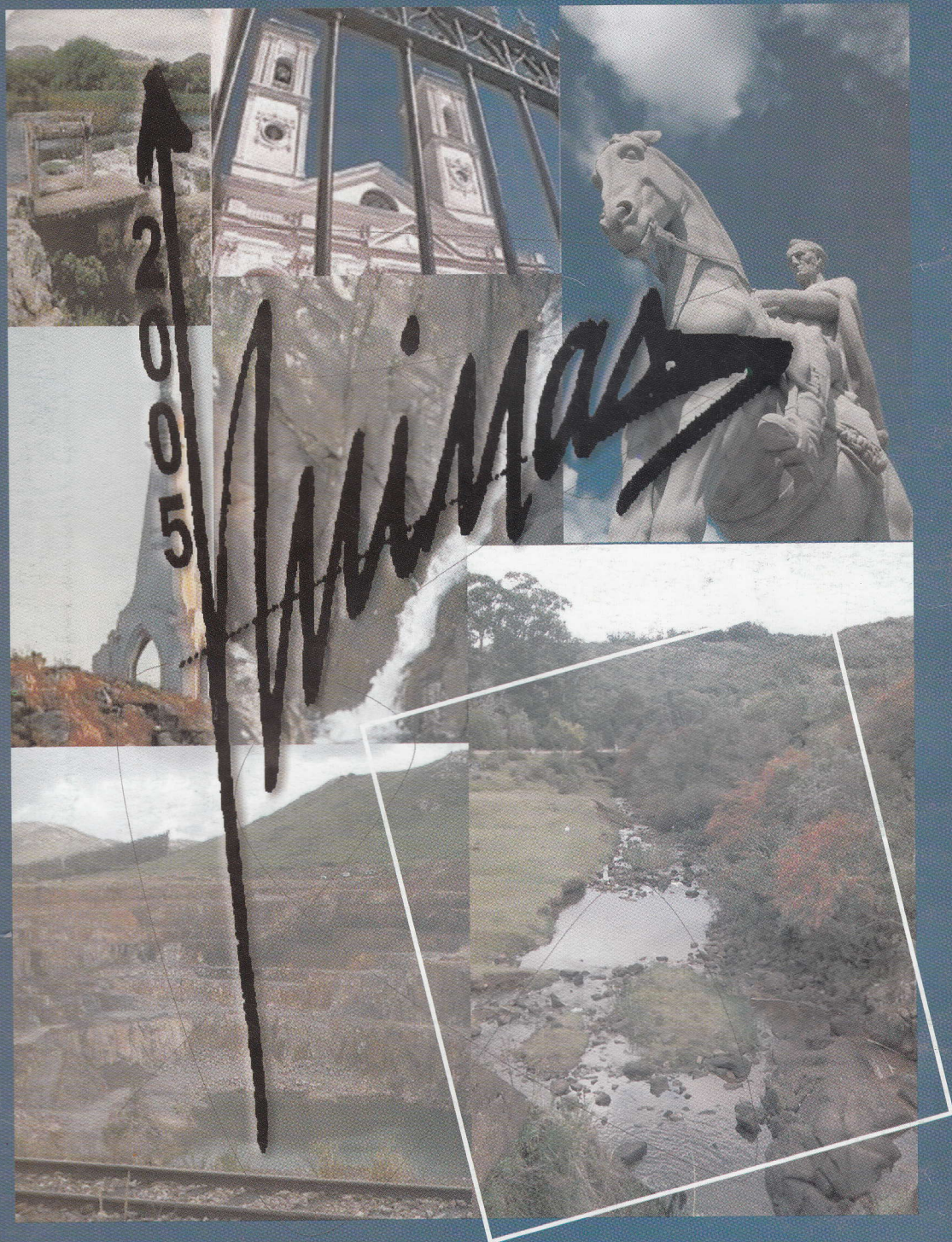


EDUCACIÓN en FÍSICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay



Asociación de
Profesores
de Física



del Uruguay

EDUCACIÓN EN FÍSICA

Volumen 7 N° 2
Setiembre 2005
Depósito Legal:
299222/05

Redactor Responsable:
Sandry Ramírez

Consejo de Redacción:
Mario Guerra
Carlos Zamalvide
Alejandro Villamil
Pablo García

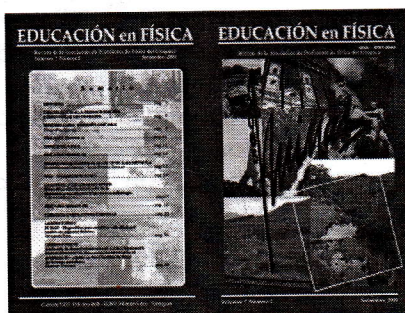
Educación en Física es una revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay, que se distribuye gratuitamente entre sus socios. Precio: U\$S 5

Comisión Directiva de A.P.F.U:
Pablo García
Alejandro Villamil
Guzmán Trinidad
Alejandra Delgado
Fernando Brito

Dirección de la Revista:
Gaboto 1435 / Of. 002
Montevideo CP 11200
Telefax: (598 2) 400 1258
E-mail: revistaapfu@adinet.com.uy
apfu@adinet.com.uy

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

MEC: Ed. amparada por Decreto 218/996



EDITORIAL

Estimados colegas, amigos y lectores, nos encontramos nuevamente a través de estas páginas en un afán de mantener viva nuestra expresa voluntad de seguir aportando en la enseñanza de nuestra preciada Física. Seguimos en cauce gracias a quienes ponen su esfuerzo en escribir, corregir, hacer las veces de cartero, aportar sugerencias y otros menesteres tan importantes como los primeros.

Nos es grato decir que todos los aportes, críticas y sugerencias, son en el sentido positivo, valorando, exponiendo puntos de vista sobre lo que se podría mejorar (en nuestro criterio: todo), y sobre todo con muchas ganas de hacer, en pro de que este órgano de expresión continúe siendo válido y útil para ampliar nuestro acervo en las cuestiones que nos atañen.

En estos últimos tiempos, por efectos de diversas causas, se nota un cansancio mental y físico importante en la comunidad docente, pero aún así no cambia el entusiasmo el ánimo y la dedicación que cada uno pone en la tarea, a la vez que parece haber una receptividad mayor hacia los planteos docentes por parte de las nuevas autoridades, en este sentido es notorio y contundente que por parte de nuestra Asociación existen numerosos aportes e insumos, que se siguen generando y perfeccionando, tendientes a mejorar la enseñanza de la Física, las evaluaciones y nuestras actividades de laboratorio.

No se necesita más para decir que «la Física» no se rinde, seguimos adelante como siempre, fieles a nuestra tarea, mejorando para mejorar, renovando energías y dispuestos a seguir por la senda que nos hemos trazado. Adelante compañeros, nos vemos en nuestro XV Encuentro Nacional y que la Física los acompañe.

Prof. S. Ramírez
Redactor Responsable

CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN

En esta edición se presentan dos muy buenas contribuciones al respecto del trabajo en el laboratorio, ambos apostando a conceptos «simples», poniendo detrás la aplicación de herramientas informáticas y multimediales que, últimamente están un poco más al alcance de algunos laboratorios y alumnos; condimentado con un poco de electrónica pero sin «enredar» ni complicar los procedimientos ni los objetivos de las distintas actividades sugeridas.

Se destaca una contribución relativa a «*los amores entre la Mecánica y la Biología*», al decir de su autor, que nos recuerda las virtudes de comunicador, demostradas por el mismo en una ponencia del anterior Encuentro Internacional (Trinidad-Flores-Uruguay); y un punto de partida para el acercamiento a una de las personalidades femeninas de la Física como lo es *Madame Curie*, que nos *sugiere*, por su contenido, profundizar, no sólo en el conocimiento de ella sino en la obra, aportes y legado de *nuestra* comunidad científica.

No podía faltar una contribución proveniente de un país hermano, en este caso Argentina, que desgrana conceptos y promueve experiencias sobre Óptica Geométrica, reeditando parte de una propuesta realizada en un taller de nuestro anterior Encuentro.

Siempre lo expresaremos: las ediciones de nuestra revista no serían posible sin el aporte de muchísima gente que no pretende agradecimientos, pero, aunque respetamos no escribir sus nombres, les decimos ¡muchas gracias! Y sigan así. Hasta la próxima.

CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOS

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

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

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

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

Esperamos sus trabajos, consejos, críticas y sugerencias en:

La dirección de A.P.F.U.:

apfu@adinet.com.uy

La dirección de la revista:

revistaapfu@adinet.com.uy

MADAME CURIE: UN EJEMPLO DE VIDA

Diego Díaz Grossy - Estudiante de Física IPA

Nota de redacción: el presente artículo ha sido considerado como un punto de partida para seguir profundizando en los aportes que la personalidad realizó en los desarrollos futuros de la ciencia y la investigación en ciencia.

En el marco del Año Internacional de la Física, hemos pretendido destacar a Marie Curie como figura dentro del grupo de físicos que fueron protagonistas en el desarrollo de la Física del Siglo XX. Aunque hubo varias personalidades de renombre como Einstein, Bohr, Heisenberg, Schrödinger y Dirac, Marie Curie fue una figura descolante en el ámbito experimental y fue sin lugar a dudas una excelente persona.

En los programas actuales en Educación Media el tema Radiactividad se trabaja en la asignatura Química; sin embargo es un tema de frontera. Además Marie Curie fue física y matemática. Estamos convencidos de que para hacer más atractiva la enseñanza de la Física mostrando a nuestros alumnos que la Física forma parte de la vida cotidiana, debemos destacar entre otras cosas, la figura de aquellos hombres y mujeres que hicieron ciencia en forma desinteresada en cuanto a los beneficios personales y económicos. Es el caso de Madame Curie. Un pasaje sobre su vida y obra así lo determinan:

Marya Sklodowska nace en Varsovia (Polonia) el 7 de noviembre de 1867, cuando la ciudad y buena parte del territorio polaco forman parte del Imperio zarista.

Venciendo muchas dificultades, en 1891 se traslada a París para estudiar Física en la Sorbona. Cambia allí su nombre por Marie y dos años más tarde culmina sus estudios en Física con el número uno de su promoción.

En 1894 conoce a Pierre Curie, con quien comparte una gran afinidad espiritual e intelectual y con quien se casa en 1895. Pierre abandona sus propias investigaciones para trabajar con Marie en el estudio de la radiactividad, frutos del cual son el descubrimiento del Radio y del Polonio en 1898,

así como el Premio Nobel que se les concede por sus estudios sobre la radiactividad junto a Antoine Henri Becquerel en 1903.

Este premio es el primero que recibe Marie ya que después de la muerte de Pierre en 1906, le otorgan otro premio similar en 1911, esta vez en Química por el descubrimiento del Radio y del Polonio.

Es la primera mujer en recibir estas dos nobles distinciones y hasta la fecha, la única. Sólo el físico John Bardeen y el químico Linus Pauling¹ la igualan en la obtención de dos Nobel.

También es la primera mujer en dictar una cátedra en la Sorbona, al hacerse cargo de la vacante producida por la muerte de Pierre.

«La única persona a la que la gloria no ha corrompido», dice Einstein cuando habla de ella.

El 3 de noviembre de 1891, Marie cruza el patio de la Sorbona, donde se matricula afrancesando su nombre, para cursar la licenciatura en Física. Cumplirá veinticuatro años el día 7. Cuando termina el primer año universitario, todavía no ha adquirido las bases indispensables que le faltaban al llegar de Varsovia. Pasa el verano en París tomando cursos de Matemática y perfección.

¹ John Bardeen, Estados Unidos, 1908-1991. Junto a William Shockley y Walter Brattain, reciben el Premio Nobel de Física en 1956 por sus investigaciones sobre semiconductores y por el descubrimiento del efecto transistor.

En 1972, junto a Leon Cooper y Robert Schrieffer, Bardeen recibe el segundo Nobel de Física por el desarrollo de una teoría de la superconductividad. Linus Pauling, Estados Unidos, 1901-1994. El químico más grande del Siglo XX. Premio Nobel de Química en 1954 por su trabajo sobre la estructura molecular y Premio Nobel de la Paz en 1962 por su apasionada lucha a favor del desarme nuclear. Pauling es la segunda persona en la historia en ser galardonada con dos Premios Nobel; Bardeen es el tercero.

nando su francés. Al comenzar el segundo año universitario ha hecho desaparecer todos los «polaquismos» de su vocabulario. Ha mejorado mucho también en su disciplina de estudio.

Al final del curso rinde sus exámenes finales. No sólo es aceptada como física: cuando se anuncian los resultados ante los candidatos por orden de mérito, su nombre es el primero en ser pronunciado. Marie Sklodowska se licencia en Ciencias Físicas por la Universidad de París. «Uno de los mejores recuerdos de mi vida», escribirá treinta años más tarde, al evocar estos años de intensos esfuerzos, de aislamiento y de privaciones.

En julio de 1894 obtiene su licenciatura en Matemática, segunda en la lista de laureados. Ese año hace su aparición Pierre Curie, un hombre de gran valor que trabaja en la Escuela de Física y Química Industriales. Contraen matrimonio en 1895.

A principios de 1897 Marie está embarazada. Pasa un mal período y su padre la lleva de vacaciones mientras Pierre termina su año lectivo como docente. El 12 de septiembre de 1897 nace Irène.

Los acontecimientos que se suceden durante los siguientes cuatro años se pueden resumir así: Pierre y Marie trabajando juntos en un laboratorio miserable, felices sin embargo porque se quieren y descubriendo el Radio, gracias al que por su hallazgo, es posible hoy curar el cáncer en muchos casos.

Hoy por hoy, antes de consultar los cuadernos de laboratorio de Marie Curie, primero hay que firmar un documento liberando a la Biblioteca Nacional de París de la responsabilidad «por los eventuales peligros de radiactividad».

A partir de un mineral que contiene Uranio, llamado pechblenda, encuentran el Polonio en julio de 1898 y en diciembre, el Radio.

Seis años antes Marie Curie, una joven de veinticuatro años, no sabía lo suficiente para empezar su segundo año de licenciatura.

«Aquello tenía el aspecto de una cuadra y de una bodega para patatas, y si no hubiera visto la mesa de trabajo con su material de Química, hubiera creído que se trataba de una broma», dice un colega al visitar un día el laboratorio de los Curie.

«A veces pasaba el día entero removiendo una masa en ebullición con una vara de hierro casi tan alta como yo. Por la noche, estaba rota de cansancio... Era un trabajo extenuante tan solo con transportar los recipientes, trasvasar los líquidos y remover, durante horas, la materia en ebullición en un depósito de fundición».

En 1899 Becquerel vuelve a interesarse por su descubrimiento, gracias al trabajo de los esposos Curie.

En 1900 Pierre consigue su primera cátedra en la Sorbona gracias al impulso de Henri Poincaré.²

Marie inicia en esa época su actividad como docente en la Escuela Normal Superior de Sèvres. Es la primera mujer en lograr esta distinción. Es una escuela de señoritas. Una de sus alumnas ha dejado este testimonio: «Ella nos deslumbró y nos dio seguridad, atraídas y retenidas por su sencillez, su sensibilidad, su deseo de sernos útil, el sentido que tenía a la vez de nuestra ignorancia y de nuestras posibilidades... Fue la primera que estableció con nosotras relaciones humanas».

