del infrarrojo

cercano, nos encontramos con un tramo donde asoma el efecto absorbente del agua, donde la reflectividad de la vegetación vigorosa es reducida notablemente, nos referimos a la zona del infrarrojo medio, aquí podemos destacar, que nos encontramos en una zona del espectro electromagnético donde se manifiestan las

bandas de absorción del agua.

Un ejemplo que describe (Chuvieco 1996 pp. 63 – 64) dice un estudio sobre hojas de coníferas, se observó un sensible aumento de la reflectividad en el infrarrojo medio según se iban desecando las hojas, disminuyendo ligeramente en el infrarrojo cercano y con escasa variación en el visible (Westman y Price 1988). En este segmento es decir desde 1.6μ a 2μ aproximadamente, hay que destacar que es una región de interés donde se puede conocer el estado hídrico de la vegetación, es decir de sus hojas.

De lo descrito podemos establecer una relación que esta referido al contraste producido en la reflectividad de la vegetación, es entre las bandas visible (roja) y banda infrarrojo cercano, nos referimos a tener un

mayor vigor de la vegetación, que está dado por una diferencia de contraste entre estas dos bandas indicadas, con esto podemos tener un índice de vegetación, a través de una operación, de suma, resta y división de estas bandas, cuyo resultado será el índice de concentración de biomasa.

Ahora bien para interpretar, debemos tener presente que la hoja de la vegetación cuando entra en estado senescente o bien que este afectada por enfermedad muestra una pérdida de la actividad de la clorofila, manifestándose una disminución de la absorción en la zona del espectro visible, en las bandas azul y roja, (Chuvieco 1996, pp-64) dice "el aumento consecuente de la reflectividad en estas Bandas elimina el máximo relativo en el verde, por lo que la hoja tiende a mostrar un color amarillento".

Lo contrario se presenta en el infrarrojo cercano, se manifiesta una disminución de la reflectividad por la destrucción celular de la hoja, en este aspecto la gráfica de la curva espectral se ve más plana. Esto es aplicado sobre todo para detección de daños producidos por ataques de plagas y también por efecto de incendios forestales.

Otro elemento a considerar es la zona afectada por el estrés hídrico, debido a que hay una relación directa entre el contenido de humedad de la hoja y la diferencia (cociente) entre el infrarrojo medio y el infrarrojo cercano. También se ha visto manifestar algún tipo de estrés, en el cambio de pendiente de la curva espectral entre el rojo y el infrarrojo cercano, como ejemplo se presenta cuando la vegetación es afectada por contaminación de metales pesado.

La siguiente lamina es una fotografía de una vista parcial del campus de la Universidad de Wisconsin - Madison, donde lamina (a) muestra el césped y copas de arbole en color verde, estadio de fútbol americano de color normal gris, que corresponde a la reflectancia del cemento. En la lamina (b)

bajo el proceso de ver la información captada en infrarrojo, se genera una composición falso color (es decir se hace un desplazamiento de las bandas del espectro visible para darle cabida al banda de energía infrarroja, donde la banda roja recibe el infrarrojo, el verde al rojo, el azul al verde) el resultado de esto, es ver la vegetación en color rojo, el campo de fútbol adquiere color diferente, el césped también es diferente porque es artificial y este no refleja en el infrarrojo, como lo hace la vegetación vigorosa.

En el infrarrojo térmico (8μ a 14μ) es una zona en la cual la vegetación tiene un complejo comportamiento, ya que absorbe gran cantidad de la energía solar incidente para efectuar su proceso de la clorofila. Es decir la energía absorbida es re-emitida, durante la noche para así, mantener el equilibrio energético, con esto se puede comprobar que la temperatura media de la vegetación es más baja de día y más alta de noche.

Cuando se analiza el comportamiento térmico de la vegetación se deben considerar factores como la evapo-transpiración que está directamente relacionada con la con la humedad atmosférica, disponibilidad de luz, humedad del suelo, temperatura del aire y velocidad del viento, también se debe considerar que la humedad atmosférica actúa reduciendo la evapo-transpiración y las otros parámetros indicados la aumentan.

La evapo-transpiración la conocemos como la liberación de calor que hacen las plantas para efectuar el paso del agua almacenada en sus hojas al estado gaseoso, con esto se disminuye la temperatura, por tanto las plantas están mas frías en el día 8 a diferencia de su entorno) que en la noche donde se materializa la re-emisión de la energía capturada en el día. De esto se desprende el poder detectar el estrés hídrico, con el registro que se efectúa en el infrarrojo térmico.

Comentario

Al dar término a este artículo sobre el comportamiento espectral de la vegetación, podemos establecer la importancia que tiene la estructura de la hoja de la vegetación para ver su comportamiento y su detección en las distintas regiones del espectro electromagnético, con lo cual obtenemos un aporte importante para la interpretación de la información captada por los instrumentos.

Otro punto a considerar es, en algunas regiones del espectro electromagnético se presentan zonas en la cual se brindan mejores características para hacer el reconocimiento, análisis e interpretación de la información capturada relacionada con la vegetación, debemos tener presente que no siempre es absoluto ya que cada banda ofrece ventajas diferentes con respecto a las otras.

Bibliografía

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



Durazno 1195
Tel.: 901 79 18 - Telefax: 901 48 10
Celular: 099 630 983
e-mail: pcserv@adinet.com.uy
Montevideo - Uruguay

Reparación y Venta de PCs

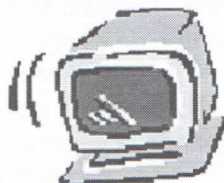


- Accesorios
- Instalaciones
- Asesoramientos
- Telefonía
- Muebles para PCs



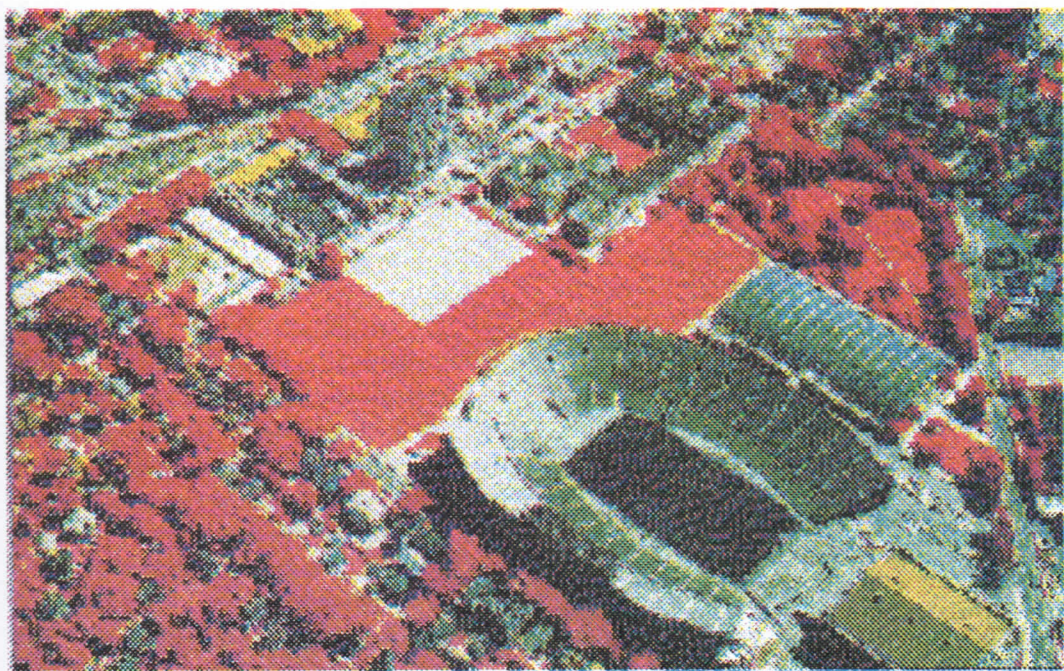
Envíos al interior

Descuentos especiales a Docentes
que mencionen el aviso



**Equipos Multimedia
¡al mejor precio!**





Nota de redacción. Las imágenes referidas en esta página fueron tratadas con un editor; el lector puede observar la imagen de la portada que es una composición con las fotografías enviadas.

EL GATO DE SCHRÖDINGER

Fernando Curiel y Sergio de Regules

Extractado de Púlsar: "Historias de la ciencia"

¿Requiere la realidad observadores? Hasta hace unos 70 años cualquier físico hubiera contestado que no: la realidad existe independientemente de que se la observe o no. Pero el surgimiento de la mecánica cuántica, en las primeras décadas de este siglo, puso en entredicho la validez de esta conclusión.

Muchos físicos llegaron a pensar que la mecánica cuántica era una descripción completa del comportamiento físico del mundo microscópico

No todos los físicos estaban de acuerdo, y entre los disidentes (pocos) se encontraban nada menos que Einstein, Erwin Schrödinger, Max Planck y Louis de Broglie. Einstein, Planck y compañía no dudaban de la precisión y el poder predictivo de la teoría cuántica, como se ha afirmado erróneamente.