Marie se consagra intensamente a separar el Radio del Bario por el método de la cristalización fraccionada que ella ha concebido y puesto a punto. Las sales de Radio se concentran en los cristales. Después de cada cristalización, una medida de la actividad rinde cuentas de los progresos de la purificación.

² Henri Poincaré, Francia, 1854-1912. Gran matemático que, paralelamente a Einstein, desarrolla una Teoría de la Relatividad Restringida o Especial. Luego se opone a la Teoría de Einstein quien sabe por qué. Su gran mérito y sin vivir para saberlo es sin lugar a dudas ser el fundador de la Teoría del Caos, que recién se toma en serio a partir de 1963.

En los salones parisinos sólo se habla del Radio. Unos investigadores alemanes anuncian que las sustancias radiactivas tienen efectos fisiológicos. Pierre expone entonces deliberadamente un brazo suyo a una fuente radiactiva. Ve como se forma una lesión y comunica el resultado de su experiencia a la Academia de Ciencias: «La piel ha adquirido un color rojo sobre una superficie de seis centímetros cuadrados; tiene la apariencia de una quemadura...»

A los cincuenta días queda aún en estado de llaga una superficie de un centímetro cuadrado. Madame Curie, al trasladar en un pequeño tubo sellado unos centigramos de materia activa, sufrió quemaduras análogas, a pesar de que el pequeño tubo estaba guardado en una delgada caja metálica.»

Ya sólo queda extraer el Radio a escala industrial. La técnica de extracción y de purificación del Radio la inventa Marie. Ella decide no patentar su invento: «Si nuestro descubrimiento tiene posibilidades comerciales, será una circunstancia de la cual no debemos sacar partido. Además, el Radio se va a emplear para combatir una enfermedad. Sería imposible aprovecharnos de eso».

A principios de los años veinte, el precio del gramo de Radio alcanza los 100.000 dólares (un millón de francos de la época). Posteriormente descubrimientos de diferentes yacimientos, especialmente en Zaire y en Canadá en los años treinta hacen bajar el precio a 25.000 dólares el gramo.

Pierre es invitado a Londres para dar un discurso sobre la radiactividad en la Royal Institution. Este discurso es fruto de una tradición desconocida en Francia: la voluntad de poner la ciencia al alcance de un público no iniciado. Este discurso se multiplica en numerosas sesiones de los viernes donde alcanzan un éxito tan grande que es necesario establecer un sentido único para los coches en la calle don-



Figura 1. Pierre y Marie Curie en su laboratorio

de se halla la institución mencionada. Se da así la primera vía de sentido único de Londres. La elite de la Física británica, considerada entonces la primera del mundo, asiste a estas sesiones.

Es todo un éxito. En una de esas jornadas Pierre vuelca inadvertidamente un poco de Radio contenido en un tubo: cincuenta años después se tiene que llamar a un equipo de descontaminación porque todavía se detecta su presencia en la sala.

Seis días después del incidente con la muestra radiactiva, la situación se invierte. Ante un jurado Madame Curie lee su tesis doctoral. Asisten entre otros, Pierre, sus alumnas de Sèvres, su suegro y su hermana Bronia que llega desde Polonia muy emocionada. El tema de la tesis es «Investigaciones sobre las sustancias radiactivas»: ella sabe más que el jurado sobre el tema.

El presidente del jurado declara: «La Universidad de París le concede el título de Doctor en Ciencias Físicas». Y la mención es «Muy honorífica». Pero añade una fórmula



Figura 2. Congreso Solvay de 1911. En esta foto que se ha hecho célebre vemos a Madame Curie sentada entre Henri Poincaré y Jean Perrin. En pie, detrás de ella, están Einstein y Rutherford entre otros grandes físicos. Marie Curie es la única mujer en ese evento.

menos corriente: «En nombre del jurado, Madame, quiero darle la enhorabuena». Es Gabriel Lippmann. Obtendrá el Premio Nobel en 1908³.

Además de Lippmann, asisten a la ceremonia varios físicos de renombre, entre ellos un amigo de los Curie, Jean Perrin⁴, quien recibirá el Nobel de Física en 1926 por su trabajo sobre la estructura discontinua de la materia, y especialmente por su descubrimiento del equilibrio de la sedimentación.

En la cena que comparten los Curie esa noche con todos esos grandes de la ciencia de la época, Madame Curie es coronada

«Reina de la radiactividad».

Luego del Nobel de 1903 el gobierno de Francia decide crear una cátedra de Física para Pierre en la Sorbona.

Un año después del Nobel Marie tiene otra hija: nace Ève Curie. La gloria y Ève alejan a Marie de las emanaciones del Radio.

En abril de 1906, en una mañana lluviosa, Pierre es atropellado por un carro: la rueda posterior izquierda le aplasta el cráneo. Muere en forma casi instantánea.

El gobierno comunica al padre de Pierre que Marie recibirá una pensión del Estado, como la viuda de Pasteur. Madame Curie la rechaza: «No quiero una pensión. Soy joven todavía y capaz de ganar la vida para mí y para mis hijas». Ella sabe trabajar y trabajará.

El consejo de la Facultad de Ciencias se reúne y llega a una propuesta: si Marie está de acuerdo la cátedra de Física General creada en la Sorbona para Pierre le será atribuida.

³ Gabriel Lippmann, Francia, 1845-1921. Premio Nobel de Física en 1908 por su método para reproducir los colores fotográficamente basado en los fenómenos de interferencia.

⁴ Jean Perrin, Francia, 1870-1942. Es la primera persona en explicar por qué las estrellas brillan, por qué el Sol ilumina y calienta la Tierra y en sugerir el empleo de cohetes para los viajes interplanetarios, todo antes de 1910.



Figura 3. Madame Curie en 1917 manejando uno de los "pequeños Curie" (cachila con equipo de rayos X), en el frente de batalla.

Propuesta ésta a su medida: todavía ninguna mujer ha sido admitida en la enseñanza superior. «Lo intentaré», dijo. Es nombrada responsable del curso el 13 de mayo de 1906.

En 1911, Marie recibe el Premio Nobel de Química. Esta vez es sin compartir, y durante más de cincuenta años no habrá nadie, hombre o mujer, que merezca esta recompensa por segunda vez. Viaja a Suecia con Bronia e Irène. El Nobel anterior compartido con Pierre y Becquerel fue por el descubrimiento y los estudios de la radiactividad. Este es por el descubrimiento del Radio y del Polonio.

Ese mismo año abre sus puertas en Bruselas el Congreso Solvay. Ernest Solvay, industrial belga, fundador del Instituto Internacional de Física que lleva su nombre, reúne este año, por primera vez, a todos los grandes científicos del momento.

Toda la Física mundial está ahí. Marie escribe sobre este congreso: «he admirado mucho los trabajos publicados por el señor Einstein sobre las cuestiones referentes a la

Física Moderna. Sus trabajos son sin duda de primer orden. Si tenemos en cuenta que el señor Einstein es todavía muy joven, podemos depositar en él las mayores esperanzas y ver en él uno de los primeros teóricos del futuro.»

La Sorbona y el Instituto Pasteur fundan conjuntamente el Instituto Curie de Radio, dividido en dos secciones: un laboratorio de radiactividad, dirigido por Madame Curie, y otro dedicado a las investigaciones biológicas y al estudio del tratamiento del cáncer. Hasta el final de su vida Marie hace de este laboratorio el centro de su existencia.

Durante la Primera Guerra Mundial Madame Curie logra instalar una flota de autos con equipo básico de radiología para curar a los heridos en París. Su hija Irène es su principal ayudante. Los veinte coches serán bautizados como «los pequeños Curie». Ella logra instalar doscientos puestos fijos entre 1917 y 1918, logrando sacar junto a su equipo, miles de radiografías.

Aunque Directora de los servicios de radiología en el ejército, no se la ve nunca con un uniforme. Ella es Madame Curie y eso es suficiente.

Forma en esa época un grupo de ciento cincuenta mujeres radiólogas. Este grupo sólido y eficiente hace que el Diputado Jules Siegfried se atreva a sugerir a la Cámara Baja que le dé después de la guerra, el derecho al voto a la mujer.

La Cámara de Diputados concederá este derecho a las francesas el 20 de mayo de 1919, pero el Senado revocará esta decisión. Este derecho lo adquirirán las mujeres francesas recién en 1944 (las mujeres de nuestro país lo adquieren en el año 1932).

Marie está cansada pero sigue luchando. Ha recibido en veinte años más radiaciones

que ningún ser humano y sigue exponiéndose a ellas cotidianamente. Suele andar en coches que arrancan a manivela y alcanzan, en el mejor de los casos, los cincuenta kilómetros por hora. Duerme en cualquier lado, come cualquier cosa, pero siempre con buen humor.

Finalmente, Francia sale victoriosa de la guerra y Polonia es liberada de sus cadenas. Marie termina esta etapa en una posición de privilegio.

Una mañana de mayo de 1920, Marie recibe en su despacho a una persona de grandes ojos negros que renguea ligeramente, la cual influirá mucho en el resto de su vida: la señora Maloney Mattingley, a la que sus amigos llaman Missy.

La pequeña Missy es redactora jefe de



Figura 4. Marie e Irène Curie junto a un grupo de soldados franceses y estadounidenses durante la Primera Guerra Mundial en un hospital equipado con rayos X.



Figura 5. Señora Maloney Mattingley, Irène, Marie y Ève Curie en Estados Unidos en 1921.

una revista femenina de gran reputación titulada *The Delineator*. A los treinta y nueve años, tiene una posición personal bastante considerable y unas sólidas relaciones políticas en Washington. Más tarde llegará a entrevistar a Hitler y a Mussolini.

Según Missy, viaja por Europa entrevistando a diferentes personalidades para su revista. Los últimos han sido H. G. Wells⁵ y Bertrand Russell⁶.

Marie expone ante ella su situación para la investigación: no puede seguir sus trabajos por falta de material para investigar. Ellas coinciden en muchos puntos y Missy decide ayudar a Marie.

En 1921, con la iniciativa de la señora Maloney Mattingley, un grupo de mujeres estadounidenses juntan cien mil dólares (equivalentes en ese entonces a un gramo de Radio) para que Marie las visite en su país. Luego de muchas vacilaciones y a los cincuenta y cuatro años, acepta esta invitación.

La familia Curie es recibida en la Casa Blanca, donde el Presidente Harding⁷ y su esposa asisten en persona. La llave para lo-

grar todos estos contactos es sin duda alguna la señora Maloney Mattingley, pero los dos pilares de toda la financiación de esta gira y de las investigaciones son dos grandes nombres: la Carnegie Corporation, empresa dedicada a la metalúrgica, y la Rockefeller Foundation. Estas dos grandes

⁵ Herbert George Wells, Inglaterra, 1866-1946. Escritor de ciencia ficción, muy conocido por la novela *La Guerra de los Mundos*, cuya interpretación radiofónica por parte de Orson Welles en 1938, provoca el caos en los Estados Unidos ya que la gente cree estar siendo invadida por una civilización extraterrestre. George Orson Welles (Estados Unidos 1915-1985). Actor, productor, director y guionista de cine. Profundo renovador de los recursos estéticos y narrativos del cine estadounidense. La versión radiofónica de *La Guerra de los Mundos* de H. G. Wells de 1938, donde presuntamente los alienígenas invaden New Jersey, es tan realista que la gente sale corriendo por las calles huyendo de los extraterrestres que supuestamente vienen a invadir la Tierra.

⁶ Bertrand Russell, Inglaterra, 1872-1970. Matemático y filósofo, uno de los más grandes del Siglo XX Premio Nobel de Literatura, 1950. Gran luchador por la paz junto a Einstein, en contra de una posible guerra nuclear.

⁷ Warren Harding, Presidente de Estados Unidos en el período 1921-1923.

firmas saben muy bien dos cosas de fundamental importancia: que los cerebros están desgraciadamente provistos de estómagos y que una nación que no invierte en la investigación es una nación en declive. Hoy, todo el mundo es más o menos -más bien menos que más- consciente de esto. En los años veinte, es una noción nueva. Pocos son los que han asociado la potencia alemana a la supremacía que su ciencia ejerció en el siglo XIX.

A partir de allí, sus viajes son muy similares. Congresos, conferencias, ceremonias y visitas a laboratorios la llevan a todas partes del mundo donde la aclamaban por igual.

En Varsovia se construirá el Instituto del Radio al que se le dará el nombre de Instituto Marie Sklodowska Curie. En Estados Unidos harán lo mismo.

Es tan grande el éxito de Marie en los Estados Unidos que diferentes fundaciones francesas comienzan a aportar fondos para dar becas para jóvenes investigadores. Una de estas becas permitirá a un alumno empezar sus actividades en el laboratorio de Marie una carrera de investigador. Su nombre: Frédéric Joliot. Más tarde, Irène se casará con él y juntos, en 1935, recibirán el Premio Nobel de Química por la obtención de nuevos elementos radiactivos. Les faltó también muy poco para descubrir ellos mismos al neutrón.

El matrimonio Joliot-Curie son estimulados por Bohr y Pauli⁸ a seguir con sus investigaciones.

Así pues, se obstinan en bombardear Aluminio con rayos alfa a partir del Polonio. Provocan así la radiactividad artificial.

El rostro de Marie se ilumina radiante. «Ja-

más olvidaré la expresión de alegría intensa que la embargó», dirá Frédéric Joliot.

En una novela de ciencia ficción, "*The World set free*", escrita inspirándose en las publicaciones científicas de un alumno de Rutherford, Frederick Soddy, H. G. Wells había previsto que la radiactividad artificial sería descubierta en 1933. Predice en el mismo libro, que un día «bombas atómicas» destruirían las ciudades, asoladas por el fuego y las reacciones, y describe así la primera explosión: «El mundo solo era un deslumbramiento rojo violáceo y un ruido, un ruido ensordecedor que lo penetraba todo. Ella tuvo la impresión de una gran bola de fuego violáceo, tal criatura viviente desboca... La bomba atómica había reducido los problemas internacionales a una total insignificancia... Parecía evidente que estas bombas y los poderes de destrucción más grandes todavía de las que eran precursoras podían quebrantar muy fácilmente todas las relaciones y todas las instituciones humanas... Llegaría el tiempo en que necesariamente un individuo podría transportar en una bolsa de mano una cantidad de energía latente suficiente para derribar la mitad de una ciudad». Pero en el mismo libro, publicado en 1913, Wells anuncia que «esta guerra aterradora será seguida de la creación de un Estado Mundial, que utilizará la energía atómica para transformar la sociedad y la naturaleza para el bien de todo el planeta». Nos queda alguna esperanza.

Marie siempre trata de escaparle a los análisis que son norma en el Instituto del Radio. Finalmente un análisis que se le practica muestra que su sangre no es normal. Durante treinta y cinco años ha estado trabajando con radiaciones.

Una ligera fiebre pronto comienza a molestarla. En mayo de 1934, víctima de una gripe, se ve obligada a guardar reposo en cama. Ya no vuelve a levantarse. Al final su corazón falla. El asesino: el Radio.