Schrödinger se imaginó que metía un gato en una caja cerrada, dentro de la cual se encontraba una cantidad pequeña de algún elemento radiactivo que tenía una probabilidad igual a $\frac{1}{2}$ de producir una desintegración radiactiva en el lapso de una hora. En la caja hay también un contador Geiger capaz de detectar desintegraciones radiactivas. Si alguno de los átomos se desintegra, el contador Geiger activa un circuito que electrocuta al gato (se ve que en aquellos tiempos no estaba tan de moda defender los derechos de los animales, aunque Schrödinger sólo se imaginó el experimento, nunca lo llevó a cabo). En resumen, el dispositivo de Schrödinger conecta el comportamiento de los átomos, gobernado por las leyes de la mecánica cuántica, con el estado del gato, y así las leyes aplicables al mundo microscópico tendrán consecuencias macroscópicas evidentes. Los

resultados posibles del experimento son: 1) se ha producido una desintegración y el gato, por tanto, está muerto; 2) no se ha producido ninguna desintegración y el gato, felizmente, está vivo. Uno pensaría que los estados descritos en 1 y 2 son excluyentes: si se produce uno, no se produce el otro; el gato estará vivo o muerto, pero no ambas cosas. Pues bien, la mecánica cuántica describe el estado de este sistema durante el experimento como una superposición de todos los estados posibles, en este caso dos: gato vivo o gato muerto. Y ahora la paradoja. Si suponemos (con la mayoría de los físicos, hay que decirlo) que la mecánica cuántica es completa, que la descripción cuántica contiene toda la información posible acerca del sistema, entonces habrá que aceptar que, mientras la caja permanezca cerrada y no hayamos comprobado el estado del gato, el pobre animal se encontrará en un estado que es la superposición de los dos posibles, o sea, que está a la vez vivo y muerto. No vivo o muerto, sino vivo y muerto. Pero hay una alternativa: suponer que no tiene sentido preguntarse si el gato está vivo o muerto hasta no abrir la caja y comprobar el estado del felino. Esta posición (filosófica) disipa las brumas de la paradoja... pero también nos obliga a pensar --para ser consistentes-- que la realidad no tiene sentido si no se la observa. Es decir, que si nadie la vio, no tiene sentido afirmar que la hoja cayó (o que no cayó).

Resumiendo: si se considera completa a la mecánica cuántica, el experimento del gato de Schrödinger presenta una paradoja si adoptamos la posición de que la realidad no necesita público; sin embargo, si uno está dispuesto a abandonar el concepto usual de realidad y aceptar que un suceso no es real hasta que es un suceso observado, entonces no hay paradoja.

¿Qué pasa si pensamos que la mecánica cuántica no es un modelo completo del mundo microscópico?

EINSTEIN Y EL EFECTO FOTOELÉCTRICO

UN CASO DE SEUDO HISTORIA EN LOS TEXTOS DE FÍSICA

Diego de Jesús Alamino Ortega

Licenciado en Física en la Universidad de La Habana (Cuba)

Doctor en Ciencias Físicas

Profesor del Depto. De Física y Electrónica de la Universidad Pedagógica de Matanzas (Cuba)

Yenile Aguilar Rodríguez

Licenciada en Educación, carrera de Física y Astronomía, Universidad de Matanzas (Cuba)

Prof. del Depto. De Física y Electrónica, Universidad de Matanzas

(La Universidad Pedagógica de Matanzas "Juan Marinello" se encuentra en Carretera de Cidra Km 2.5, Matanzas, Cuba)

La exposición de los contenidos en algunos textos de Física no refleja estrictamente el decursar histórico de los hechos y actuaciones que se relacionan con ellos. A través de un caso particular: el efecto fotoeléctrico, los autores sustentan la afirmación anterior, mediante el análisis de lo expuesto en número apreciable de libros de texto y la repercusión de estos en la preparación de los docentes de Física, lo cual ha sido comprobado mediante encuesta.

Cuando se trata de enseñar ciencias puede aparecer la interrogante: ¿cómo deben abordarse en su enseñanza los aspectos históricos que están relacionados con ella?. La respuesta definitiva a esta interrogante está aún por responderse.

A favor de la contribución de la historia de la ciencia a la enseñanza de la ciencia se pueden exponer muchos argumentos, como pueden ser: que motiva, que humaniza los contenidos objeto de estudio, promueve la mejor comprensión de los conceptos científicos al mostrar su evolución y perfeccionamiento, tienen un gran valor intrínseco en la comprensión de ciertos episodios claves en la historia de la ciencia, demuestra que la ciencia es mutable, cambiante y que consecuentemente la actual comprensión científica está sujeta a ser transformada, permite una muy rica com-

prensión del método científico y muestra los patrones de cambio en la metodología aceptada (Matthews, 1992). Se puede agregar además que es vital en la formación integral de un ciudadano culto en nuestros días (Navarro, 1997) y que puede contribuir a la formación de valores morales en los educandos (Aguilar y Alamino, 1998). Para Guillermo Boido (1997), la historia de la ciencia en la educación no es un ingrediente para edulcorarla sino que es un componente.

No obstante lo anteriormente expuesto, no todas las opiniones favorecen el empleo de la historia de la ciencia en la enseñanza, citemos por ejemplo a Martin Klein, considerado uno de los más prestigiosos historiadores de la Física pre-cuántica quien ha expresado que: "... al tratar de enseñar Física por medio de la historia, o al menos con la ayuda de su historia corremos el riesgo real de cometer una injusticia con la Física o con su historia, si no con ambas a la vez" (Barraca y Navarro, 1997).

Hay quienes han sustentado, fundamentalmente inspirados en la obra de otro gran historiador de la ciencia, Thomas Khun (*The Structure of Scientific Revolutions*), que la exposición de la historia de la ciencia debilita las convicciones científicas requeridas para una exitosa consumación del aprendi-

zaje científico (Matthews, 1992). Navarro Veguillas (1991), advierte que puesto que la selección y uso del material histórico está fuertemente condicionado por los fines que se persiguen, se corre el riesgo de que cada cual acabe por construirse su propia historia, lo que es esencialmente antihistórico.

Whitaker (1979) es de los que afirma que muchos autores han adaptado la historia de la Física atendiendo a determinados fines, enmascarándose la verdadera historia y prestándose esta como genuina, lo cual este autor ha dado en llamar cuasi-historia de la Física. Por otro lado se presentan, en los textos historias simplificadas y errores de omisión, lo que en la opinión de Klein (1972) resultan pseudo-historias.

Los autores del trabajo, son de la opinión que, cuando se enseña Física, no puede ignorarse el tratamiento histórico de las leyes, hechos y fenómenos dentro del contexto de la asignatura durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, aunque concuerdan con que el enfoque histórico presente en algunos textos de Física es contraproducente para la enseñanza de la asignatura, tal es el caso que nos ocupa.

La historia de los textos y la verdadera historia

Motivados por una declaración de Whitaker, citada por Matthews (1992) y a partir de algunas precisiones sobre el efecto fotoeléctrico, hechas por Navarro (1991) en las que se expresan que existen interpretaciones incorrectas en cuanto a la precedencia y relación entre los experimentos sobre el efecto fotoeléctrico y la teoría de Einstein, los autores se propusieron revisar la forma en que se exponen estos contenidos en diferentes libros de textos.

Los textos revisados son los siguientes:

1. Alonso, M. Y Finn, E. Fundamentos Cuánticos y Estadísticos, edición revisada y aumentada, Ed. Fondo Educati-

vo Interamericano S. A., México D. F., 1976.

2. Beiser, A. Concepts of Modern Physics, tercera edición, Internacional Student Edition, Japan 1981.
3. Benavides, L., Augier, A. Y Patiño, A. Física Moderna: Teoría y Problemas, Tomo I, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1986.
4. Candel, A. Y otros, Física, Ed. Anaya, Madrid 1988.
5. Franke, H. Diccionario de Física, Ed. Labor S. A., Barcelona, 1977
6. Frish, S. y Timoreva, A. Curso de Física General, Tomo III, Ed. Mir, Moscú, 1973.
7. Grabovski, R. I., Curso de Física, Ed. Revolucionaria, La Habana, 1974.
8. Halliday, D., Resnick, R. Y Walker, J., Fundamentals of Physics, V Edition, John Willey & Sons, New York, 1997.
9. Kapitsa, P. Experimento, Teoría y Práctica, Ed. Mir, Moscú, 1985.
10. Landsberg, G. S., Óptica, segundo tomo, Ed. Mir, Moscú, 1984.
11. Miákišev, G. Ya. Y Bujovtsev, B. B., Oscilaciones y Ondas, Óptica y Física Nuclear, Física 4, Ed. Mir, Moscú, 1984.
12. Saveliev, I. V., Curso de Física General, tomo III, Ed. Mir, Moscú, 1984.
13. Yavorski, B. M. y Detlaf, Prontuario de Física, Ed. Mir, Moscú, 1980.
14. Yavorski, B. M. y Pinski, A. A., Fundamentos de Física, tomo III, Ed. Mir, Moscú, 1983.
15. Young, H. D. Fundamentals of Waves, Optics, and Modern Physics, Second Edition, McGraw-Hill Kogakusha, LTD., Tokyo, 1976.
16. PSSC, segunda edición, Ed. Revolucionaria, La Habana, 1966.

La mayoría de estos textos son usados en el sistema educacional cubano, fundamentalmente en la enseñanza superior y también se emplean en otros países, por lo que pueden muy bien servir de ilustración para un amplio espectro de lectores.

Para los efectos de este trabajo no estableceremos una comparación punto a punto de los diferentes textos, expondremos solamente el relato de la generalidad que los mismos nos revelan, aunque en el anexo 1 se puede encontrar una exposición resumida del contenido de dichos textos relativos al efecto fotoeléctrico.