El viernes 6 de julio de 1934, sin discursar

⁸ Wolfgang Pauli, Austria, 1900-1958. Premio Nobel de Física 1945 por el descubrimiento del llamado Principio de Exclusión. Este Principio afirma que dos electrones en un mismo átomo no pueden estar en el mismo estado cuántico, es decir, no pueden tener todas sus características iguales.

sos ni desfiles, sin que esté presente ni un político, ni un solo funcionario público, Madame Curie es enterrada en el Cementerio de Sceaux, en una tumba inmediata a la de Pierre Curie. Según su voluntad, sólo los parientes, los amigos y los colaboradores de su obra científica, que le profesan entrañable afecto, asisten al sepelio. Sobre el ataúd bajado a la fosa, Bronia y Jozef echan un puñado de tierra. De tierra de Polonia.

Al año siguiente, Irène y Frédéric Joliot reciben el Premio Nobel de Química que corona su descubrimiento de la radiactividad artificial. En la entrega del diploma en

Estocolmo, Irène no está en la sala escuchando a su marido, sino sobre el estrado. Y sobre este estrado, ella es la primera en tomar la palabra, para pronunciar el discurso.

Con su obra, Madame Curie había cambiado las reglas del juego.

Este es un homenaje a Marie Curie, amante de su familia, de la ciencia y de la vida.

Extraído de "Entre las galletas radiactivas y la máquina del tiempo"

FÍSICA DEL HUMOR (I)

Como se ponen las notas

Departamento de ESTADISTICA: Se colocan los estudiantes por orden alfabético sobre una gráfica, distribuidos a lo largo de una gaussiana.

Departamento de PSICOLOGIA: Los estudiantes hacen una mancha en el examen, y el profesor pone la nota de acuerdo con lo primero que le sugiere dicha mancha.

Departamento de COMPUTACION: Se usa un generador de números aleatorios.

Departamento de HISTORIA: Cada estudiante recibe la misma nota que el año anterior.

Departamento de RELIGION: Dios pone las notas. (Inapelable)

Departamento de FILOSOFIA: ¿Para qué quieren notas?

Departamento de DERECHO: Los estudiantes tienen que defender el por qué se merecen un sobresaliente.

Departamento de MATEMATICAS: Las notas son variables aleatorias.

Departamento de FÍSICA: Se deja deslizar al estudiante por un plano inclinado y se pone una nota igual a la aceleración que adquiere, si no llegara a deslizarse se lo envía directo a marzo.

• • •

"Definiciones"

Físico Cuántico: Es un hombre ciego en un cuarto oscuro, buscando un gato negro que no está allí.

Trabajo y energía: Trabajo es si tomamos una silla y la ponemos en otro sitio, energía es cuando la silla se levanta sola. (Y fuerza es cuando se rompe la silla).

Espacio de A.P.F.U.

Estimados Compañeros: dedicamos este espacio a comunicar las actividades realizadas desde el último encuentro en Flores.

Jornadas sobre evaluación en los cursos de Física

Continuando con la política de formar opinión de la Asociación sobre temas relacionados a la educación en Física se realizó en Punta Ballena un encuentro sobre el tema evaluación en los cursos de Física. Como resultado se obtuvo un documento aprobado por la asamblea de socios que paso a formar parte de los documentos de la Asociación.

Acorde a lo resuelto en la asamblea se formó una Comisión de trabajo integrada por: Alicia Acland, Adriana Echarte, Eduardo Bonda, Milko Prado, Pedro Balbi y Pablo García. La comisión se ocupó de la publicación del documento (que está en nuestra pagina web y en la edición especial de nuestra revista) y además definió la instrumentación de las próximas actividades.

“Nos proponemos difundir el documento y lo generado a la fecha entre todos los profesores de Física, recoger aportes y dejar un camino abierto para seguir trabajando, favoreciendo de esta forma un proceso de socialización del conocimiento.”

Se llevaron a cabo tres jornadas con el título:

“Como “leemos” regionalmente el documento sobre evaluación generado en Punta Ballena.”

Jornada regional en Paysandú: 25 de junio 2005.

Comisión organizadora: Prof. Jorge Martins y Laura Ceveda.

Jornada regional en Carmelo - Colonia: 6 de agosto 2005.

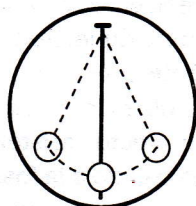
Comisión Organizadora: Prof. Cristina Banchero y Cristina Araujo.

Jornada regional en Melo - Cerro Largo: 13 de agosto de 2005.

Comisión organizadora: Prof. Humberto Martínez.

Todas las jornadas contaron con un significativo numero de participantes. Aproximadamente 150 docentes de todo el país han participado directamente en la discusión de estos documentos. Agradecemos a todos los compañeros su trabajo en las comisiones.

**Asociación de
Profesores
de Física**



del Uruguay



Foto del diario "El Telégrafo" de Paysandú

Actividades en el marco del año internacional de la física

La asociación festejando el año intencional de la física ha publicado una edición especial de la revista con un artículo sobre la visita de Einstein al Uruguay que ya ha sido entregado a los socios, en esta oportunidad contamos con la colaboración de Cecilia Cabeza y Raúl Montagne a quienes agradecemos especialmente.

Además se ha participado y promovido actividades de divulgación junto a otras instituciones en especial la Sociedad Uruguaya de Física (Conferencias en el planetario, afiches conmemorativos, camisetas, etc).

Olimpiadas de física

Han tenido lugar las olimpiadas nacionales de física que clasificaron a cuatro estudiantes uruguayos para la Olimpiada Iberoamericana que tendrá lugar en el Uruguay, Colonia setiembre de 2005.

La asociación ha participado integrando como otros años el comité olímpico.

Es de destacar el excelente ambiente de camaradería y compañerismo que se desarrolló en el grupo de estudiantes que más que competir colaboran entre ellos para aprender física por el gusto de aprender.

Felicidades a todos ellos.

Los alumnos que representarán a Uruguay son: Daniel Wahrman, Martín Pijuan, Diego Mikhaloff y Claudio Francolino.

Padrón Social

Continúa aumentando el numero de socios de APFU este año contamos con 50 nuevos asociados, sean bienvenidos. Se ha logrado que una buena parte de los compañeros que tenían atraso en la cuota social pudieran regularizar su situación y así no ha sido necesario hasta el momento modificar el valor de la cuota social que se mantiene desde hace varios años.

Próximo Encuentro

Nuestro próximo encuentro nacional tendrá lugar en Minas, Lavalleja la tercera semana de setiembre 2005.

Con muy buenas expectativas ya se han agotado todas las plazas previstas, se realizarán ocho talleres, conferencias y como es habitual otras actividades culturales, contaremos cerca de 210 participantes.

Nos vemos en Minas...

Comisión Directiva

FÍSICA DEL HUMOR (II)

La Física no paga

Un físico se encontraba por la calle tratando de encontrar trabajo. Atinó a pasar por un circo, se acercó a un cartel y leyó: "Se necesita equilibrista".

Claro, él no lo era, pero por necesidad y ya que sabía qué era equilibrio de un sistema de fuerzas, se animó a intentar.

– ¿Tiene experiencia? – le preguntó el director.

– Ninguna, pero estoy dispuesto a practicar.

– Muy bien, está contratado.

Comenzó a practicar primero con la soga a 50 cm de altura, luego a 2 m con colchones en el piso y por último empezó a practicar en la cuerda principal de la carpa del circo, caminando con la vara y con una red de protección en el piso.

Así, una vez que se encontraba seguro, tuvo su debut... y le fue muy bien, por lo cual se quedó con el trabajo.

Varios meses después, el Director lo volvió a llamar y le dijo,

– Lo felicito su número es muy bueno pero ahora le falta emoción... o sea que le vamos a sacar la protección.

Un poco asustado no tuvo otra opción que aceptar y así continuó otra temporada hasta que el Director del circo lo volvió a llamar.

–Le tengo que decir nuevamente que su número carece de interés, vamos a agregarle una emoción más.

Así, al día siguiente, cuando subió a la cuerda miró hacia abajo y se aterrorizó al ver una jaula con leones hambrientos en lugar de una red de protección. Hizo

el número una vez y le fue bien, el público deliraba y aplaudía. ¡Otra vez! ¡Otra vez!, aullaban los espectadores.

Al volverlo a hacer, en la mitad de la cuerda perdió el equilibrio, hizo un esfuerzo por tomarse de ella pero fue inútil, cayó en medio de los leones.

Se fue arrinconando al borde de la jaula.. los tres leones se le acercaban cada vez más ante los gritos de terror de los espectadores; uno se acercó hasta casi rozarlo, abrió sus fauces mostrando los amenazantes colmillos y, cuando ya había cerrado los ojos esperando sentir sus lacerantes colmillos, desde el interior del león se sintió una voz...

– No se preocupe colega, yo soy un matemático disfrazado....

(aporte de Horacio A. Cassia, Argentina)

• • •

Dilema del ámbar

– Cada vez que pasa Franela me siento tan positivo.

– Voy por lana y salgo "deselectronado".

• • •

Personalidades

¡Sea positivo! Done electrones.

Si quiere ser repulsivo, comparta su carga con alguien más.

Si tiene mucha carga en su cuerpo; cofres fort Leiden es la solución.

De esa botella no has de beber. Von Kleist. (1745 crea su Botella de Leiden).

PROMOVIENDO EXPERIENCIAS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA*

Norah Silvana Giacosa¹ - Sonia Beatriz Concarí²

1. Introducción

El propósito del presente trabajo es presentar parte de una propuesta didáctica para la enseñanza de óptica geométrica que ha sido desarrollada en el Taller 6 del VII Encuentro Internacional de Educación en Física - XIV Encuentro Nacional de Profesores de Física, en la ciudad de Trinidad, organizado por la Asociación de Profesores de Física del Uruguay (APFU). Uno de los objetivos de los mencionados eventos ha sido apoyar el intercambio de experiencias en el aula. Con esta comunicación pretendemos realizar otro aporte en la misma dirección y promover la realización de prácticas de laboratorio.

En primer lugar describimos las estrategias de enseñanza y actividades de aprendizaje adoptadas, como así también el diseño de la propuesta. Seguidamente detallamos tres fichas de experiencias destinadas a los alumnos y a los docentes con los comentarios y recomendaciones surgidos durante su realización. Finalizamos con los agradecimientos y la bibliografía consultada.

2. ¿Qué estrategias de enseñanza y actividades de aprendizaje adoptamos?

Elegimos como metodología de trabajo el aula-taller porque ella implica una alternancia dialéctica "Práctica-Teoría-Práctica" que se puede construir de acuerdo a la dinámica que se genera en el interior del grupo. Tomamos a los participantes del taller como centro del proceso enseñanza-aprendizaje y combinamos el trabajo de todo el grupo con el de pequeños grupos -de cuatro o cinco integrantes- tratando en todo momento que su participación sea activa.

Para que ello fuera posible, pensamos que entre las actividades a desarrollar se debían incluir:

- Instancias de encuadre conceptuales con exposiciones dialogadas o planteo de consignas, algunas veces verbales y otras escritas, iniciando las mismas, en lo posible con situaciones problemáticas para cuya resolución los participantes tuvieran que poner en juego, necesariamente, saberes previos y construir otros.
- Momentos de resolución de consignas que faciliten el intercambio de ideas con el objeto de estimular el aprendizaje cooperativo.
- Momentos de profundización de conceptos y de algunas de sus aplicaciones ya sea en pequeños grupos o con exposiciones.
- Puesta en común de los resultados de actividades grupales con el objetivo de intercambiar y formalizar las ideas surgidas durante las tareas desarrolladas grupalmente.
- Momentos de resolución de consignas que obligaran a re-significar los conceptos, analizar la factibilidad real de transferencia y adecuación de las experiencias a otros contextos e indagar la vinculación de la óptica con la vida cotidiana y con otras disciplinas.

* Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos de investigación PID 03080 (CONICET, PICT 04-13646 (Programa de Modernización Tecnológica - Contrato de Préstamo BID 1201/OC-AR .ANPCyT) y CAI+D 2005 - PI 06-32 (UNL).

¹ Dpto. de Física. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM), e-mail: norah@correo.unam.edu.ar

² GIDEAF - Departamento de Física - Facultad de Ingeniería Química (UNL), e-mail: sconcarí@fiqis.unl.edu.ar

- Presentación, resolución y discusión de experiencias y problemas.

Con ellas pretendíamos que los participantes del taller:

- Aceptarán el juego de roles propuestos colocándose imaginariamente en el papel de aprendices.
- Desarrollarán su creatividad, evidenciando a través de sus producciones, la integración de las nuevas estrategias de enseñanza de la óptica y la reutilización de las previas.
- Profundizarán conocimientos, yendo más allá de los aspectos superficiales.
- Planificarán estrategias que favorezcan la elaboración del conocimiento en el mediano y largo plazo de manera integrada con otras áreas para romper con los compartimentos estancos.
- Reflexionarán para reconstruir lo actuado, evaluando las formas de abordar, resolver y aprender, propias y de los educandos.

3. ¿Cómo diseñamos la propuesta?

Seleccionamos los objetivos y los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que podrían ser abordados. Analizamos la estructura lógica del tema, los materiales disponibles, las dificultades conceptuales que se podrían presentar y redactamos dos tipos de fichas: una destinada a adolescentes (cuyas edades supusimos entre 15 y 18 años) y otra destinada a sus docentes.

En la primera citamos el fenómeno que nos proponíamos examinar, los materiales y el procedimiento y finalizamos proponiendo que se identificaran los nuevos conceptos y se elaborara una tarjeta que sintetizara los contenidos aprendidos. En la ficha de los docentes, mencionamos algunos de los objetivos de la actividad y tratamos de resumir los contenidos conceptuales involucrados en la experiencia.

A manera de ejemplo y por razones de espacio, aquí presentamos tres de ellas. Los temas abordados son:

1. Fenómenos de reflexión y refracción en superficies planas (reflexión total interna, ángulo crítico).
2. Aplicaciones y utilidades de las lentes (el proyector de diapositivas).
3. Instrumentos ópticos (microscopio compuesto).

La presentación, como toda propuesta, puede y debe ser adaptada al contexto en el que se desempeñan los docentes, a las edades de los alumnos y enriquecida por la experiencia e imaginación de los docentes.

Esperamos que el bajo costo del equipamiento requerido aliente a nuestros colegas a realizar experiencias de laboratorio, pues ellas son un recurso didáctico fundamental si se pretende:

- promover el aprendizaje del método científico, de conceptos, leyes y principios;
- incentivar el interés del/los alumnos por saber, hacer y ser;
- desarrollar tanto capacidades intelectuales y afectivas como habilidades y técnicas;
- transferir los aprendizajes adquiridos a otras situaciones problemáticas.

4. Fichas de experiencias

4.1. Fenómenos de reflexión y de refracción en superficies planas

4.1.1. Para el alumno

Materiales necesarios: un recipiente transparente de acrílico (puede utilizarse una pecera de vidrio), agua, líquido dispersante (puede sustituirse por unas gotas de leche), puntero láser, marcador para pizarra, regla, escuadra y transportador.

IMPORTANTE: la incidencia del **haz de láser** directamente en los ojos podría producir daño, por lo que se recomienda utilizar los punteros láser con precaución, **nunca dirigirlos hacia arriba ni observar el haz directamente.**

Actividades: Coloca agua en el recipiente casi hasta el borde superior y disuelve en ella unas gotas de líquido dispersante. Mez-

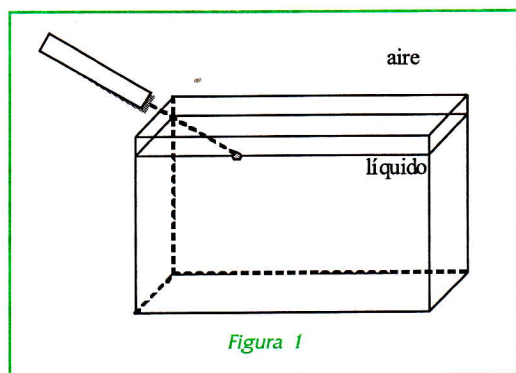


Figura 1

cla bien hasta que obtengas una composición homogénea. Ilumina desde el aire la superficie de separación aire-líquido. Utiliza el láser lo más cercano posible a la cara anterior del recipiente como se indica en la Fig.1. Marca en esa cara el punto donde el haz hace contacto con la interfase aire-líquido y observa qué sucede.

- ¿Cuántos rayos observas?
- ¿Puedes marcar la(s) dirección(es) y sentido(s) de propagación? De ser así hazlo.
- ¿Puedes medir el(los) ángulo(s) entre: 1) el rayo incidente y la normal a la superficie de separación aire-agua; 2) el rayo reflejado y la normal y 3) el rayo refractado y la normal? De ser así registra el(los) valor(es).
- Explica lo que ha sucedido.
Recuerda cómo se observa un lápiz cuando se sumerge en un vaso con agua y compáralo con parte de la experiencia que has estado realizando.
- Con los datos anteriores obtenidos ¿puedes calcular estimativamente el índice de refracción del líquido? De ser así, hazlo.
- Si ahora iluminas la interfase líquido -aire, manteniendo el puntero láser fuera del agua para no dañarlo (y despreciando la refracción aire-acrílico-líquido), ¿tus conclusiones serían las mismas?
- ¿Podrías en esta situación calcular el índice de refracción del líquido? De ser así, hazlo y compáralo con el obtenido en el apartado e: ¿aumentó? ¿disminuyó? ¿es igual?

h. Siempre iluminando desde el líquido (con las mismas precauciones del apartado f.) ¿puedes hacer que el número de rayos varíe cambiando el ángulo de incidencia? De ser así, marca la dirección de propagación de los rayos y mide sus valores.

i. ¿Existe algún valor del ángulo de incidencia para el cual el rayo refractado es 90° ? De ser así, marca esta dirección y mide el valor del ángulo entre el rayo incidente y la normal. ¿cómo se llama este ángulo de incidencia?

j. Si en los apartados e. y/o g. obtuviste un valor del índice de refracción del líquido ¿puedes ahora calcular el ángulo crítico entre el líquido-aire y/o entre el aire-líquido? De ser así compáralo con el valor hallado en el apartado i.

k. ¿Hubieras podido lograr lo mismo que en el apartado i. iluminando desde el aire? Explica y justifica.

l. ¿Qué sucede cuando iluminas perpendicularmente la superficie de separación aire-agua?

m. Explica y sintetiza toda la experiencia. Enumera y redacta en una tarjeta las leyes y fenómenos involucrados en la misma, ella te será de utilidad cuando tengas que armar un mapa conceptual de todo el bloque temático "óptica geométrica".

n. Utiliza el programa de computación indicado para simular algunas de las experiencias realizadas, comparando los resultados obtenidos en ambos casos.

http://www.phys.ksu.edu/perg/vqm/laserweb/Java/Snell_ap.htm (consulta 07/03/05).

Ahora desafiamos tu imaginación y te proponemos el siguiente acertijo:

Te informan que: (1) En la Figura 2 se representan vistas desde arriba de cubos sólidos transparentes. (2) El índice de refracción del cubo es mayor que el del medio que lo rodea.

Cada diagrama muestra una trayectoria para la luz que **no** es cualitativamente correcta, sino que existe al menos un error, quizás más, en cada uno de ellos. Para cada apartado ¿puedes identificar **todos** los errores? ¿cómo fundamentarías cada error hallado?

4.1.2. Para el docente

Objetivos:

- Que el alumno, ante situaciones problemáticas, sea capaz de aplicar y comprobar las leyes de la reflexión y de la refracción en superficies planas.
- Motivar al alumno en el uso de simulaciones computacionales y promover el aprendizaje autónomo.

IMPORTANTE: la manipulación de los punteros láser debe hacerse con precaución aún cuando no tengan la suficiente potencia para cortar, soldar o quemar. Nunca dirigirlos hacia arriba ni observar el haz directamente, recomendando esto a los alumnos, pues la incidencia del haz de láser directamente a los ojos podría producir daño (CIOp, 1999).

Explicación: Cuando un haz luminoso incide en una superficie que separa dos medios con diferentes índices de refracción un porcentaje del haz se refleja y un porcentaje se refracta, en consecuencia existen simultáneamente tres rayos (incidente, reflejado y refractado) que determinan respectivamente con la normal a la superficie en el punto

de incidencia tres ángulos (de incidencia, de reflexión y de refracción).

Ellos cumplen las siguientes leyes de la óptica geométrica:

- el rayo incidente, el rayo reflejado, el rayo refractado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están todos en un mismo plano;
- el ángulo de incidencia es igual al ángulo reflejado;
- cuando la luz pasa de un medio de menor índice de refracción (aire) a otro de mayor índice de refracción (líquido) el ángulo de refracción es menor que el de incidencia. Es decir el haz se desvía acercándose a la normal y se verifica la ley de Snell: $n_i \text{ sen } \phi_i = n_r \text{ sen } \phi_r$

Sabiendo que el índice de refracción del aire es aproximadamente 1 y habiendo obtenido experimentalmente los valores de los ángulos de incidencia y de refracción, se puede calcular estimativamente el índice de refracción del líquido con la expresión: $n_2 = n_1 \text{ sen } \phi_i / \text{sen } \phi_r$

Estas leyes se pueden verificar experimentalmente iluminando desde el medio de mayor índice de refracción e incorporar nuevos conceptos tales como ángulo crítico y fenómeno de reflexión total interna.

El **ángulo crítico o límite** es el ángulo de incidencia para el cual el rayo refractado es perpendicular a la normal o emerge coincidiendo con la interfase líquido-aire. Su nombre

indica que hasta ese valor de ángulo coexisten simultáneamente el fenómeno de reflexión y el de refracción. Se cumple la relación: $n_1 \text{ sen } \phi_{lc} = n_2$

Para que exista un ángulo crítico **siempre** el índice de refracción del primer medio debe ser mayor que el segundo ($n_1 > n_2$). Bajo estas circunstancias, es posible producir el **fenómeno de reflexión total interna** si el ángulo de incidencia es mayor al ángulo crítico ($\phi_i > \phi_{lc}$).

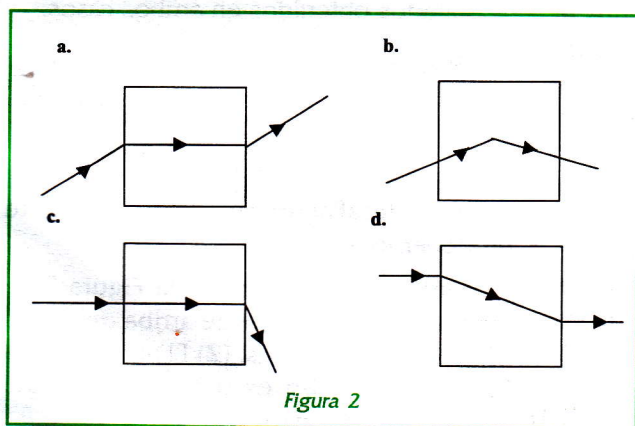


Figura 2

Como su denominación lo indica, no existe más el porcentaje de luz refractada y en consecuencia en el líquido se apreciarán sólo dos rayos.

El empleo de simulaciones computacionales estará condicionado por la disponibilidad en la escuela de computadoras con acceso a Internet, puesto que los Applets utilizados corren solamente estando conectados. No obstante, pueden darse a los alumnos las direcciones para que ellos realicen las simulaciones en sus casas, o en un cyber.

4.1.3. Comentarios

En la realización de esta experiencia, una de las principales dificultades es mantener en posición firme el puntero láser. Por lo que se recomienda que mientras un integrante del grupo apoya el mismo en el borde superior del recipiente lo más próximo a la cara delantera, otro colabore marcando los puntos que le permitan dibujar luego la trayectoria de la luz. Cuando se cambie el sentido de iluminación, agua-aire, deberá apoyarse la mano que sostiene el puntero sobre la mesada. El haz luminoso puede visualizarse si se hace dispersar la luz en pequeñas partículas, como el polvo de tiza, golpeando suavemente un borrador sobre el haz.

Las dimensiones del recipiente (una base rectangular de aproximadamente 32 cm x 10 cm y una altura de 24 cm) han permitido que el mismo se use, luego de señaladas las trayectorias luminosas, también como pizarrón. Pueden utilizarse ambas caras laterales del recipiente para trazar sobre ellas los rayos correspondientes a la refracción en la interfase aire-agua (ver figura 3) y agua-aire, respectivamente.

Resulta interesante retirar la mayor parte del líquido (hasta que sólo queden 5 o 6 cm de altura) para poder apreciar el fenómeno de reflexión total interna y comprender el funcionamiento de la fibra óptica.

Una de las limitaciones de esta experiencia es la de cuantificar el índice de refracción

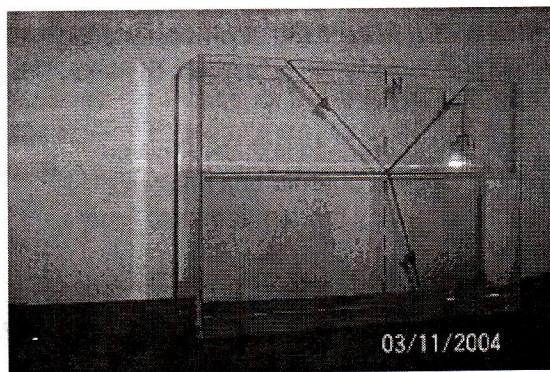


Figura 3

si todavía el alumno no conoce las funciones trigonométricas. Una manera de subsanarla, podría ser introducir la definición de la función seno, reconocer el cateto opuesto, la hipotenusa y luego de medidos, realizar los cocientes entre ellos. Con este procedimiento, se puede obtener un valor del ángulo con un error mucho menor que el que se comete al medir el ángulo directamente con el transportador.

Los docentes que han realizado la experiencia, en la puesta en común, han resalta-do la importancia de ejercicios cualitativos (como el del cubo de la figura 2) donde además de identificar errores se puede inferir el comportamiento de la luz en el fenómeno de refracción. De esta manera, a través de lo lúdico se afianza el aprendizaje de los contenidos conceptuales y se propicia el de los actitudinales.

4.2. Aplicaciones y utilidades de las lentes. El Proyector de diapositivas

4.2.1. Para el alumno

Materiales necesarios: proyector de diapositivas, una diapositiva (preferiblemente con una flecha dibujada), pantalla para proyectar (en su defecto se puede utilizar una pared blanca), cinta métrica, regla, lápiz y papel.

Actividades: Mide la altura de la flecha dibujada en la diapositiva. Colócala en el proyector y proyéctala en una pantalla cuidando de obtener una imagen derecha lo

más nítida posible. Mide con una cinta métrica la distancia desde el proyector a la pantalla y el tamaño de la imagen. Si fuera necesario confecciona una tabla.

- a. ¿Cómo has colocado la diapositiva en el proyector para obtener una imagen derecha? Explica y fundamenta este fenómeno.
- b. Tacha lo que no corresponda en la siguiente afirmación: La distancia que hay entre la posición de la diapositiva y la lente del proyector (p) es: (a) mayor, (b) igual o (c) menor que la distancia focal de la lente (f).
- c. Justifica tu elección.
- d. Con las medidas que has tomado ¿puedes calcular el valor de f ? De ser así, hazlo.
- e. Con la información que hasta aquí posees ¿cuál es el aumento de la lente del proyector? Propone otra manera de calcularlo para poder compararlo con el anterior.
- f. Si ahora moviéramos el proyector, alejándolo de la pantalla ¿qué se espera que suceda con la imagen? ¿permanece constante la distancia focal de la lente del proyector? ¿y el aumento?
- g. ¿Qué es lo que estás modificando cuando tratas de “enfocar” la imagen sobre la pantalla?
- h. Si tapáramos con una cartulina opaca la mitad de la lente del proyector ¿qué sucedería con la imagen? Justifica tu respuesta y verifícala experimentalmente.
- i. Si hubiera nueva información recuerda completar tu tarjeta.

4.2.2. Para el docente

Objetivos:

- Que el alumno logre justificar el funcionamiento óptico de un proyector de diapositivas.

Explicación: Un proyector de diapositivas está constituido básicamente por una lente convergente (L), una lámpara en su interior cuya función es iluminar la diapositiva (O) que proyecta un cargador de diapositivas.

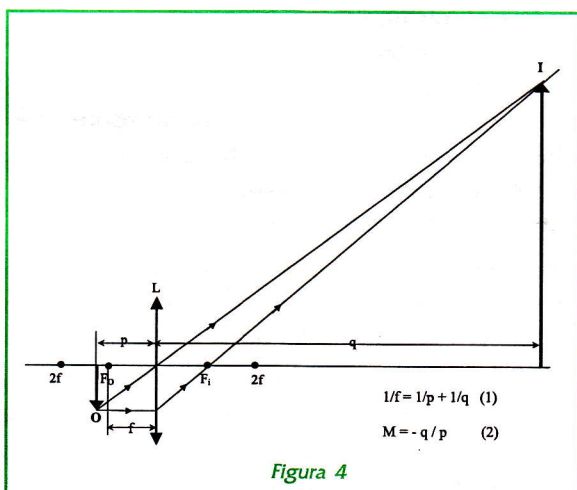
Dado que la imagen que se proyecta es real e invertida, la diapositiva se debe

colocar invertida en el cargador de diapositivas. La distancia desde la diapositiva a la lente (p) debe ser levemente mayor a la distancia focal (f) de la lente para lograr una imagen (I) aumentada ($M > 1$), de acuerdo con las ecuaciones (1) y (2). En la figura 4 se muestra la marcha de rayos y la correspondiente formación de imagen.

4.2.3. Comentarios

Para la realización de la experiencia usamos una diapositiva construida en forma manual. Sobre acetato dibujamos, con marcador indeleble, una flecha y perpendicular a ella trazamos “renglones” cada 5 mm (este procedimiento, si se conoce la escala utilizada, permite deducir fácilmente el tamaño del objeto).

Lo rico de esta experiencia, es el conflicto cognitivo que genera en los participantes el reconocimiento de que la imagen real está derecha (porque en realidad lo que se coloca invertida es la diapositiva), el cambio de tamaño de imagen al alejar el proyector (donde se gana aumento y se pierde nitidez si no se enfoca nuevamente el proyector) y la obturación de la mitad de la lente (que erróneamente lleva a pensar que se verá la mitad de la imagen, cuando en realidad sólo se pierde intensidad luminosa en la imagen proyectada, pues el objeto es iluminado con una intensidad de luz menor).



4.3. Instrumentos ópticos.

Microscopio compuesto

4.3.1. Para el alumno

Materiales necesarios: dos lentes convergentes de diferentes distancias focales, vela, fósforo, plastilina, pantalla, regla, lápiz y papel.