La mayoría de estos libros coinciden en decir que el efecto fotoeléctrico fue descubierto por Heinrich Hertz en 1887, cuando al iluminar con luz ultravioleta el electrodo negativo de un descargador de chispas observó que la descarga se producía en estas condiciones con mayor facilidad. Muchos autores mencionan a W. Hallwachs (físico inglés) como uno de los investigadores experimentales del efecto fotoeléctrico, quien aclaró, que lo observado por Hertz es el resultado del desprendimiento de cargas de los electrodos, bajo el efecto de la luz.

Principalmente los libros que proceden de la desaparecida URSS, otorgan un papel preeminente en los experimentos a, un profesor de la Universidad de Moscú, A. G. Stoliétov (1950), quien reportó regularidades experimentales (leyes empíricas) observadas al trabajar con débiles potenciales, aproximadamente entre 1888-1890. La literatura occidental omite completamente cualquier referencia a este científico. De igual modo no se menciona en estos textos a otro destacado físico ruso, A. F. Ioffe, quien realizó experimentos muy originales relacionados con el efecto fotoeléctrico, lo que si es reconocido por Compton (1928) en la Conferencia Solvay.

Después que la mayoría de los textos se refieren a Hertz como descubridor del efecto fotoeléctrico y a las investigaciones experimentales de Hallwachs o Stoliétov, se menciona que Lenard y J. J. Thomson en 1898 determinaron que las cargas negativas liberadas por la luz, son electrones.

Ante la imposibilidad de explicar los resultados experimentales desde el punto de vista de la teoría electromagnética clásica, se introduce a Einstein como quien da en 1905, la explicación teórica definitiva del efecto fotoeléctrico a través de su conocida fórmula. Son algunos autores que hacen mención a la comprobación de esta fórmula por Millikan en 1916 y los exsoviéticos mencionan a P. I. Lukirski y S. S. Prilezháev que en 1928 también hacen igual comprobación; hasta aquí el relato más generalizado que se da en los libros de texto.

Esta exposición, aunque parece responder a una cierta lógica (ideología científica), en que la teoría surge como una necesidad para explicar determinados hechos experimentales y desde el punto de vista didáctico (a elección del maestro) puede resultar conveniente, no se ajusta a la verdad histórica.

En primer lugar en 1905 no quedó todo decidido en el trabajo de Einstein: "Sobre un punto de vista heurístico referente a la emisión y transformación de la luz", como usualmente se relata. Comencemos argumentando por el poco carácter conclusivo del título cuando expresa ... punto de vista heurístico ..., esto literalmente es ayuda práctica en la solución de un problema sin estar plenamente justificada su utilización, es solamente una propuesta. Realmente Einstein venía desde 1902 trabajando en la aplicación de la mecánica estadística al estudio de los gases, obteniendo resultados concordantes con la Termodinámica, al hacer extensivo el método estadístico al estudio de la radiación del cuerpo negro, es que llega a la conclusión de la posibilidad de que en un campo electromagnético la energía se concentre en un pequeño volumen. A grandes rasgos, la probabilidad de encontrar todas las N moléculas de un gas ideal que ocupan un volumen V_0 , concentradas en un pequeño volumen V , es:

$$\omega = (V/V_0)^N$$

Y Einstein analizando las propiedades del campo electromagnético de radiación de frecuencia ν , encerrado en un volumen V_0 con paredes completamente negras demostró, que es posible un estado tal del campo electromagnético en que toda su energía ϵ , se concentre en un pequeño volumen V ; esta probabilidad se expresa:

$$\omega = (V/V_0)^{\epsilon/h\nu}$$

Comparando estas dos expresiones, se infiere que el papel del número de partículas lo desempeña la relación $\epsilon/h\nu$. Esto significa que la radiación puede estar concentrada en porciones aisladas con energía $h\nu$ cada una.

Otro argumento que habla a favor de que en 1905 no quedó todo resuelto, son las siguientes palabras de elogio a Einstein que hicieron Planck, Nernst, Rubens y Warbug al proponerlo como miembro de la Academia Prusiana en 1913:

"En suma, puede decirse que de los grandes problemas en que es tan rica la física moderna, difícilmente exista uno al que Einstein no haya hecho una contribución notable. Que alguna vez errara el blanco en sus especulaciones, como por ejemplo en sus ideas sobre los quanta de luz, no puede esgrimirse realmente demasiado en contra suya ..." (Navarro, 1991).⁽¹⁾

CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo los autores no han pretendido agotar el tema, sino más bien llamar la atención de los docentes de Física exponiendo un caso de pseudo-historia, cuasi historia o de imprecisión histórica, de los cuales pueden encontrarse en los textos de Física.

Como resultado del trabajo ha quedado brevemente expuesto el correcto enfoque histórico que debe dársele al efecto fotoeléctrico, así como el análisis que desde un punto de vista histórico, en un número apreciable de textos de uso muy difundido se da.

Se ha comprobado que aunque los docentes encuestados conocen conceptualmente el efecto fotoeléctrico, el conocimiento que poseen acerca del tratamiento histórico de este fenómeno, no concuerda en gran medida con los hechos reales, lo cual es el reflejo del enfoque de los textos por los que se han preparado.

Como otra arista del análisis realizado en los libros de textos, concluimos que existe desconocimiento de la labor de los científicos rusos al no ser mencionados en la literatura occidental.

(1) **Nota de Redacción.** Sigue en este trabajo una encuesta que apunta a resolver el interrogante "¿Cómo se refleja en los docentes la historia de los textos?"; la misma ha sido omitida por creer que no es trasladable a nuestras realidades, aunque se reconoce en el texto anterior un aporte importante (creemos) a tener en cuenta por nuestros docentes. Se reproduce a continuación, las conclusiones que los autores expresan sobre ella, advirtiendo sin embargo que la muestra es a nuestro juicio muy local y pequeña, así como muy heterogénea; dejando a criterio de nuestros lectores una reflexión acerca de las mismas y de su posible aplicación en nuestro medio.

TRÁNSITO DE MERCURIO

DEL 15 DE NOVIEMBRE DE 1999

Prof. Yvho R. Acuña.

Docente del Observatorio Astronómico de Montevideo sito en el edificio del IAVA, también es docente del IPA en la asignatura Taller de Cartografía y Sensores Remotos en la opción Geografía, es miembro de número del Instituto Histórico y Geográfico del Uruguay.

e-mail: yacuna@netgate.com.uy - Teléfono 4873344

Los tránsitos o pasos de los planetas interiores Mercurio y Venus delante del Sol se producen esporádicamente, para que este fenómeno astronómico tenga lugar deben alinearse en el espacio la Tierra, el Sol y Mercurio o Venus. En el caso que nos ocupa, como el plano de la órbita de Mercurio forma un ángulo de 7° con el plano de la eclíptica (plano de la órbita de la Tierra), dicha alineación se verifica sólo en las siguientes circunstancias, a saber:

- 1º Mercurio debe encontrarse en la conjunción inferior.
- 2º Debe asimismo encontrarse en la línea de los nodos (línea de intersección del plano de la eclíptica con el plano de la órbita de Mercurio) o en su vecindad.

Considerando que Mercurio pasa por el nodo ascendente el siete de mayo y por el descendente el 9 de noviembre, los tránsitos sólo pueden ocurrir en el entorno de esas fechas; en el tránsito de mayo el planeta estará próximo a su afelio y los límites de su período eclíptico serán de $2^\circ 40'$ a ambos lados del nodo; en el tránsito de noviembre, por encontrarse cerca del perihelio (más próximo al Sol) el límite alcanza casi el doble $4^\circ 45'$, dada la excentricidad de su órbita.

Los intervalos para los pasos de noviembre pueden ser de siete años, aunque generalmente son de trece; para los de mayo el de siete es imposible, el de trece es poco probable y el de 46 años (casi idéntico a 145 revoluciones sinódicas) es casi seguro. Este fenómeno ocurre en término medio trece veces por siglo.

El próximo paso será semejante al ocurrido el 14 de noviembre de 1953 hace 46 años, con motivo del cual se realizó una publicación por parte del Instituto Histórico y Geográfico del Uruguay denominada **El Primer Observatorio de Montevideo** de la que fueron autores el Profesor Carlos A. Etchecopar y el arquitecto Carlos Pérez Montero, trabajo éste que hacía referencia a su vez, al pasaje de Mercurio el 5 de noviembre de 1789 observado por los integrantes de la expedición científica y política del almirante Malaspina.

Esta publicación con prólogo de Ariosto D. González, en la cual sus autores recopilaron la observación realizada en el Montevideo colonial consta de dos partes bien diferenciadas, la primera se refiere al fenómeno astronómico y hace una pormenorizada y documentada descripción del instrumental y los métodos utilizados con facsímiles de los registros y las anotaciones de los observadores, la segunda se aplicó a determinar la ubicación exacta del observatorio para lo cual recurre a numerosos archivos y planos de la época.

Pero lo más destacable y trascendente de esa observación fue que de ella el astrónomo Urbano Leverrier, descubridor por cál-

culo de Neptuno, encontró una anomalía secular de 43" (cuarenta y tres segundos de arco) en el perihelio de Mercurio, inexplicable en el marco de la mecánica clásica de Newton, permaneciendo en consecuencia de tal suerte hasta su satisfactoria demostración en la mecánica relativista de A. Eistein.