Actividades: Lee la información que se te proporciona a continuación:

El microscopio compuesto es un sistema óptico formado por dos lentes convergentes, una de pequeña distancia focal (f_1) llamada objetivo (por estar próxima al objeto a examinar) y la otra de mayor distancia focal (f_2) denominada ocular (por estar próxima al ojo del observador). En la figura 5 se han representado con las letras L_1 y L_2 respectivamente. El objeto (O_1) se coloca a una distancia (p_1) que es ligeramente mayor que la distancia focal del objetivo (f_1), obteniéndose así una imagen que es real, invertida y en lo posible de mayor tamaño. La segunda lente se dispone de manera tal que la imagen que produce el objetivo, objeto para el ocular, esté a una distancia de la lente menor que su distancia focal. De esta manera el ocular actúa como una lupa, dando una imagen (I_2) virtual, derecha y de mayor tamaño.

Coloca los elementos dados reproduciendo un "microscopio", de modo de poder

observar a través del ocular, una imagen nítida de la vela (objeto).

- ¿Qué tamaño tiene el objeto a examinar?
- ¿Cuál es la distancia focal del objetivo y del ocular?
- ¿A qué distancia (p_1) está el objeto del objetivo? ¿A qué distancia (q_1) se encuentra la imagen que produce el objetivo?
- ¿Qué tamaño tiene la imagen que produce el objetivo?
- ¿Cuál es la distancia entre el objetivo y el ocular? Recuerda que ella en un microscopio verdadero coincide con el largo del tubo (d).
- ¿Qué distancia hay entre la posición de la imagen proporcionada por el objetivo y la posición del ocular (p_2)?
- ¿Cuál es el aumento total del microscopio que haz armado?
- Agrega la nueva información a tu tarjeta.

4.3.2. Para el docente

Objetivos:

- Que el alumno pueda comprender el funcionamiento óptico de un microscopio compuesto.

Recomendaciones para orientar la experiencia: Si las lentes que se poseen no tienen grabadas las distancias focales o las potencias, se deberá guiar a los alumnos para que las determinen experimentalmente. Este procedimiento podría realizarse en actividades previas y serviría para consolidar el aprendizaje de los contenidos conceptuales desarrollados al estudiar el fenómeno de refracción en lentes. No obstante señalamos que una manera "práctica" de obtener las distancias focales es colocarlas directamente bajo la acción de la luz solar hasta lograr que la imagen proyectada sobre un papel blanco sea un punto. En este caso, $p \rightarrow \infty$, los rayos provienen de distancias mayores que la distancia focal de la lente con lo que resulta aplicando la ecuación (1), que la imagen se forma en el foco de la lente. Una vez que se posean esos datos, habrá que cuidar que se elijan adecuadamente la lente que actuará de objeti-

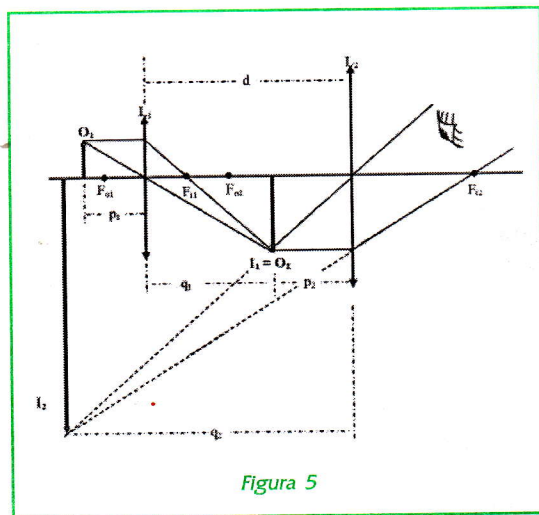
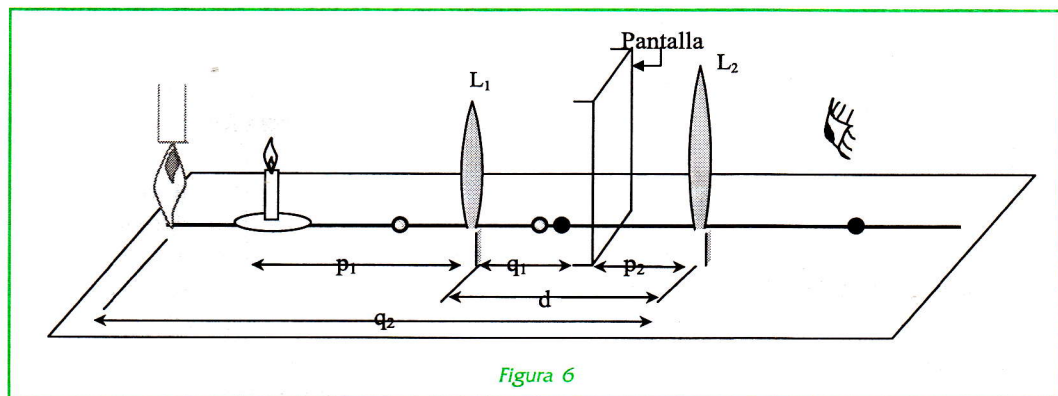


Figura 5



vo y la que servirá de ocular. Si no puede usarse la luz que llega directamente del sol, puede concentrarse la luz proveniente de las lámparas que iluminan el salón sobre la mesa de trabajo.

Es importante, una vez dispuesto el objeto (la vela encendida) a una distancia mayor que la distancia focal del objetivo, hacerles recoger la imagen real en una pantalla, porque ésta es la imagen que no se aprecia cuando se trabaja con microscopios verdaderos. Suele ser la parte de la experiencia que más recuerdan los alumnos.

Luego, es conveniente orientarlos para que dispongan el ocular de modo que la distancia objeto sea mayor que la distancia focal, de esta manera actuará como una lupa.

Otro detalle que habrá que cuidar, si no se dispone de un banco óptico y se está trabajando directamente con los elementos sueltos sobre una mesada, es la alineación de los mismos para que la disposición de objeto, objetivo y ocular actúe como un sistema óptico centrado. Esto se puede lograr colocando un listón de papel blanco donde se ha dibujado una recta. Si los diámetros de las lentes fueran diferentes, se debe tratar que los centros coincidan elevando más a la de menor diámetro. Si no se dispone de portales, pueden improvisarse algunos utilizando cajas de fósforos a las que se les practica una pequeña hendidura, o bien se pueden apoyar las lentes sobre un trozo de plastilina.

Finalmente, es interesante mostrarles que podemos observar otros elementos distintos a la vela una vez que se ha logrado enfocar-

la. Necesitamos de la vela, que emite luz de mayor intensidad que la que puede reflejar un objeto ordinario, para poder observar la imagen producida por el objetivo. Como pantalla puede utilizarse una caja de video (con fondo blanco) por la estabilidad que ofrece al apoyarla directamente sobre la mesa.

En la Figura 6 se reproducen las posiciones relativas de los elementos utilizados en una experiencia; en este caso se ha trabajado con lentes de distancias focales aproximadamente de 4,5 cm y 8,6 cm. El objeto se ha colocado a 14 cm del objetivo, la imagen se recoge en una pantalla ubicada aproximadamente a 6,4 cm por detrás del objetivo. La separación entre las lentes ha sido de 15 cm. En estas condiciones y cuando se retira la pantalla se observa parte de la vela invertida y aumentada.

4.3.3. Comentarios

Si bien habíamos previsto la realización de esta experiencia con las lentes convergentes mencionadas, en el taller los participantes han combinado adecuadamente otras lentes y lupas disponibles; armado con ellas nuevos sistemas ópticos que han funcionado como microscopios compuestos. El aumento logrado no fue muy elevado, no obstante la imagen que forma el objetivo puede verse proyectada en una pantalla intermedia, lo cual es imposible en un microscopio real.

Con la realización de esta experiencia se demuestra que aunque es preferible para la reproducción de ciertos fenómenos contar con un banco óptico; con una pizca de in-

genio, mucho gusto por la ciencia y elementos de bajo costo, se pueden realizar actividades de aprendizaje valiosas que parecerían complejas.

5. A modo de síntesis

Destacamos la buena predisposición que han puesto de manifiesto los docentes participantes en el taller, con y para quienes hemos pretendido construir esta propuesta provisoria de trabajo. Si la lectura de este artículo estimulara a otros docentes a realizar experiencias, aún cuando no tuvieran el "equipamiento ideal" en sus instituciones, nuestro objetivo estaría cumplido.

La propuesta que presentamos aquí, como cualquier otra propuesta didáctica, es susceptible de ser mejorada, de modo que serán bienvenidas las sugerencias que la optimicen.

6. Agradecimientos

Agradecemos a la APFU por invitarnos a coordinar el taller en el VII EIEF y a los colegas participantes del mismo, por su colaboración y sus valiosas indicaciones.

7. Bibliografía consultada

- ALONSO, M. y FINN, E. (1970) **Física. Vol II: Campos y ondas** Fondo Educativo Interamericano. U.S.A.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES ÓPTICAS-CIOP- (1999) **Equipo de óptica. Manual de uso.** Eudeba. Argentina.
- GIACOSA, N. (2003-a) **Problemas Suplementarios de Campos Electromagnéticos y Óptica.** Cátedra de Física II. Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. <http://www.fceqyn.aulavirtual>
- GIACOSA, N. (2003-b) **Guía de Coloquio. Cátedra de Física General.** Licenciatura en Genética y Profesorado en Biología. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. <http://www.fceqyn.aulavirtual>
- GIACOSA, N. Y CONCARI, S. (2004) **Estrategias docentes para la enseñanza de Óptica con problemas y experiencias.** Material del Taller N° 6 del VII Encuentro Internacional de Educación en Física. APFU. Trinidad. Uruguay.

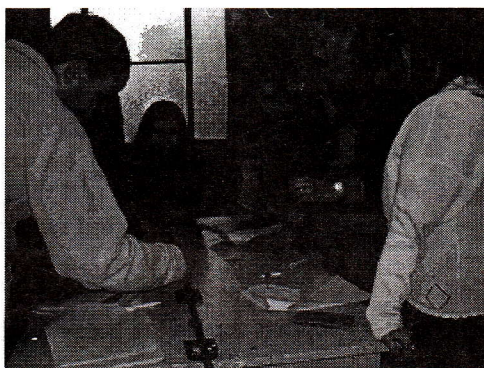


Figura 7

- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. y KRANE, K. (1996) **Física. Volumen 2** Edición CECSA. México.
- HECHT, E. (1974) **Óptica.** Serie de compendios Shaum. Libros McGraw-Hill. Colombia.
- MAIDANA, J.; GIACOSA, N.; BECK, S. y GALEANO, R. (1997) **Campos electromagnéticos y Fenómenos Ópticos. Conceptos Generales y sus aplicaciones a problemas.** Cátedra de Física II. Ingeniería Química, Farmacia, Laboratorista Químico Industrial y Bioquímica. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM.
- McDERMONT, L., SHAFFER, P y EL PHYSICS EDUCATION GROUP. (2001) **Tutoriales para física introductoria** Prentice Hall y Pearson Educación. Brasil.
- McDERMONT, L., SHAFFER, P y EL PHYSICS EDUCATION GROUP. (2001) **Tutoriales para física introductoria. Ejercicios complementarios** Prentice Hall y Pearson Educación. Brasil.
- RESNICK, R. y HALLIDAY, D. (1982) **Física. Parte 2** Compañía Editorial Continental. México.
- SEARS, F. (1973) **Óptica. Fundamentos de Física III** Editorial Aguilar. Madrid.
- SEARS, W. y ZEMANKY, M. (1966) **Física** Editorial Aguilar. Madrid.
- SEGURA, D.; LOMBARDO RODRÍGUEZ, L y ZALAMEA, E. (1980) **Fundamentos de física II** Editorial McGraw-Hill Latinoamericana. Bogotá. Colombia.
- SERWAY, R. & FAUGHN, J (2001) **Física** Prentice Hall. México.
- SIGNORINI, A. (1979) **Problemas de Física I** Centro de Estudiantes de Ingeniería: La línea recta. Buenos Aires. Argentina.
- TIPLER, P. (1996) **Física. Volumen II** Tercera Edición Editorial Reverté. España.

W E B

Primera Recomendación

Institute of Physics Teaching Physics

<http://teachingphysics.iop.org/>

Teaching Physics is aimed at those with an interest in the teaching and learning of Physics in Schools and Colleges.

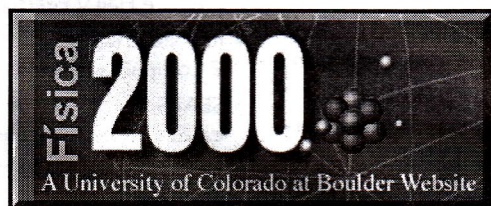
The Institute of Physics is a leading international professional body and learned society, with over 37,000 members, which promotes the advancement and dissemination of the science of pure and applied physics. A major reason for the existence of the Institute of Physics is to secure a flourishing future for physics. One way that the Institute does this is by supporting physics in schools and colleges. This support includes:

- Support, advice and training for teachers on developments in education and physics
- An Affiliated Schools Scheme that provides resources including newsletters, posters and careers material

Major developments such as: Advancing Physics; Supporting Physics Teaching 11-14; Physics teachers' email list; Physics Education; Primary science and maths magazines; Talks, competitions, and careers material for young people; Local Physics Teachers Networks

The Department responds to enquiries from pupils, students, technicians, teachers and lecturers and from parents and governors. We aim to provide advice, information and comment as appropriate. We also make formative comments on new proposals and consultation papers from a wide range of organisations including awarding bodies and government departments and agencies.

Segunda Recomendación



http://www.maloka.org/f2000/TOC_Full.html

¿Cuáles son las metas de la Iniciativa Educativa Física 2000?

Hacer la física más accesible a estudiantes y personas de todas las edades y contrarrestar cualquier imagen negativa que pueda existir al respecto.

- desarrollando un sitio innovativo en Internet, orientado a todas las edades, con énfasis en las imágenes, la interactividad y la organización jerárquica de la información.
- desarrollando cursos en vivo para pre-grado de áreas no científicas, con soporte en la red. Demostrar la conexión entre la tecnología moderna y la investigación básica que la precedió.

- trabajando retrospectivamente desde equipos y tecnologías comunes y familiares hacia los principios generales establecidos con mucha antecendencia por la experimentación y teorías básicas.

Estimular la apreciación de los logros de la física del siglo XX.

- enfocando la atención pública sobre los resultados actuales en física y explicando su significado y relevancia.
- desarrollando cursos inter-disciplinarios de pre-grado.

Hacer interactiva la experiencia del aprendizaje.

Organizar el material desde lo familiar hasta lo abstracto.

Hacer agradable la experiencia de aprender.

Tercera Recomendación

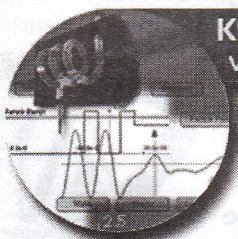


Programa explora - conicyt

<http://www.explora.cl/otros/fisica2005/fmoderna.html>

Posee una Línea de Tiempo de la Física Moderna desde 1895 hasta nuestros días y las proyecciones a futuro. También encontrarán las aplicaciones más notables a las que ha contribuido esta ciencia. Un poster desplegable muy bueno para ver o «bajar» en PDF; secciones como las «conversando con Físicos» «Einstein hoy» (sobre el impacto de los trabajos de Einstein en la actualidad) y otros recursos.