A fin de justificar la inexplicable anomalía se pensó en la existencia de un planeta intramercurial al que se le denominó Vulcano, este aparece mencionado en textos de la época como el "**Curso de Cosmografía**"⁽¹⁾ de N. Piaggio, que muy prudentemente dice "*Vulcano. - Este planeta es de dudosa existencia. Leverrier lo sospechó a mediados del siglo pasado. El doctor Lescarbault creyó haberlo visto en 1859, pero su observación fue negada por Liais. Posteriormente también se ha creído haberlo visto, pero la generalidad de los astrónomos duda mucho de las nuevas observaciones. Por tales razones se le ha llamado alguna vez el planeta novela*".

Relatividad y gravitación.⁽²⁾ - Uno de los campos en que el empleo de las naves espaciales puede contribuir al conocimiento del universo, es en los experimentos destinados a comprobar la teoría de la relatividad. En 1915 el matemático y físico Albert Einstein, alemán de origen, propuso "**La teoría General de la Relatividad**", de la cual era un caso particular su primera teoría, expuesta en 1905. Fundamentalmente, se trata de una teoría de la gravitación, que sustituye a la teoría clásica de Newton. En la gran mayoría de los casos, ambas conducen prácticamente a los mismos resultados, pero existen algunos en que la teoría

clásica no puede explicar ciertos fenómenos observados. Un ejemplo concreto es la discrepancia, conocida desde tanto tiempo atrás, entre el valor observado del avance del perihelio de Mercurio y el calculado por la teoría de Newton, discrepancia de 43" por siglo. Ciertamente esta cantidad es muy pequeña, pero no hay duda alguna sobre su realidad, por lo que es necesario explicarla.

En términos muy simplificados, la teoría de la gravitación basada en la relatividad implica dos conceptos fundamentales. El primero es el principio de equivalencia que sostiene que los efectos observables de la inercia, es decir, de la propiedad de la materia de resistirse a todo cambio en su movimiento, no pueden diferenciarse de los efectos debidos a la gravedad. Einstein ilustró esta equivalencia con el siguiente ejemplo: un ascensor cae libremente en el espacio, y se supone que un individuo dentro del mismo deja caer un objeto que lleva en la mano: puesto que el ascensor y este objeto con la misma velocidad, el objeto no llega al suelo del ascensor, sino que queda como suspendido en el aire. Si el ascensor está completamente cerrado, y el pasajero está ajeno a lo que pasa en el exterior, tendrá la impresión de que no hay fuerza alguna de gravitación actuando sobre el objeto. Supongamos ahora que se aplicara al ascensor una fuerza constante dirigida hacia arriba, por ejemplo, por medio de un cohete: el objeto que estaba suspendido en el aire caerá sobre el piso del ascensor como si fuera atraído por la gravedad. Pero este efecto es debido realmente a la inercia del objeto y no a la gravedad.

El segundo concepto se basa en la hipótesis de que todos los cuerpos se hallan situados en un medio espacio - tiempo (o continuo), que posee cuatro dimensiones, tres que son las del espacio geométrico convencional, y una cuarta que es el tiempo. Por efecto de su inercia, un cuerpo re-

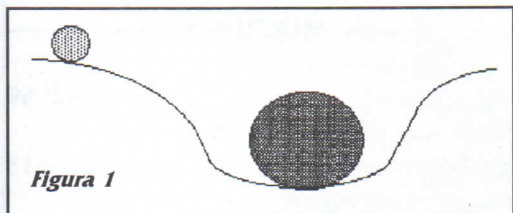
(1) **Curso de Cosmografía**, Nicolás N. Piaggio. 2ª edición, reducida y mejorada. Montevideo, Imprenta Artística Dornaleche y Reyes, calle del 18 de Julio, Núms. 77 y 78, 1904, Pág. 149

(2) **Iniciación a las Ciencias del Espacio**, S. Glasstone, Ed. Aguilar, Madrid, 1969, pág. 821 y 822.

correrá, en el continuo de cuatro dimensiones, una **línea geodésica**, que es la línea más corta que puede trazarse en un espacio tridimensional⁽³⁾. La presencia de una masa cualquiera produce una distorsión o curvatura del espacio - tiempo y, por consiguiente, de las líneas geodésicas próximas.

Consideremos dos masas, y supongamos para mayor sencillez, que una de ellas está fija y la otra puede moverse libremente. La curvatura del espacio - tiempo debida a la primera masa, hará que la otra se mueva hacia ella siguiendo una línea geodésica en la dirección de dicha masa. Por tanto, para un observador parecerá que la masa fija atrae a la móvil por efecto de la fuerza de la gravedad.

Pero lo que la masa móvil hace está determinado por su inercia y por la curvatura del espacio - tiempo, no por la atracción gravitatoria debida a la masa fija. Un ejem-



plo físico se tiene en una lámina de caucho atirantada en un marco con un cuerpo situado en el centro de la misma; la masa perturba la forma y el estado de la lámina, lo que puede considerarse como una imagen de la curvatura del espacio - tiempo producida por un cuerpo (fig. 1). Si se coloca otra masa cerca de la central, se moverá esta última, no por efecto de la atracción, sino por distorsión del medio en que está obligada a moverse.

La teoría general de la relatividad afirma que, en el movimiento de un planeta alrededor del Sol, debe de haber una rotación gradual de la línea de los ápsides además de las debidas a consideraciones gravitatorias clásicas. En cada revolución del planeta, la línea de los ápsides ha de moverse un ángulo Ψ dado por la siguiente fórmula:

$$\Psi = 6\pi v^2 / (1 - e^2) c^2 \text{ radianes}$$

Donde v es la velocidad del planeta en su órbita, e es la excentricidad de ésta órbita y c es la velocidad de la luz. Aplicada esta ecuación al planeta Mercurio da como resultado que el perihelio de su órbita debe avanzar un ángulo de 43,03" en 100 años, lo que está totalmente conforme con la observación.

TRÁNSITO DE MERCURIO DEL 15 DE NOVIEMBRE DE 1999⁽⁴⁾

El tránsito completo será visible en el extremo de NE. de Asia, NE de Australia, N. De Nueva Zelandia, Norteamérica excepto el extremo NE. y W. de Sudamérica. Será parcial (sólo contactos exteriores) en el resto de Australia, S. De nueva Zelandia y Antártida.

Los instantes de Tiempo Universal (UT), que se presentan a continuación, se han calculado considerando

$$\Delta T = +65^s$$

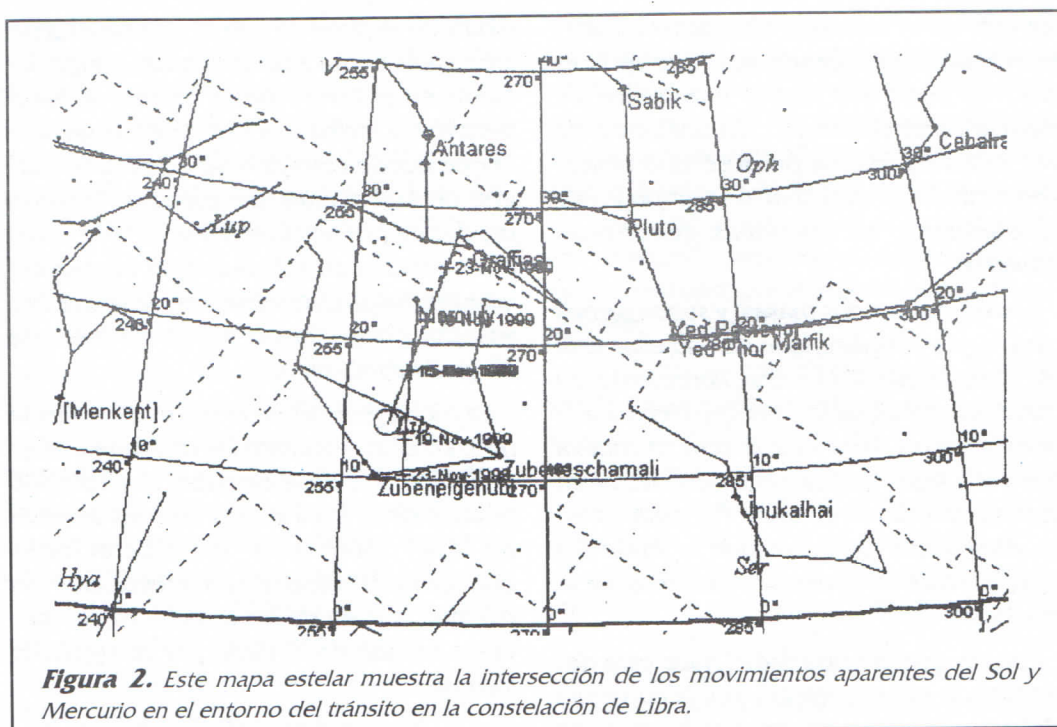
Hora de Tiempo Universal (UT) de la conjunción geocéntrica en ascensión recta:

$$\dots\dots\dots 22^h 49^m 7^s.425$$

Para esta hora se tiene, para el Sol y para Mercurio:

(3) **Acotamos.** En la Geometría Euclídea, la línea recta; en las otras, el espacio curvo relativista, la geodésica.

(4) Datos obtenidos de las "**Efemérides Astronómicas 1999**". Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando de Cádiz, Octubre de 1998, Vo. CCVIII.



SOL

Ascensión Recta	15 ^h 22 ^m 55 ^s .225
Declinación	- 18° 33' 9" 59
Movimiento Horario en ascensión recta	10 ^s .284
Movimiento Horario en declinación	0' 38".05
Paralaje horizontal ecuatorial	8".89
Semidiámetro verdadero	16' 10".26

MERCURIO

Declinación	18° 15' 44".59
Movimiento horario en ascensión recta	-12 ^s .813
Movimiento horario en declinación	1' 40".47
Paralaje horizontal ecuatorial	12".99
Semidiámetro verdadero	4".97

FASES GEOCÉNTRICAS

Mercurio en el cenit

	UT	P	Longitud	Latitud
Primer contacto exterior	21 ^h 14 ^m 59.1 ^s	32° 0	142° 26'.6 W	18° 18'.4 S
Primer contacto interior	21 ^h 29 ^m 42. 1 ^s	26° 8	164° 08'.7 W	18° 18'.0 S
Mínima distancia de los centros	21 ^h 40 ^m 52.3 ^s		148° 57'.4 W	18° 17'.6 S
Segundo contacto interior	21 ^h 52 ^m 3.1 ^s	18° 9	151° 46'.1 W	18° 16'.9 S

Mínima distancia angular de los centros: 16' 3".0

El ángulo de posición P del punto de contacto se mide sobre el limbo del Sol desde el norte hacia el este.

CORRECCIÓN POR PARALAJE PARA MONTEVIDEO

Para ello se han considerado los siguientes datos

Latitud de Montevideo (Observatorio Astronómico): $\varphi = 34^{\circ}52'20'' \text{ S}$

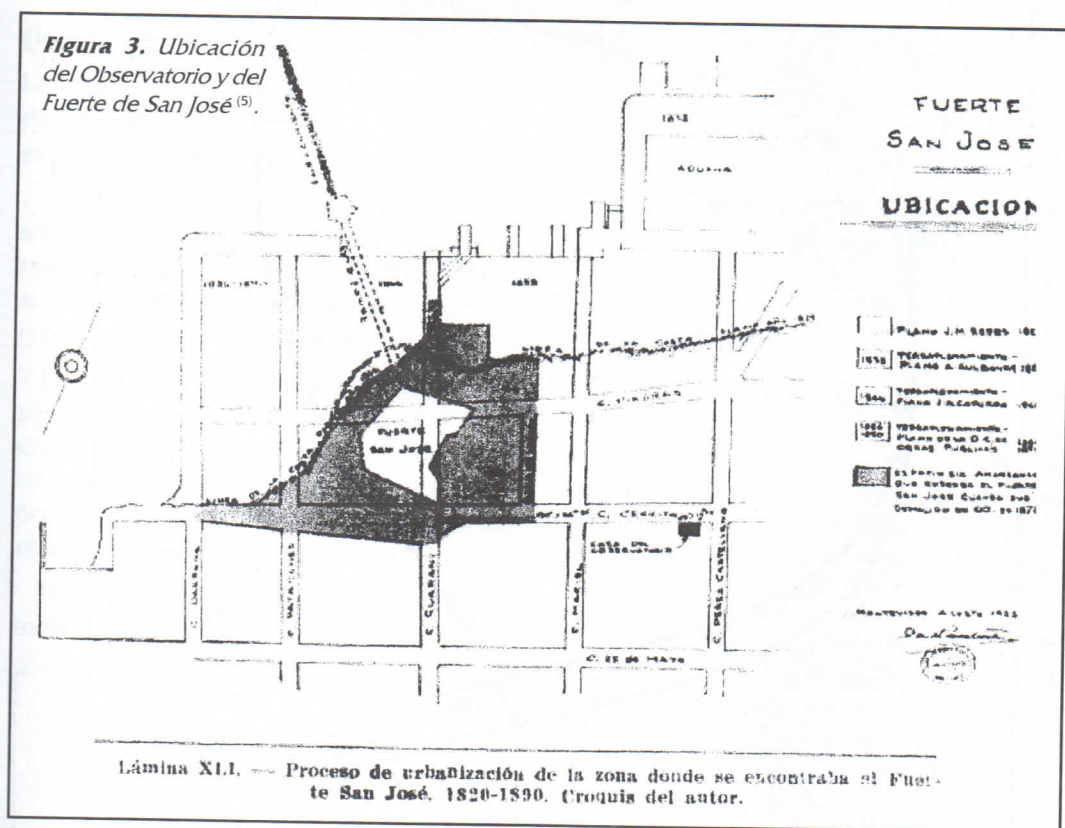
Distancia de Mercurio a la Tierra (u. a. = $1.496 \cdot 10^8 \text{ km}$): $d = 0.6769538$ u. a.

Con estos elementos se ha calculado una corrección para Montevideo que no sufre variaciones sensibles para el resto del país.

Ángulo de corrección por paralaje:

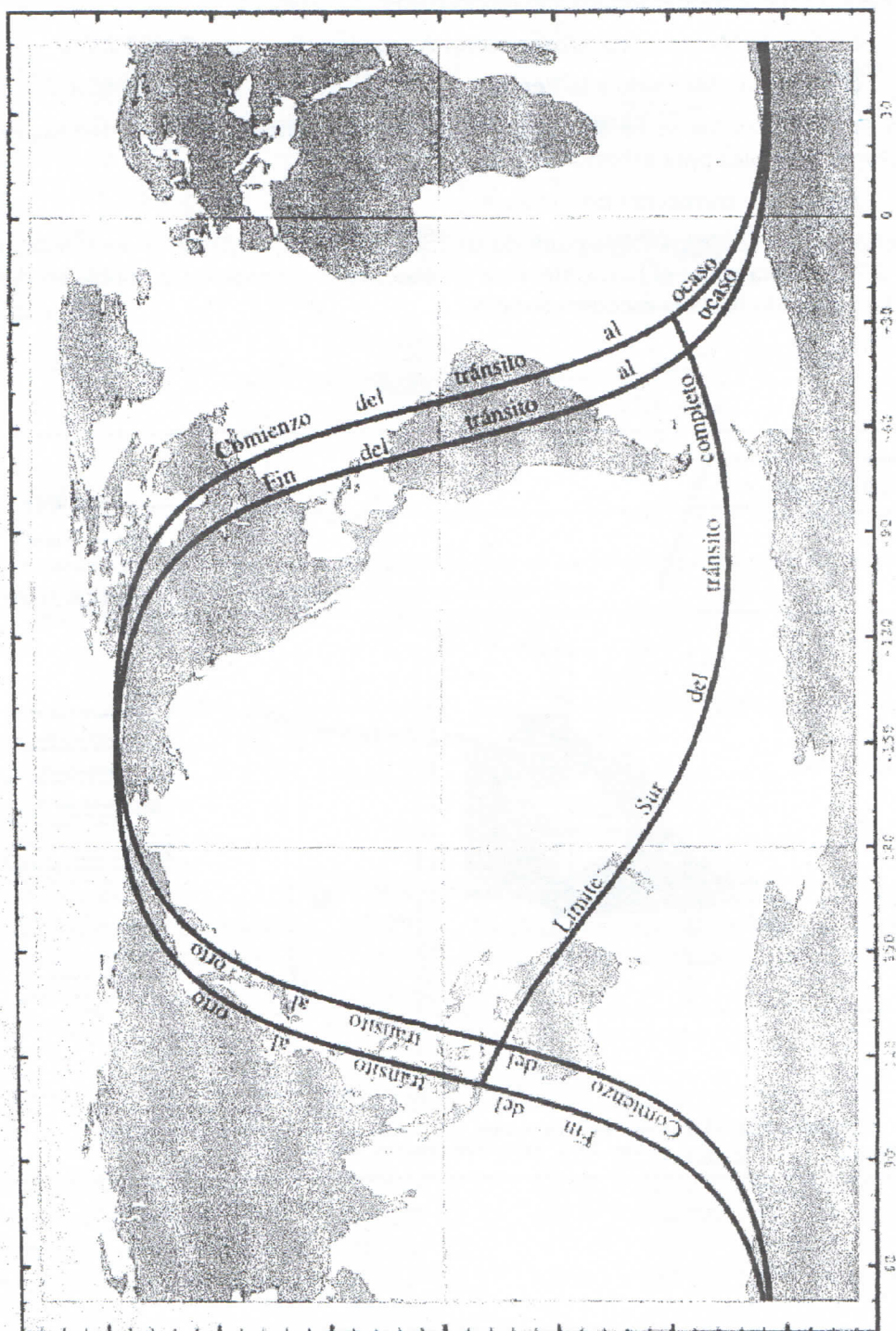
$$\pi = 3''\ 65$$

El fenómeno será observable a partir de las 18h 14m 59.1s, a $13^{\circ} 12'$ al sur del oeste y a $13^{\circ} 23'$ de altura sobre el horizonte. Para un observador ubicado en la rambla en Punta Carretas, mirando hacia la escollera Sarandí.



(5) **"El primer Observatorio de Montevideo"**. Obra citada.

Figura 4. Mapa Estelar del Tránsito de Mercurio⁽⁶⁾.



(6) Datos obtenidos de las "Efemérides Astronómicas 1999". Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando de Cádiz, Octubre de 1998, Vo. CCVIII.

EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Prof. Mario Guerra

Consultor de UNESCO

El planteamiento habitual de los campos asociados a las cargas eléctricas, originado en la Teoría Electromagnética, los presenta como efectos independientes. Sin embargo, un examen más profundo, basado en consideraciones relativistas, revela una vinculación entre ellos, que amplía nuestra comprensión.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la transformación de Galileo a los campos eléctrico y magnético

La Mecánica de Newton, es un modelo sobre el movimiento universal para los referenciales inerciales y velocidades bajas, si consideramos a estas en forma comparativa con la velocidad de la luz.