Cuarta Recomendación



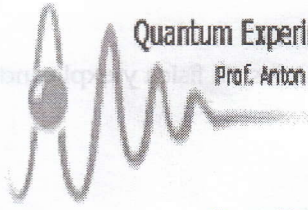
KSU Physics Education Group
Visual Quantum Mechanics Home Search

Software

<http://web.phys.ksu.edu/vqm/>
(<http://www.phys.ksu.edu/perg/vqm/software/>)

The Visual Quantum Mechanics project is developing instructional materials about quantum physics for high school and college students. Instructional units and/or courses are being created for high school and college non-science students, pre-medical and biology students, and science and engineering majors. Each set of the teaching-learning materials integrates interactive visualizations with inexpensive materials and written documents in an activity-based environment.

Quinta Recomendación



Quantum Experiments and the Foundations of Physics

Prof. Anton Zeilinger



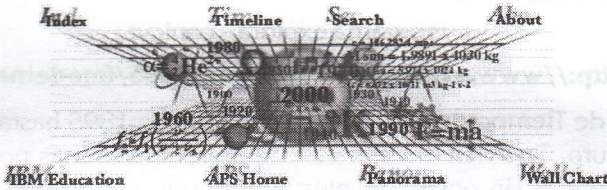
<http://www.quantum.univie.ac.at/research/>

Experimentos y últimas investigaciones en cuántica

Ejemplo: Matter Wave Interferometry Experiments: Decoherence by the emission of thermal radiation; Wave nature of biomolecules and fluorinated fullerenes; Collisional decoherence in matter wave interferometry; An interferometer for large molecules; Diffraction of the Fullerenes C60 and C70 by a standing light wave; Fullerene Interference behind a single mechanical grating.

Sexta Recomendación

The American Physical Society - A Century Of Physics

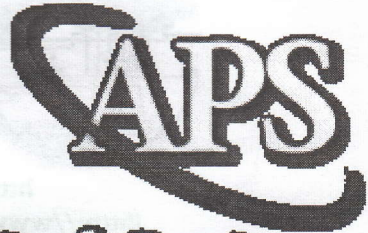


<http://timeline.aps.org/APS/>
(<http://www.aps.org/>)

The American Physical Society was founded on May 20, 1899, when 36 physicists gathered at Columbia University for that purpose. They proclaimed the mission of the new Society to be «to advance and diffuse the knowledge of physics», and in one way or another the APS has been at that task ever since.

Esponsorizado por IBM, APS, Lucent Technologies, National Science Foundation, United States Department of Energy, United Parcel Service.

In 1999, the APS celebrated its Centennial with the biggest-ever physics meeting in Atlanta, and in 2005 the APS will take a lead role in US participation in the World Year of Physics.



American Physical Society

LA DINÁMICA DE LOS SERES VIVOS

Breve Biografía no autorizada de la Mecánica y sus amores trágicos con la Biología

R. Ernesto Blanco

"... de repente, escuchamos una voz que gritaba: 'Este es el mar. Este es el profundo mar. Este es el vasto y poderoso mar.' Y cuando alcanzamos la voz, era un hombre de espaldas al mar y sosteniendo cerca de su oreja un caracol marino. Oía así el murmullo del mar. Y mi alma dijo: 'Dejémoslo. Es el que vuelve su espalda a todo lo que no puede abarcar con su mente y se conforma con un fragmento'."

Khalil Gibrán

El más inmenso mar. El Loco (1918)

En los orígenes de la ciencia el estudio de la locomoción de los animales fue una importante inspiración para intentar comprender las leyes físicas del movimiento. Esta afirmación se sustenta en el claro paralelismo existente entre las preocupaciones por las leyes del movimiento y la descripción de la locomoción de los seres vivos en los tiempos previos a Newton y su mecánica.

Aristóteles (384-322 AC) fue el primero que, en forma documentada, analizó y describió el proceso de la marcha. Sus tratados: *"Partes de los animales"*, *"Movimientos de los animales"* y *"Progresión de los animales"*, describieron por primera vez las acciones de los músculos y las sometieron a análisis geométrico. Propuso, desde su visión de la mecánica, algunos principios de la carrera y el salto:

"... El animal que se mueve hace su cambio de posición presionando lo que está debajo de él... De ahí que los atletas saltan a mayor distancia si tienen pesos en las manos que si no los tienen y los corredores corren a mayor velocidad si balancean los brazos, porque en la extensión de los brazos existe una especie de apoyo sobre las manos y muñecas."

Recientemente ha sido estudiado el salto con pesas al estilo de los antiguos atletas

olímpicos y se ha corroborado la validez de la observación de Aristóteles al respecto (Minetti & Ardigó, 2002).

El médico romano Galeno (131-201), que asistía a los gladiadores del rey Pérgamo, escribió un ensayo llamado *"De Motu Musculorum"* en donde establece la diferencia entre nervios motores y sensitivos así como entre músculos agonistas y antagonistas. Consideraba que la contracción muscular se producía por el paso a través de los nervios de *"espíritus animales"* que viajaban desde el cerebro hacia los músculos.

Luego de Galeno, los estudios de locomoción (como los de tantas otras disciplinas), quedaron estancados por más de mil años. Fue en coincidencia con el despertar de la ciencia en el Renacimiento que Leonardo da Vinci (1452-1519) se interesó por la estructura y movimientos del cuerpo humano. Describió la marcha en ascenso y descenso así como el salto, entre otros movimientos. Su interés era fundamentalmente artístico. Para representar la figura humana y animal en sus diversas posibilidades es necesario conocer los detalles de su anatomía y movimientos. Un claro ejemplo de cómo surge la necesidad artística de conocer la locomoción es el siguiente fragmento de los *"Cuadernos de Notas"* de Da Vinci en que se trata de cómo representar una batalla:

"Si representamos caballos galopantes alejándose de la multitud, procuremos que haya la misma distancia entre las nubes de polvo que la que existe entre los pasos del caballo."

La relación entre "la distancia entre los pasos" y la velocidad del animal observada por Da Vinci ha permitido luego de estudios más profundos estimar velocidades de locomoción de animales extinguidos a partir de sus huellas fósiles (Alexander 1989a).

Galileo, en su tratado sobre dos nuevas ciencias, se dedicó a la interpretación de las características anatómicas de los animales a partir de consideraciones de escalas y resistencia de los materiales. Se podría decir que aquella obra, que se considera el nacimiento de la física actual, incluyó también el primer intento de comprender las estructuras biológicas del modo en que la biomecánica lo pretende actualmente.

Alberto Borelli (1608-1679), discípulo en segunda generación de Galileo y conocido por ser el fundador de la escuela yatrofísica, aquella en que se afirmaba que los fenómenos de la vida y la muerte se basan en leyes físicas, se propuso aplicar fórmulas matemáticas para el estudio de la locomoción. En su tratado *"De Motu Animalium"*, publicado en 1631, Borelli defendió la idea de que los animales son máquinas. Sostuvo que los huesos son palancas y que los músculos funcionan siguiendo principios matemáticos. Sin embargo, su teoría de la contracción muscular era altamente especulativa e incluso contradictoria con aspectos empíricos fácilmente accesibles en su época.

Un seguidor de la escuela yatrofísica, Giorgio Baglivi (1597-1677), en una obra publicada en 1700 reconoció la diferencia entre los músculos lisos, destinados a realizar esfuerzos sostenidos y prolongados y los músculos estriados, que ejecutan movimientos rápidos. La aproximación era extremadamente ingenua, fruto de la falta de

atención a las observaciones experimentales, e hizo que la escuela yatrofísica, y su programa para el estudio de la locomoción, cayera en decadencia hasta desaparecer. Otro factor que dificultó el proyecto de aproximarse desde la mecánica al estudio de la locomoción fue la dificultad intrínseca del problema:

"Trescientos años atrás la ciencia emergente de la dinámica se inspiró tanto en los movimientos de los seres vivos como en los de planetas y piedras cayendo. Descartes, en particular, especuló en ambos temas con igual gusto. Los movimientos de objetos inanimados, sin embargo, son los que mejor se prestan a pruebas científicas, debido en gran medida al uso efectivo de ecuaciones diferenciales lineales y de bajo orden. Por otra parte, los movimientos biológicamente originados, con sus múltiples grados de libertad y propiedades mecánicas horriblemente no lineales de los órganos efectores (músculos), dejaron de ser un objeto legítimo de estudio para los físicos." (Hasan, 1988)

Por cientos de años los físicos conocedores profundos de las leyes del movimiento dejaron de lado a los seres vivos y prefirieron estudiar movimientos y fenómenos más fácilmente comprensibles. Esto nos recuerda al hombre del cuento de Gibrán (ver epígrafe de este artículo) que cree conocer al mar por el sonido de un caracol marino.

Pero a partir de fines del siglo XIX y fines del siglo XX comenzó a resurgir el programa biomecánico de Galileo. Un estudio importante de la locomoción fue realizado por Muybridge a fines del siglo XIX mediante secuencias de fotografías que permiten apreciar los detalles cinemáticos de la locomoción (Muybridge, 1887). Actualmente gracias a los avances tecnológicos se cuenta con un importante cuerpo de información sobre la locomoción proveniente del uso de plataformas de fuerza, electromiografías, filmaciones, importantes avances de la anatomía compa-

rada, etc. Esto permitió el estudio de la locomoción y otros movimientos de los animales con métodos de la física y la ingeniería (ver por ejemplo Alexander, 1983a). Actualmente la biomecánica tiene muchas aplicaciones: medicina, mejora de rendimientos deportivos, zoología, ingeniería, etc.

Una aplicación de la biomecánica es el estudio de los modos de vida de animales extinguidos. Todas las principales ramas de la mecánica han sido aplicadas en el estudio de vertebrados fósiles: cinemática, estática, dinámica del sólido, resistencia de materiales, hidrostática e hidrodinámica. Sus aplicaciones han sido a problemas muy variados como pueden ser aquellos vinculados a la masticación, posturas, carrera, nado, vuelo y circulación de la sangre (para una revisión ilustrativa de los comienzos de este enfoque ver Alexander, 1989a, b). Si bien esta aplicación se ha desarrollado extensivamente en los últimos treinta años y continúa en desarrollo, las faunas sudamericanas aún han sido poco estudiadas con esta herramienta. Los principales trabajos sobre biomecánica de faunas fósiles sudamericanas han sido realizados por Richard Fariña, Sergio Vizcaíno y sus colaboradores (entre los que se encuentra el autor de este artículo ver por ejemplo Blanco & Jones 2005; Fariña & Blanco 1996; Blanco & Mazzetta 2001; Blanco & Czerwonogora 2003; entre otros trabajos que incluyen a R.E. Blanco en la Bibliografía). Estos dos autores han trabajado en los últimos doce años fundamentalmente sobre mamíferos del pleistoceno sudamericano (Fariña & Vizcaíno, 1995; 1999).

Un problema paleontológico que puede ser abordado desde la biomecánica es el de las velocidades máximas de carrera de los tetrápodos terrestres extinguidos. En la década de 1970, Robert Bakker realizó un conjunto de propuestas polémicas sobre los modos de vida de los dinosaurios (ver Bakker, 1986; Fariña & Sequeira, 1993). Comenzó a emerger así, de la mano de Bakker y otros autores, una visión de los

dinosaurios como animales activos y poderosos más parecidos a los mamíferos y aves que a los reptiles en cuanto a sus niveles de actividad y modos de vida.

*“¡Recuerdo claramente la primera vez que esa idea me llegó! ‘Hay algo mal en nuestros dinosaurios’. Yo estaba en el gran salón del Museo Peabody de Yale, a los pies del esqueleto de **Brontosaurus**. Eran las 3:00 am, el salón estaba oscuro, nadie más estaba en el edificio. ‘Hay algo mal en nuestros dinosaurios’. El salón entero parecía decirme eso... Los libros y las leyendas en los museos predicaban siempre el mismo mensaje - los dinosaurios habían fallado en la carrera evolutiva. Las historias de sus modos de vida eran siempre negativas: **Brontosaurus** no podía caminar en tierra porque su cuerpo era demasiado pesado; **Diplodocus** no podía alimentarse más que de plantas acuáticas blandas porque su cabeza era muy pequeña; los dinosaurios con pico de pato no podían correr porque sus articulaciones eran imperfectas; **Pteranodon** no podía batir sus alas porque eran demasiado débiles; los dinosaurios no podían tener sangre caliente porque sus cerebros eran demasiado pequeños. Y finalmente el principal defecto - los dinosaurios no podían soportar la competencia de los pequeños e inteligentes mamíferos. Todos esos “no podían” eran el reflejo de la visión ortodoxa de los dinosaurios como una dinastía de criaturas fracasadas. Y fue toda esa ortodoxia que de pronto me pareció totalmente errónea mientras miraba al **Brontosaurus** en el salón principal.” (Bakker, 1986)*

La biomecánica de la locomoción y su influencia sobre la anatomía comparada fueron grandes herramientas en la revolución que estaba comenzando en la paleontología de dinosaurios. Uno de los aspectos que más debate ha generado desde entonces es el de las velocidades máximas de carrera de los dinosaurios. Según Bakker el espectacular carnívoro *Tyrannosaurus rex* habría sido capaz de correr a más de 18 m s^{-1} (la

velocidad de un caballo de carrera). Desde entonces, muchos autores han trabajado en el tema tratando de dar vuelta esa historia y llegando a reinstaurar la idea de que *Tyrannosaurus* habría sido muy lento e incluso incapaz de correr (ver por ejemplo Farlow et al. 1995; Alexander 1996; Hutchinson & García 2002). En mi tesis de doctorado pude estimar que la velocidad máxima de este gigantesco carnívoro habría sido de unos 12 m s^{-1} , comparable a la velocidad máxima de los mejores velocistas humanos. En esa tesis se propuso un modelo mecánico para determinar la velocidad máxima de tetrápodos terrestres extinguidos (Blanco et al 2003). Para eso se exploraron los límites derivados de la resistencia de los huesos, el tejido de los vertebrados terrestres que se preserva mejor a través del proceso de fosilización. El método propuesto para determinar la velocidad máxima se basa en la resistencia de la tibia. Dicho modelo fue puesto a prueba aplicándolo a 30 especies de mamíferos actuales.

Si bien la velocidad máxima que un organismo puede desarrollar es una característica muy importante para determinar sus posibilidades de éxito al perseguir a una presa o escapar de un predador, su estudio en animales actuales aún no ha sido demasiado profundo. Existen una serie de características anatómicas y fisiológicas que parecen estar relacionadas con la velocidad máxima, sin embargo, el estudio de este tema está aún retrasado respecto a otras cuestiones de la locomoción. Existen datos confiables de velocidad máxima para muy pocas especies actuales de mamíferos y aves corredoras. A su vez, desde el punto de vista teórico, no existe acuerdo sobre cuáles son los factores limitantes para la velocidad máxima y si dichos factores operan del mismo modo para todos los intervalos de tamaño corporal. El conocimiento teórico de los límites a la velocidad máxima es muy importante a la hora de determinar las capacidades de locomoción y los modos de

vida de animales extinguidos. Estas velocidades de carrera habrían determinado algunos aspectos de sus modos de vida y formas de captura de sus presas como en el caso mencionado del *Tyrannosaurus rex*.