La base de la transformación espacio-temporal, que apoya el modelo, está descrita en las ecuaciones que derivan del supuesto carácter absoluto del espacio y el tiempo, conocidas como «grupo de transformación galileano».

Estas relaciones son como sabemos, las indicadas en la figura 1.

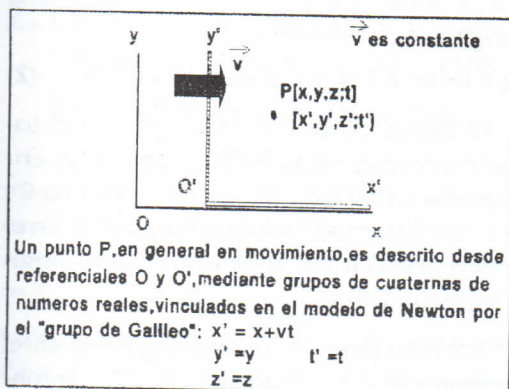


Figura 1

En estas relaciones, se ha supuesto, que cuando O y O' coinciden, los relojes de los dos referenciales ubicados en reposo en esos puntos se han sincronizado, de manera que los dos señalan «0».

Entre las consecuencias más importantes del supuesto realizado sobre la naturaleza absoluta del espacio y el tiempo, así como del concepto newtoniano sobre la invarianza de la masa, se concluye con la invarianza de la fuerza.

En otros términos: la fuerza en el modelo newtoniano tiene carácter OBJETIVO, es decir NO depende del referencial inercial en el cual se le mida.

1. LAS TRANSFORMACIONES GALILEANAS DE LOS CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO

Cuando las velocidades de los referenciales, son pequeñas o cuando el punto material P , se mueve a velocidad pequeña, estos supuestos «funcionan adecuadamente» y con gran precisión. Las cosas son diferentes, cuando salimos del cuadro estrictamente mecánico.

Una de las leyes fundamentales del electromagnetismo es la llamada «ley de Lorentz», que describe cuantitativamente la fuerza magnética que aplica un campo de esta clase a una carga en movimiento:

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} * \mathbf{B}$$

donde el símbolo (*), describe la operación «producto vectorial» y « B » es el valor local del campo magnético existente en el punto por el cual pasa la carga « q » con velocidad « v ».

Supongamos una carga « q », ubicada en REPOSO en el referencial « O' », en un pun-

to donde existe una pareja de campos E' y B' , respectivamente. Imaginemos que el referencial «O'», se mueve respecto al referencial «O», con velocidad constante «v». Entonces, respecto a este referencial, la carga «q», se halla en movimiento con velocidad «v», y para el observador «O», en el punto donde se encuentra instantáneamente ubicada la carga los campos serán, respectivamente: E y B .

Para el observador O' , sobre la carga «q», existe UNA sola fuerza y es de naturaleza eléctrica, cuyo valor es: $q \cdot E'$. Para este observador, en ese instante, la fuerza magnética NO opera, ya que la carga se encuentra instantáneamente en reposo.

Para el observador «O», las cosas son diferentes: la fuerza TOTAL sobre «q» es la adición de una fuerza eléctrica « $q \cdot E$ » y una fuerza magnética « $q \cdot v \cdot B$ », de manera que escribirá:

$$q \cdot E + q \cdot v \cdot B$$

En todo esto, hemos admitido la validez de un Principio fundamental, no desmentido por experimento alguno: la carga es INVARIANTE para cualquier referencial inercial (es decir: si elegimos el sistema de unidades, el número que mide a «q» es el mismo en los dos referenciales, independientemente del estado de reposo o movimiento de la carga). Este Principio, nos autoriza a designar como «q» a la carga en los dos referenciales.

Apelamos ahora al «principio de objetividad de la fuerza» de Newton. En este caso, las fuerzas descritas por ambos observadores, son la misma, de manera que podemos escribir:

$$q \cdot E' = q \cdot E + q \cdot v \cdot B$$

de donde deducimos la relación entre el campo eléctrico en «O'» y la pareja de campos del referencial «O»:

$$E' = E + v \cdot B \quad (1)$$

Esta igualdad, nos hace «sospechar» que lo que llamamos «campo magnético» en el

referencial «O», es un «efecto eléctrico» originado en el cambio de estado dinámico de la carga «q», al cambiar de referencial. Pero esto NO es más que una SOSPECHA. El análisis tradicional de esta situación, nos enseña que los campos eléctricos «son una cosa» y los campos magnéticos «son otra cosa». Y se elaboran para los dos campos teorías independientes, con leyes específicas, aunque “sorprendentemente”, aparecen leyes como Ampère y Faraday, que los relacionan. Cuando las cargas se encuentran en reposo, y las corrientes son estacionarias e independientes del tiempo, los campos eléctrico y magnético, son efectivamente independientes; y se presentan en leyes excluyentes. Aparece entre ellos una relación cuando las cargas están en movimiento o las corrientes son dependientes del tiempo, a través de las leyes de Ampère y Faraday.

Sigamos un poco más con un planteo «clásico», basado en la relatividad newtoniana. ¿Cuál es la relación correspondiente a la ecuación (1), para el campo magnético?

Imaginemos una carga «q», positiva, que se mueve en el referencial «O'», con velocidad «u». Llamemos « B' » al campo magnético en este referencial móvil. La velocidad de la carga en el referencial «O», será de acuerdo con la ley de adición de velocidades: $(v+u)$.

En consecuencia: la fuerza total sobre la carga en el referencial «O», será la suma originada por los campos:

$$E + (v+u) \cdot B = [E + v \cdot B] + u \cdot B = E' + u \cdot B \quad (2)$$

La última suma, representa el campo total en el referencial MOVIL, ya que se encuentra en función del campo eléctrico E' . En consecuencia: la fuerza magnética en el referencial MOVIL será el sumando originado en $(u \cdot B)$.

Por otro lado, la fuerza magnética en el referencial «O'» debe ser: $q \cdot u \cdot B'$. Entonces, la relatividad galileana prevé que el

campo magnético en LOS DOS REFERENCIALES sea el mismo: $B=B'$

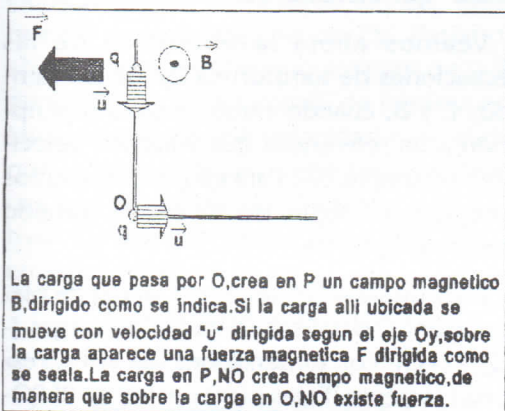


Figura 2

Resumiendo entonces: si la transformación de Galileo es correcta, una pareja de campos (E,B) de un referencial «O», se transforma en una pareja de campos (E',B') en el referencial «O'», de acuerdo con las leyes:

$$E' = E + v \times B; B' = B$$

Llamemos (E_x, B_x) , (E_y, B_y) , (E_z, B_z) a las componentes de cada campo. De acuerdo con esto, las ecuaciones de la transformación galileana, de los campos serán entonces:

$$\begin{aligned} E'_x &= E_x; & E'_y &= E_y - v \cdot B_z; & E'_z &= E_z + v \cdot B_y \\ B'_x &= B_x; & B'_y &= B_y; & B'_z &= B_z \end{aligned} \quad (3)$$

2. CONSECUENCIAS DE LAS RELACIONES ANTERIORES: DOS CONTRADICCIONES

Estas relaciones nos dicen que el campo magnético se mantiene independiente del campo eléctrico al transformarse de un referencial al otro, pero NO al revés. Existe así una asimetría.

Pero esto NO es todo. Consideremos dos cargas positivas, de valor «q», que se mueven con velocidades de módulo «u» en las

direcciones Ox y Oy, respectivamente, como indica la figura 2.

En estas condiciones, sobre la carga que se desplaza según el eje Ox, NO existe campo magnético originado en el movimiento de la otra carga y por ello NO experimenta fuerza magnética alguna. En cambio, la carga que se mueve según Ox, genera un campo B en el lugar donde pasa instantáneamente la carga que se mueve según el eje Oy. Sobre esta carga, existe entonces una fuerza magnética F. En consecuencia, se viola el Principio de Interacción, cuando se le aplica a fuerzas magnéticas y el modelo newtoniano, encierra entonces contradicciones internas, cuando se le amplía en algunas situaciones particulares.

Supongamos ahora un plano muy extenso, que coincide con el plano Oxz y que se mueve con velocidad «v» según el eje Oy, dotado de una densidad superficial de carga «d».