Los amores entre la Mecánica y la Biología prometen aún unos cuantos encuentros, y desencuentros, como aquellos de los trágicos amantes de la Grecia antigua que recuerda el divino Ovidio en sus Heroidas (carta de Safo a Faón): “Allí te encuentro, aunque estés en regiones lejanas; pero los gozos de un ensueño son demasiado efímeros... me lamento de que tan rápidamente me hayan abandonado los sueños... ¡Desamarrar la nave! Venus que nació en el mar, hace propicio el mar para un enamorado. La brisa te abrirá camino. ¡Tú únicamente desamarrar la nave!”

Bibliografía

- ALEXANDER, R. McN. (1983a). *Animal Mechanics*. 2nd ed. 301 pp. London: Blackwell.
- ALEXANDER, R. McN. (1989a). Dynamics of Dinosaurs and Others Extinct Giants. Columbia University Press, New York.
- ALEXANDER, R. McN. (1989b). Mechanics of fossil vertebrates. *Journal of the Geological Society, London*, 146, 41-52.
- ALEXANDER, R. McN. (1996). *Tyrannosaurus on the run*. *Nature* 379, 121.
- BAKKER, R. T. (1986). The Dinosaur Heresies: New Theories Unlocking the Mystery of the Dinosaurs and their Extinction. William Morrow and Company, New York.
- BARGO MS, VIZCAÍNO SF, ARCHUBY F, BLANCO RE. 2000 Limb bone proportions, strength and digging in some Lujanian (Late Pleistocene- Early Holocene) mylodontid ground sloths (Mammalia, Xenarthra). *Journal of Vertebrate Paleontology* 20(3):601-610.
- BLANCO RE, MAZZETTA GV. 2001. A new approach to evaluate the cursorial ability of the giant theropod *Giganotosaurus carolinii*. *Acta Paleontologica Polonica* Vol. 46 N°2 pp. 193-202.

- Mazzetta GV, Blanco RE. 2001. Speeds of dinosaurs from the Albian Cenomanian of Patagonia and sauropod stance and gait. *Acta Paleontologica Polonica* Vol. 46 N°2 pp. 235-246.
- Blanco RE, Jones WW. 2005. Terror birds on the run: a mechanical model to estimate its maximum running speed.. *Proceedings of the Royal SocietyB* 272: 1769-1773.
- Blanco RE, Gambini R, Fariña RA. 2003. Mechanical Model for Theoretical Determination of Maximum Running Speed in Mammals. *Journal of Theoretical Biology*. 222, pp 117-125.
- Blanco RE, Czerwonogora A. 2003. The gait of *Megatherium*. *Senckenbergiana biologica* 83, pp 61-68.
- Mazzetta GV, Blanco RE, Cisilino A. 2004. Modelización con elementos finitos de un diente referido al género *Giganotosaurus* (Theropoda: Carcharodontosauridae). *Ameghiniana*. 41 (4): 619-626.
- Mazzetta GV, Blanco RE, Cisilino A. 2004. Distribución de tensiones durante la mordida en la mandíbula de *Carnotaurus sastrei* (Theropoda: Abelisauridae). *Ameghiniana*. 41(4): 605-617.
- Fariña RA, Blanco RE. 1996. *Megatherium*, the stabber. *Proceedings of the Royal Society B* 263: 1725-1729.
- FARIÑA R.A. & SEQUEIRA A. (1993). Dinosaurios. Montevideo: Fin de Siglo.
- FARIÑA R.A. & VIZCAÍNO, S.F. (1995) Hace sólo diez mil años. Montevideo: Fin de Siglo.
- FARIÑA R.A. & VIZCAÍNO S.F. (1999). A century after Ameghino: the palaeobiology of the large Quaternary mammals of South America revisited. *Quaternary of South America and the Antarctic Peninsula* 12, 255-277.
- FARLOW, J. O., M. B. SMITH, & J. M. ROBINSON. (1995). Body mass, bone "strength indicator," and cursorial potential of *Tyrannosaurus rex*. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15, 713-725.
- HASAN, Z (1988), Biomechanical Complexity and the Control of Movement in Lectures in the Science of Complexity. Addison Wesley Publishing Company.
- HUTCHINSON, J. R. & GARCÍA, M. (2002). *Tyrannosaurus* was not a fast runner. *Nature* 415, 1018-1021.
- MINETTI, A.E. & ARDIGÓ, L.P. (2002). Biomechanics: Halteres used in ancient Olympic long jump. *Nature* 420, 141-142
- MUYBRIDGE, E. (1887). *Animal Locomotion: An Electro-Photographic Investigation of Consecutive Phases of Animal Movements, 1872-1885*. Philadelphia: University of Pennsylvania.

EDICIONES



Un proyecto editorial al servicio de estudiantes y autores uruguayos.

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

Descuentos especiales para estudiantes y docentes

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



FÍSICA DEL HUMOR (III)

Física y el sentido de la vida (historia con moraleja)

Un profesor de Filosofía, lleva a su clase varios objetos y los coloca en su escritorio. Cuando da comienzo a la clase toma un frasco grande y vacío de mayonesa y procede a llenarlo con unas cuantas piedras de regular tamaño.

Entonces pregunta a sus estudiantes si el frasco está lleno.

Todos dicen que sí. Entonces el profesor coge una bolsita de municiones medianas y la vacía en el frasco y agitando poco a poco las municiones van llenando los espacios vacíos entre las piedras. De nuevo pregunta si el frasco está lleno.

Todos respondieron, riéndose, que ahora sí. El Profesor toma ahora una bolsita de arena y la va vaciando en el frasco mientras sacude un poco. La arena termina de llenar los espacios vacíos.

Ahora bien —dice el profe— quiero que reconozcan y entiendan que esto es como sus vidas. Las piedras grandes son las cosas importantes sus familias, sus socios, su salud, sus hijos, cosas que cuando todo lo demás se pierde todavía llenarán sus vidas.

Las municiones representan cosas que cuentan algo menos, como su trabajo, su casa, su automóvil. Y la arena sería todo lo demás, las cosas insignificantes en sus vidas.

Si ustedes llenan el frasco primero con la arena, no habrá espacio para las piedras y las municiones. Lo mismo ocurre con vuestras vidas. Si pierden su tiempo y energía en nimiedades nunca quedará espacio para las cosas que realmente deben importarles. «Ocupense primero de las piedras y municiones, lo que más importa.

Establezcan prioridades, el resto será pura arena.» Pero entonces, un estudiante de Física (de los que nunca faltan) se levanta, toma el frasco que todo el mundo, incluido el profesor, consideran totalmente lleno y procede a vaciar el agua para el mate que tenía en el termo dentro del mismo. Por supuesto el agua relleno los intersticios sobrantes dentro del frasco y verdaderamente dejó el frasco —ahora sí— totalmente lleno.

¿Y la moraleja?

¡¡ No importa cuán ocupada esté tu vida, siempre quedará espacio para un matecito!!

...

La edad del profesor

Es el primer día de clases y llega el profesor de Física, con su pipa, sus lentes..., — Buenos días muchachos, soy su profesor de Física. Me gustaría comenzar la clase con el siguiente problema: «Sale un avión de Salto hacia Punta del Este, a una velocidad al momento de despegar de 250 Km/H; el viento tiene una velocidad de 20 nudos en dirección Sur-Este. Lleva 72 pasajeros a bordo, y una tripulación total de 6 personas, sin incluir una azafata que está con licencia prenatal. A los 37 minutos del despegue, el baño está ocupado por un pasajero con mareo. La temperatura ambiente en altura es de -34°C , en tierra 18°C y la sensación térmica en tierra es de 4°C .

La pregunta es: ¿Qué edad tengo?»

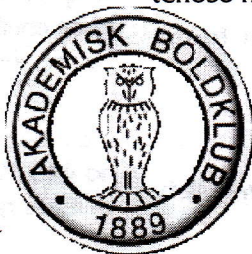
Todos los alumnos se quedan perplejos. Hasta que un alumno levanta la mano, y el profesor dice: — A ver tú ¿sabes la respuesta? — Sí, profesor. Su edad es... 44 años. — ¡Increíble! ¡Es correcto! ¿Cómo supiste la respuesta? —pregunta asombrado el profesor. — Bueno, es que tengo un primo que está medio "chifladito" y tiene 22».

Curiosos Casos, Cosas Curiosas

FÍSICA Y FÚTBOL

No faltarán los “profes” que sostengan con pasión científica y lucidez experimental que estos conceptos tienen poco en común. En el cajón de las casualidades, hemos encontrado que el danés Niels Henrik David Bohr Adler, Premio Nóbel de Física (1922), supo destacarse en la práctica de nuestro viejo y querido deporte de la pelota.

Su padre, Christian Bohr, médico fisiologista, admirador de Goethe y Shakespeare, fue uno de los precursores del ingreso del Balompié en Dinamarca, acertando a fundar el primer club de este Reino: el glorioso Akademisk Boldklub FC.



No fue de extrañar para la época, que con semejante antecedente, tanto Niels como su hermano menor Harald (un virtuoso matemático) le “agarraran el gusto” al fútbol y lo practicaran

como un complemento de su desarrollo personal.

Tanto fue así que nuestro Niels llegó a ser el arquero titular del AB, el cuadro de papá Christian. Buen “cuidapalos”. Aunque este antecesor de la “Araña Negra” Yashin nunca pudo ser el golero de la selección. Sin

embargo, su hermano Harald, la rompía y por eso no tuvo barreras. Integró la selección que compitió en los Juegos Olímpicos de Londres (1908) y que ganara la Medalla de Plata, en esta disciplina.

Cuentan las malas lenguas (bajo un misterioso nombre danés en el Guardián británico), que en ocasión de un partido (corría el año de 1905) donde se enfrentaban los daneses del AB y los alemanes del club Mittweida; un largo y poderoso remate de un delantero germano sorprendió con un “gol bobo”, a nuestro bien conocido Niels.

Al finalizar la brega entre estos clubes universitarios, Niels – a modo de excusa, señaló a sus compañeros que lo disculparan porque en ese “trágico” momento estaba absorto en la resolución de un problema matemático que le resultaba más interesante que las alternativas del encuentro. Fue el principio y fin de una promisoría carrera. Dicen que Don Isaac Newton sonreía desde el más allá. Ochenta años después, Dinamarca goleaba por 6 a 1 a Uruguay en el Mundial de México. Ahora me vengo a enterar que los Bohr, algo tuvieron que ver.

Francisco (Paco) Fernández
Cronista deportivo. (13 a 0 y Brecha).
Prof. de Química

EL CIELO ESTÁ MÁS CALIENTE QUE EL INFIERNO

(Versión traducida y levemente adaptada de texto anónimo aparecido en *Applied Optics* (1972, 11 A14)).

La Biblia, en Isaías 30:26 (versión de estudio): «...la Luna alumbrará como el Sol, y la luz del Sol será siete veces más fuerte, como la luz de siete soles juntos.»

Por tanto, el Cielo recibe de la Luna tanta radiación como la Tierra recibe del Sol, y además siete veces siete (49) lo que la Tie-

rra recibe del Sol, o 50 veces en total. La luz que recibimos de la Luna es una diezmilésima parte de la luz que recibimos del Sol, por lo que podemos ignorarla. Con estos datos podemos calcular la temperatura del Cielo. La radiación que recibe el Cielo lo calentará hasta el punto en el que el calor

perdido por radiación iguala al *calor que recibe*. En otras palabras, el Cielo pierde, por radiación, cincuenta veces más *calor* que la Tierra. (la *cursiva* es agregada).

Utilizando la ley de Stefan-Boltzmann para la radiación: $(C/T)^4 = 50$

Donde T es la temperatura absoluta de la Tierra, 300 K (27 °C). Esto permite calcular para la temperatura del Cielo, H, un valor de 798 K (525 °C).

(Nota: Resultado obtenido en forma empírica por Stefan y Boltzmann en 1879, relación entre la potencia radiada y la temperatura:

$$R_T = \sigma T^4 \text{ donde } \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}^4)$$

La temperatura exacta del Infierno no se puede calcular exactamente pero debe ser menor que 444,6 °C, la temperatura a la que el azufre cambia de líquido a gas.

En Apocalipsis 21:8 : “*Pero en cuanto a los cobardes, los ... , y todos los mentirosos, a ellos les tocará ir al lago de **azufre ardiente**, ...*”

Un lago de azufre fundido significa que su temperatura debe ser igual o menor que el punto de ebullición, que es 444,6 °C. (Por encima de ese punto, sería un gas, no un lago).

Tenemos entonces que, la temperatura del Cielo es 525 °C y la temperatura del Infierno 445 °C . Por lo tanto, el Cielo está más caliente que el Infierno.

LA FÍSICA ¿ES COSA SOLO DE HOMBRES?



Myriam Sarachik, 72 años, abandonó con su familia su Bélgica natal huyendo de la invasión nazi y, tras pasar un tiempo en un campo de concentración, logró huir con los suyos, y cruzar Francia y España para refugiarse en Cuba antes de asentarse en EE.UU. Impartió la conferencia de clausura en el congreso del centenario de las reales sociedades de Física y de Química, celebrado en Madrid.

Muestra tanta pasión en su trabajo como en hablar del papel de la mujer en la ciencia, de los derechos humanos o de la importancia de impulsar la educación de las ciencias.

(Sigue parte de una entrevista. **P.** = Pregunta / **R.** = Respuesta).

P. ¿Se ocupa la APS de cuestiones sociales y políticas?

R. Si. La APS ha estado y esta implicada en muchas actividades... Por ejemplo, una en la que yo me he ocupado es derechos humanos de los científicos. Estamos preocupados por los derechos humanos de todo el mundo, pero como APS tenemos relaciones especiales de amistad con físicos y científicos de todo el mundo. También tenemos un comité

muy activo sobre la mujer en la Física, para promover su presencia en nuestra sociedad y en la ciencia en general. Igualmente activo es el comité para atraer a los afroamericanos, porque desgraciadamente tenemos muy pocos en la Física.

P. Mucha gente dice que el siglo XX fue el de la Física y que éste será el de la Biología.

R. No es verdad. La Física tiene muchísimo por descubrir y es tan emocionante como lo ha sido siempre. Es una de las ciencias realmente fundamentales, es clave

en la raíz de otras disciplinas. Es cierto que se está haciendo mucho trabajo interdisciplinar y hay muchas investigaciones fascinantes, pero los cimientos están en las ciencias fundamentales: Física y matemáticas.

- P. ¿Tiene esto que ver con la educación?
- R. La APS tiene una serie de programas de educación, algunos en colaboración con la Asociación Americana de Profesores de Física, para incrementar las capacidades de los profesores de enseñanza media. Desde luego, la enseñanza de la Física en EE UU debe mejorar, tenemos que preparar mejor a los profesores, pagarles mejor, y que consideren el trabajo que desempeñan es muy importante.
- P. ¿Qué diría a un joven estudiante para atraerle a la Física?
- R. Que es algo muy divertido, un reto, algo estupendo... La Física es una carrera preciosa y puedes tener una vida muy interesante dedicándose a ella. Plantearse un objetivo difícil y lograrlo supone un placer enorme.
- P. ¿A qué dedica su investigación?
- R. Trabajo en dos áreas. Una es conductividad en metales y aislantes, ... Otra lí-

nea es sobre imanes moleculares, ... potencialmente es útil en computación cuántica.