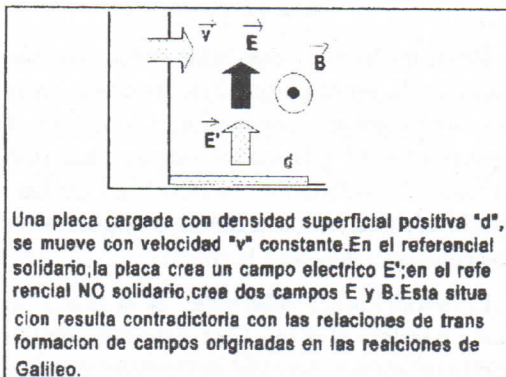


Figura 3

Clásicamente, las distancias entre puntos y las áreas son de carácter invariante en cualquier referencial inercial. De manera que la densidad de carga superficial en los dos referenciales será la misma. En el referencial que viaja a velocidad «v», la placa se halla en reposo, de manera que un observador en ese sistema, solamente medirá campo eléctrico E'. Para el observador en el referencial NO solidario, la situación es di-

ferente: existen dos campos, uno eléctrico E y otro magnético B , transversal y dirigido según el eje Oz . Es claro que esta situación es violatoria de las relaciones de transformación, encontradas en (3).

Estos ejemplos nos dicen que la relatividad newtoniana, NO es suficiente para describir correctamente lo que ocurre con los campos eléctricos y magnéticos, cuando cambiamos de referencial. Es necesario entonces, encontrar las ecuaciones de transformación por otro camino y sustituir el grupo (3) por otro conjunto de relaciones.

LA VERSIÓN RELATIVISTA EINSTENIANA

Partimos de la transformación de Lorentz:

$$\begin{aligned}x' &= A.(x-vt); \\y' &= y; \\z' &= z; \\t' &= A.(t-v.x/c^2); \\A &= 1/[1-(v/c)^2].\end{aligned}$$

De acuerdo, con estas relaciones, una placa ubicada en el plano Oyz , tendrá la misma área para el observador «O» y para el observador «O'». En consecuencia dado que la carga es invariante, la densidad de carga de la placa medida desde cualquiera de los referenciales será la misma.

La situación es diferente, si la placa se halla paralela al plano Oxz . En este caso, la longitud en la dirección del movimiento se juzgará desde el referencial NO solidario, como «más corta». En cambio, en la dirección transversal al movimiento, las longitudes medirán lo mismo para los dos observadores. En consecuencia, el área de la placa en el referencial NO solidario es MENOR que en el referencial solidario. Por ello, la densidad superficial de carga, medida desde el referencial SOLIDARIO, ha de resultar MENOR que si se mide desde el referencial NO SOLIDARIO. La relación entre estas densidades de carga es: $D(\text{densidad en O}) = A.d(\text{densidad en O'})$.

Todo ocurre, como si la carga juzgada desde el referencial O, estuviera más «apiñada» que vista desde el referencial O'.

Veamos ahora la obtención de las ecuaciones de transformación de los campos E y B , cuando cambiamos la descripción a un referencial que viaja con velocidad constante «v». Para ello, consideremos la figura que sigue, donde hemos incluido cuatro diagramas.

En la figura 4 [1], tenemos un par de placas planas, paralelas, dotadas de cargas $[-Q]$ y $[+Q]$, con dimensiones «a» y «b», respectivamente. Estas placas están en REPOSO en el referencial $Oxyz$. En la figura 4 [2], estas placas están vistas desde un referencial $O'x'y'z'$, que se mueve respecto al primer referencial con velocidad «v», HACIA LA DERECHA. Desde este referencial, las placas se observan MOVIÉNDOSE A LA IZQUIERDA, CON VELOCIDAD «-v».

En la figura 4 [3], tenemos las mismas placas, que se mueven respecto al referencial $Oxyz$, con velocidad traslatoria «u». Estas placas son vistas desde el referencial $O'x'y'z'$, moviéndose a velocidad «w». El referencial $O'x'y'z'$, se mueve hacia la derecha con velocidad «v».

En la figura 4 [1], el campo eléctrico es el ÚNICO existente y mide: $E_y = kQ/ab$.

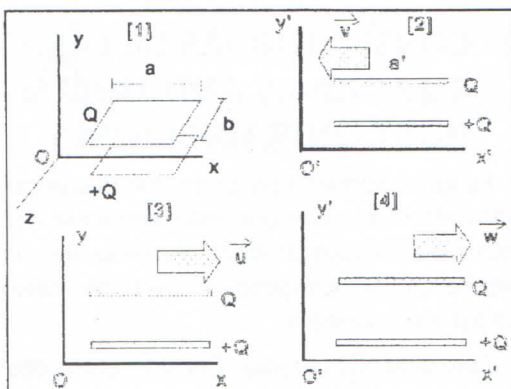


Figura 4

La componente, según Ox, es nula: $E_x = 0$. Todo lo que ocurre según la dirección Oy, ocurre en la dirección Oz, dado que Oy es indistinguible de Oz. Pasemos ahora al referencial en movimiento de la figura 4 [2]. Aquí, las cargas de la placa están moviéndose con velocidad «-v», dado que el referencial se mueve hacia la derecha con velocidad «v». Se tienen: $a = A \cdot a'$; $b = b'$. De manera que el campo ELECTRICO en este referencial es:

$$E_y = 2\pi kQ/A \cdot a' \cdot b' = (1/A)E_y;$$

de donde es posible deducir:

$$E_{y'} = A \cdot E_y; \quad E_{x'} = E_x = 0; \quad E_{z'} = E_z = 0$$

¿Que sucede con el campo magnético que aparece en el referencial O'x'y'z'?

La ley de Ampère, nos enseña que la corriente I transportada por dos cintas rectangulares de ancho «b», crean un campo transversal, paralelo al eje Oz, entrante del dibujo cuyo valor es:

$$(4\pi K)I/b$$

donde «K» es la constante que aparece en la expresión del campo magnético del conductor rectilíneo y que se relaciona con «k» así: $K = k \cdot c^2$.

La corriente I, en el esquema [2], será ahora: $Qv/a' = Qv \cdot A/a$, dado que se trata de DOS placas y la placa negativa, EQUIVALE A OTRA PLACA DE CARGA IGUAL que se mueve hacia la izquierda. Sustituyendo en la expresión anterior del campo magnético, tenemos:

$$B_{z'} = Qv \cdot A/ab \cdot c^2 = -A \cdot v \cdot E_y / c^2$$

expresando este campo magnético en el referencial NO solidario a las placas en función del campo eléctrico de las placas en el referencial SOLIDARIO a las mismas. Observemos, que este campo QUEDA PROPORCIONAL A LA VELOCIDAD DEL REFERENCIAL NO SOLIDARIO. En consecuencia, para referenciales que se mueven a velocidad pequeña, lo que llamamos "campo magnético" es un efecto pequeño

frente al campo eléctrico, dado el divisor «c²» que figura en la expresión. Si existiera un referencial en el Universo, en el cual todas las cargas se colocaran instantáneamente en reposo, el "efecto magnético" se esfumaría. No se trata entonces de un campo "autónomo".

La transformación general, podemos hallarla considerando los esquemas [3] y [4], respectivamente.

En el referencial Oxyz, las placas en movimiento crean un campo eléctrico dirigido según el eje Oy, y un campo magnético dirigido según el eje Oz, en la zona entre placas. Ambos campos los suponemos NULOS en las zonas exteriores a las placas. Suponemos que en el referencial Oxyz, las placas tienen dimensiones «a» y «b», con el primero de estos lados según la dirección del movimiento.

Si en el referencial Oxyz, la velocidad de las placas es «u» y en el referencial O'x'y'z', que se mueve respecto al primero con velocidad v, es «w», la relación entre estas velocidades está dada por la ley de composición de velocidades relativistas:

$$w = [u-v]/[1-uv/c^2] = c^2 \cdot [u-v]/[c^2-uv]$$

El campo eléctrico en el referencial Oxyz, es:

$$E_x = 0; \quad E_y = 2\pi kQ/ab; \quad E_z = 0$$

En el referencial O'x'y'z', el campo será:

$$E_{x'} = 0; \quad E_{y'} = 2\pi kQ/a'b; \quad E_{z'} = 0,$$

ya que la longitud «a» se debe cambiar en «a'». La relación entre «a» y «a'» es:

$$a' = [1-(w/c)^2]^{1/2} \cdot a = a/F,$$

donde ponemos: $F = 1/[1-(w/c)^2]^{1/2}$.

Sustituyendo en la expresión del campo eléctrico, tenemos:

$$E_{y'} = 2\pi kQF/ab = E_y \cdot F \quad (I)$$

Pero:

$$F = 1/[1-(w/c)^2]^{1/2} = 1/[1-[c^2(u-v)^2/(c^2-uv)^2]^{1/2}]^{1/2}$$

Operando en esta relación, se obtiene la expresión:

$$F = [1 - v u / c^2] / [1 - (v/c)^2]^{1/2} \cdot [1 - (u/c)^2]^{1/2}$$

Normalmente, se cumple la relación entre las velocidades de las placas y «c» que sigue: $u \ll c$, de manera que es posible realizar la aproximación:

$$1 / [1 - (u/c)^2]^{1/2} \approx [1 + (1/2)(u/c)^2]$$

En este caso, la expresión aproximada de «F» será:

$$F = [1 - v u / c^2] / [1 - (v/c)^2]^{1/2} \approx A \cdot [1 - v u / c^2]$$

Si ahora sustituimos en la expresión del campo eléctrico (I), tenemos:

$$E_y = A \cdot E_y \cdot [1 - v u / c^2] = A \cdot [E_y - v u E_y / c^2]$$

En el referencial Oxyz, el campo magnético B_z , teniendo en cuenta la aproximación $u \ll c$, lo podemos expresar así:

$$B_z = (\text{aprox.}) u E_y / c,$$

de manera que obtenemos esta relación:

$$E_y = A \cdot [E_y - v \cdot B_z] \quad (\text{II})$$

Si intercambiamos los ejes «y», «z», y tenemos en cuenta que el campo eléctrico es un VECTOR (es decir, que NO depende de la orientación del espacio) mientras el campo magnético es un SEUDOVECTOR (y en consecuencia DEPENDE de la orientación del espacio):

$$E_z = A \cdot [E_z + v \cdot B_y] \quad (\text{III})$$

En virtud del Principio de Covarianza de las leyes físicas, las expresiones del campo eléctrico en el referencial Oxyz, en función de las componentes de los campos en O'x'y'z', DEBEN CONSERVAR LA FORMA, cambiar «v» por «-v». Entonces:

$$E_y = A \cdot [E_y' + v \cdot B_z'] \quad (\text{IV})$$

$$E_z = A \cdot [E_z' - v \cdot B_y'] \quad (\text{V})$$

Veamos ahora las componentes del campo magnético. Para ello, sustituyamos la expresión de (II) en (IV). Tendremos:

$$1 - A^2 = -[(v/c)]^2 / [1 - (v/c)^2];$$

$$A^2 = 1 / [1 - (v/c)^2],$$

de manera que sustituyendo en la expresión anterior:

$$-(v/c)^2 \cdot E_y + v \cdot B_z = (v/A) \cdot B_z,$$

de donde:

$$B_z = A \cdot [B_z - (v/c^2) \cdot E_y] \quad (\text{VI})$$

Análogamente, encontramos por idéntico procedimiento:

$$B_y = A \cdot [B_y + (v/c^2) \cdot E_z] \quad (\text{VII})$$

Las transformaciones de las componentes según el eje «x» de los campos eléctrico y magnético, se pueden analizar de otro modo.

- 1) Para examinar lo que sucede con el campo eléctrico en la dirección del movimiento, consideramos un par de placas conductoras, paralelas y normales al eje Ox, en reposo. El campo eléctrico creado entre las placas, en la zona central, es INDEPENDIENTE de la distancia entre placas y es proporcional a la densidad de carga en la placa positiva. Cuando cambiamos de referencial, las densidades de carga NO se modifican, porque las dimensiones transversales al movimiento NO experimentan contracción y la carga tampoco cambia. En consecuencia el campo en la dirección «x» es el mismo en los dos referenciales: $E_x = E_x$
- 2) Consideremos una bobina de n espiras por metro, de eje paralelo al eje Ox, y en reposo respecto al referencial Oxyz. A menos de una constante que depende del medio físico, el campo magnético creado en la zona central de la bobina, es proporcional al producto «n.l». Analicemos que sucede con cada uno de estos factores, cuando cambiamos la descripción al referencial O'x'y'z'.
 - La corriente, se escribe como un cociente entre la carga movilizada (que no cambia al pasar al referencial «móvil» de velocidad «v») y un intervalo de tiempo (que se dilata al pasar al referencial «móvil»). En consecuencia, la corriente, juzgada desde el referencial O'x'y'z', será menor en un factor (1/A).

- La densidad de espiras en el referencial fijo es «n» y en el referencial en movimiento será (A.n), porque las longitudes se contraen y las densidades lineales se DILATAN (ya que se definen como «numero de espiras por metro»). En consecuencia, el producto «n.l», que mide el campo en «O», se mantiene al pasar al referencial «O'». Luego: $B_{x'} = B_x$.

Las relaciones anteriores, revelan la no independencia de los campos «E» y «B», de manera que las componentes de uno de ellos, para ser transformado a otro referencial, REQUIERE del conocimiento de las componentes del otro campo. Es mas razonable entonces, establecer que las ecuaciones de transformación, NO se refieren al campo «E» y al campo «B», como entidades separadas, sino que describen la transformación global de un referencial a otro de UN ENTE FISICO, caracterizado por

SEIS COMPONENTES, que llamaremos «CAMPO ELECTROMAGNETICO».

Las mismas ecuaciones, revelan que para una situación NO relativista, en la cual $v/c \ll 1$, las ecuaciones se transforman de manera que el campo magnético se independiza del campo eléctrico, aunque NO ocurre lo mismo con la transformación del campo eléctrico. La versión clásica, cuyas ecuaciones escribimos seguidamente, NO permiten visualizar el estrecho vínculo entre el campo eléctrico y "ese efecto de cambio de referencial", que llamamos «magnetismo».

$$E_{x'} = E_x;$$

$$E_{y'} = E_y - v.B_z;$$

$$E_{z'} = E_z + v.B_y;$$

$$B_{x'} = B_x;$$

$$B_{y'} = B_y;$$

$$B_{z'} = B_z$$



EDITORIAL
IMPRESORA

Mercedes 1786
11200 Montevideo, Uruguay

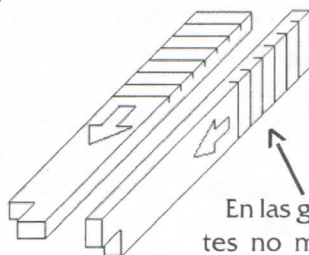
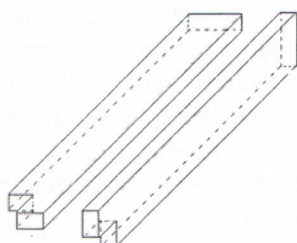
Telefax: 408 6985
E-mail: edideas@adinet.com.uy

*Nos especializamos en
la edición de textos de estudio.*

Esperamos su consulta

SOLUCIONES PRÁCTICAS 2

Una idea que ha sido puesta en práctica con éxito es la esquematizada a continuación: El accesorio cortador de papel de fax para el timer electrónico.

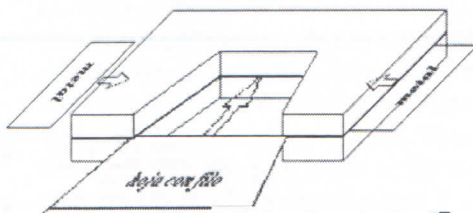


Se preparan dos "guías" como las de la figura para poner, por ejemplo, en el soporte vertical del taladro eléctrico.

En las guías verticales se practican cortes no muy profundos separados 14 mm, por donde se deslizará el accesorio cortador.

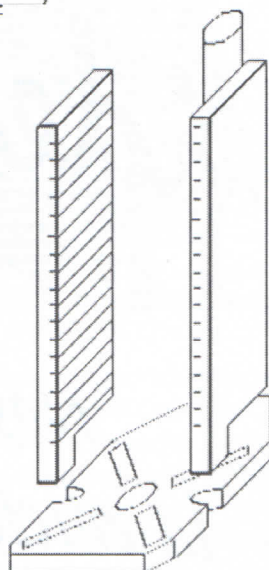
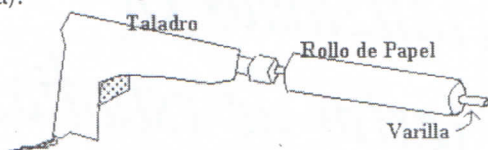


Se prepara el "accesorio cortador" como el de la figura de abajo, con madera, dos guías metálicas y una hoja de trincheta no seccionada.



Se ajusta una varilla o una mecha al rollo de papel y al mandril, según esquema, y luego se dispone el conjunto como se sugiere en la figura de la derecha. Se deberá complementar el dispositivo para garantizar la firmeza.

Con la misma idea se puede colocar horizontalmente el dispositivo para tener un mejor control sobre él. Sería un buen complemento el tener un "dimer" para el control de velocidad en el taladro, pues es sabido que, cuando la velocidad de rotación es elevada, el rollo se "quema". Por más aclaraciones, llamar al Liceo N° 2, Montevideo, APFU, o a la Revista).



Aporte: Liceo N° 2 "H. Miranda" - Laboratorio de Física.

EDUCACION en FISICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay

Volumen 5 Número 1

Setiembre, 1999

S u m a r i o

- **EDITORIAL** pág. 1
- **CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN**
CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOS pág. 2
- **UN ACERCAMIENTO A LA FÍSICA**
DE LOS MEDIOS GRANULARES. *Gustavo Carbonell* pág. 3
- **CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS** pág. 6
- **EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA**
EN EL CUERPO HUMANO. *Edgar W. Gómez* pág. 7
- **WEB** pág. 11
- **APLICACIONES DEL LÁSER.** *Pablo Garateguy* pág. 13
- **FÍSICA DEL HUMOR** pág. 16
- **A PROPÓSITO DE ENERGÍA.** *Janett Tourn - Odi Prieto* pág. 17
- **SOLUCIONES PRÁCTICAS 1** pág. 23
- **ESPACIO DE A.P.F.U.** pág. 24
- **COMPORTAMIENTO ESPECTRAL**
DE LA VEGETACION. *Roberto Richardson* pág. 25
- **EL GATO DE SCHRÖDINGER** pág. 30
- **EINSTEIN Y EL EFECTO FOTOELÉCTRICO.**
Un caso de seudo historia en los textos de Física
Diego de J. Alamino Ortega - Yenile Aguilar Rodríguez pág. 31
- **TRÁNSITO DE MERCURIO**
DEL 15 DE NOVIEMBRE DE 1999. *Ivho R. Acuña* pág. 35
- **EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.** *Mario Guerra* pág. 41
- **SOLUCIONES PRÁCTICAS 2** pág. 48

Gaboto 1435 Oficina 002
11200 Montevideo - Uruguay