- P. Usted está especialmente interesada en promover la participación de las mujeres en física.
- R. La ciencia siempre ha sido un campo de actividad masculino pero es muy importante atraer a las mujeres porque supone un enriquecimiento. Primero hay que reconocer a las mujeres por sus contribuciones, por los descubrimientos que hacen, y esto nos enriquece a todos, hombres y mujeres por igual, nos hace más fuertes y más libres.
- P. ¿Por qué en disciplinas como la biología y la química hay más mujeres que en física?
- R. No lo sé, pero es cierto. Vengo ahora de La Habana y allí la mitad de los ingenieros son mujeres, mientras que sólo lo son el 20% de los físicos, aunque la ingeniería esta igualmente basada en las matemáticas. Tal vez se deba al sistema educativo, a las expectativas que se crean en las mujeres. Hay mentalidades muy enraizadas en la sociedad, de los hombres, pero también de las mujeres.

“La Física, y de modo más general, la ciencia, pueden abordar algunos de los problemas más difíciles que enfrentamos: calentamiento global, nuestra necesidad de energía, el emergente problema del déficit de agua, incluso quizás la disparidad entre pobres y ricos, todos temas de gran importancia en nuestro bienestar futuro.

No es menor el hecho que una fuerte estructura científica contribuye muchísimo a la fortaleza económica de un país y eleva el nivel de vida de sus ciudadanos.” (Boletín EXPLORA y Diviértete, Programa EXPLORA, julio de 2005)

(Extracto de una entrevista a Myriam Sarachik, presidenta de la Sociedad Americana de Física (APS), investigadora de la City University of New York en El País Digital de España, <http://www.elpais.es>. y de presentación para la XI Semana Nacional de la CyT 10 al 16/10/2005 en <http://www.explora.cl/otros/11semana/sarachik.html> con aportes de la Profa. Alejandra Delgado).



Dispositivo para medir la velocidad del sonido en algunos fluidos

Fernando Brito - fmbrito@adinet.com.uy

1. Resumen

El "Slup" es un dispositivo que permite determinar la velocidad del sonido en el agua y otros fluidos de manera "conceptualmente simple".

Se mide el desplazamiento de un "pulso" en un fluido y el intervalo de tiempo para ese desplazamiento, calculándose la velocidad del sonido en el fluido como

$$|\vec{v}_m| = \frac{|\Delta \vec{x}|}{\Delta t}$$

Dado que la velocidad del sonido en el agua y en algunos fluidos es del orden de 10^3 m/s, el intervalo de tiempo para un Δx que podemos obtener en un laboratorio es del orden de 10^{-3} s. Por tal motivo es necesario un programa informático que permita medir con precisión un intervalo de tiempo de ese orden.

2. Introducción

Desde hace varios siglos la velocidad del sonido en fluidos como el agua ha despertado el interés de grandes pensadores, como Leonardo da Vinci, quien en 1490 observa cómo el sonido de los barcos recorre grandes distancias por debajo del

agua. Isaac Newton publica un modelo matemático de la propagación del sonido en "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica"¹. En 1826 el físico suizo Daniel Colladon y el matemático francés Charles Sturm miden por primera vez y con muy buena precisión la velocidad del sonido en el agua del "Lago Genfersee" (figura 1) obteniendo como resultado de su medición 1435 m/s, sólo 3 m/s menos del valor aceptado actualmente con las mismas condiciones de temperatura y salinidad.²

3. Objetivo

Medir la velocidad del sonido en algunos fluidos.

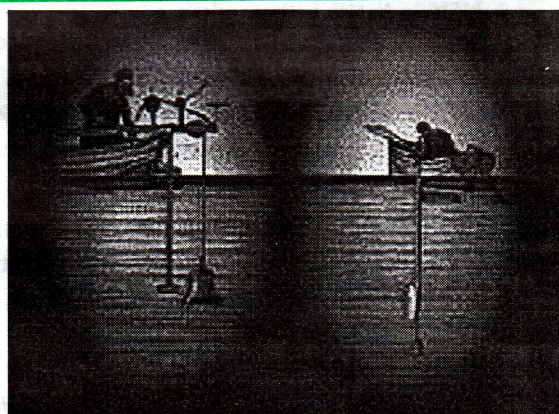


Figura 1. C. Sturm hizo sonar una campana sumergida y Colladon utilizó un cronómetro para registrar el tiempo que el sonido tardaba en cruzar el Lago Genfersee.²

4. Materiales

- Tubo de pvc de $\frac{1}{2}$ pulgada con una longitud de 1,0 m
- 2 micrófonos "electret"
- 2 plug mono
- 2,0 m de cable coaxial fino
- 1 slup (circuito)
- Computadora

Observación: se requiere una computadora que permita la utilización de algún programa capaz de medir con precisión intervalos de tiempo del orden de 10^{-5} s, por ejemplo "Cool Edit Pro" o "Adobe Audition".

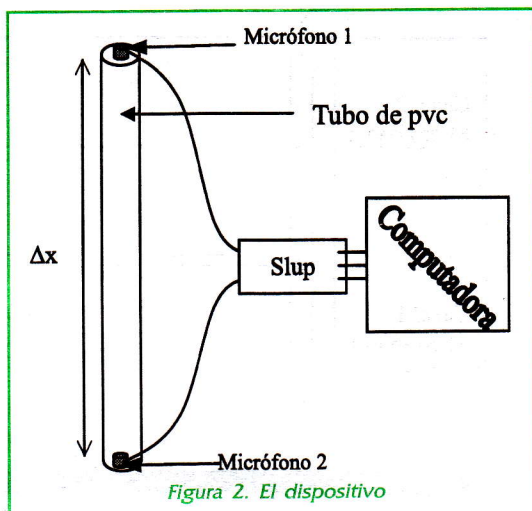


Figura 2. El dispositivo

5. Slup (el dispositivo)

En la figura 2 se indica como armar el dispositivo. El tubo de pvc puede ser colocado en un soporte de manera vertical, para facilitar la colocación del fluido a estudiar.

6. Procedimiento

Se "golpea suavemente" uno de los extremos del tubo donde está colocado el micrófono 1, de esta manera se genera un "pulso" que se propaga por el fluido colocado dentro del tubo y es detectado por el micrófono 2.

a) Δx . El desplazamiento (Δx) del "pulso" por el fluido, es la distancia entre los dos micrófonos que están fijos al tubo.

b) Δt . Para poder obtener el intervalo de tiempo (Δt) entre el instante que se genera el "golpe" en el micrófono 1 y el instante que recibe el golpe el micrófono 2, utilizamos la computadora con un programa específico (mencionados anteriormente) de la siguiente manera (figura 3):

- Los micrófonos están conectados a la entrada en línea de la PC. Como ésta entrada es estéreo, cada micrófono entra en un canal distinto.
- El programa permite observar las señales que entran por cada canal de forma separada (figura 3).
- El intervalo de tiempo que demora el pulso en ir del micrófono 1 al 2, es la

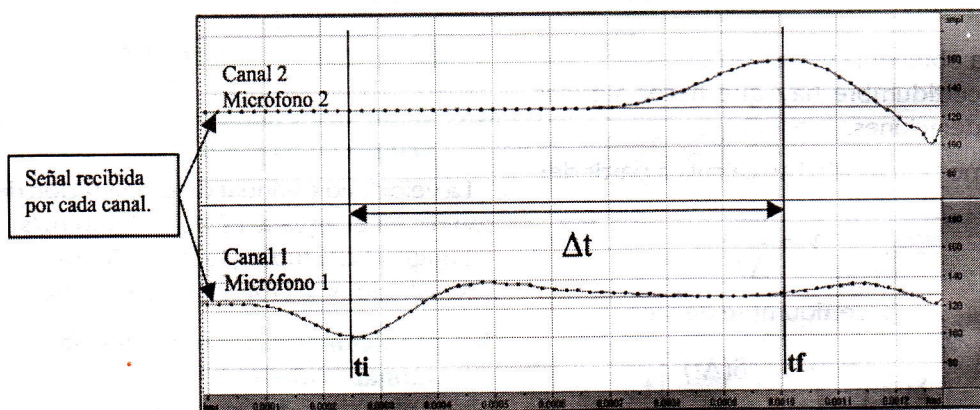


Figura 3. Gráfica obtenida en el experimento. Determinación de Δt .

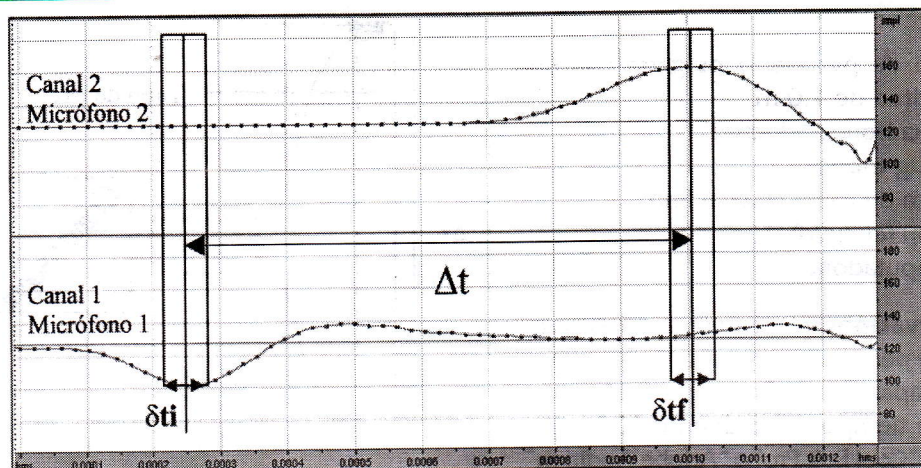


Figura 4. Gráfica obtenida en el experimento. Determinación de $\delta(\Delta t)$.

diferencia entre el instante que recibió el pulso el micrófono 1 y el instante que recibió el pulso el micrófono 2.

- c) **observaciones.** Se comienza a medir desde la amplitud máxima del primer pulso y no desde el inicio del pulso, para evitar cualquier tipo de ruido que pueda propagarse por el tubo.

Dado que el micrófono está diseñado para recibir el sonido solamente de “frente”, los ruidos laterales debidos a la propagación del sonido por el tubo o perturbaciones que provengan del ambiente son despreciables comparados con el sonido producido por el “golpe”.

La Incertidumbre de Δx . Como los micrófonos tienen una longitud de 0,50 cm y el tubo tiene una longitud de 1,00 m es razonable tomar una incertidumbre de 1,0 cm.

La Incertidumbre de Δt . Para obtener $\delta(\Delta t)$ hay que tener en cuenta que tomamos la señal en dos “lugares de la grafica”. Por lo tanto sugerimos que se tome el criterio indicado en la figura 4 para obtener la incertidumbre.

$\delta(t_i)$ es el “pequeño” intervalo donde comenzamos a tomar el Δt y $\delta(t_f)$ es el intervalo donde terminamos de tomar el Δt .

La incertidumbre de Δt sería:

$$\delta(\Delta t) = \delta(t_i) + \delta(t_f)$$

7. Procesamiento de datos

Para obtener la velocidad del sonido con su incertidumbre hay que hacer algunas consideraciones.

Como la velocidad se calcula a partir de:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La incertidumbre de v es:

$$\delta v = \left[\frac{\delta(\Delta x)}{\Delta x} + \frac{\delta(\Delta t)}{\Delta t} \right] * v$$

8. Resultados obtenidos

8.1. Mediciones realizadas con solución acuosa (agua potable).

La velocidad estándar de propagación del sonido en el agua a 17 °C es 1450 m/s

Longitud del tubo: $(1,01 \pm 0,01)\text{m}$

Resultado: $v = (1,4 \pm 0,1) \times 10^3 \text{ m/s}$,

8.2. Mediciones realizadas con vino tannat - cabernet

Resultado = $(1,3 \pm 0,1) \times 10^3 \text{ m/s}$

9. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran, que este dispositivo es capaz de medir la velocidad del sonido en algunos fluidos de manera "conceptualmente sencilla" y además es posible su realización en un laboratorio de enseñanza media.

Para obtener mejores resultados es conveniente tomar varias muestras y elegir subjetivamente la muestra más "representativa".

Por último es importante señalar que el requerimiento más "difícil" para realizar este experimento, es tener una PC "adecuada" con tarjeta de sonido que permita la mejor utilización de los programas de audio.

10. Slup (el circuito)

Para poder tomar dos señales de audio independientes con la PC, hay que fabricar un circuito "simple", de esta manera se ingresan las señales por la entrada en línea (estéreo) de la computadora.

Preamplificador para micrófono electret³

Este circuito (Figura 5) permite conectar un micrófono tipo electret a la entrada en línea de la computadora.

El resistor de $10K\Omega$ sobre el terminal positivo del micrófono le provee a este la diferencia de potencial necesaria para su funcionamiento. El capacitor de $100nF$ sobre la misma conexión bloquea la componente DC de la señal, permitiendo a la AC perteneciente al audio ingresar al transistor amplificador por su base. El resistor de $10K\Omega$ conectado al transistor por su colector permite la polarización de ese elemento, mientras que el de $100K\Omega$ efectúa la realimentación de la señal. El capacitor de salida bloquea la componente DC dejando ir hacia la siguiente etapa sólo la señal de audio.

El circuito puede es alimentado con una diferencia de potencial de 9,0 V.

Se necesitan dos preamplificadores, uno para cada micrófono.

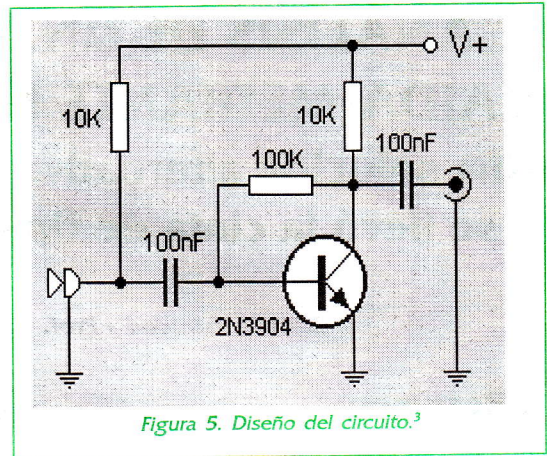


Figura 5. Diseño del circuito.³

Costo aproximado de materiales del SLUP (dólares americanos)

Material	Cant.	Precio (us\$)
Micrófono electret	2	2,0
Resistor 1 (10 KW)	4	0,20
Resistor 2 (100 KW)	2	0,10
Transistor 2N3904	2	0,30
Capacitor 100 nF	4	0,80
Plug estéreo	1	0,40
Caño de ½ " p/agua	1,0 m	1,5
Tapas p/caño de ½ "	2	0,50
Plug 3,5 mm mono	2	0,50
Jack 3,5 mm chasis	2	0,70
TOTAL		7,0

11. Agradecimientos

Este proyecto fue posible gracias a la gran dedicación de Alejandro Villamil y las sugerencias de Ligia Franco.

12. Bibliografía

- Isaac Newton (1994), "Principios Matemáticos de la Filosofía Natural" – Libro II: El movimiento de los cuerpos – Ed. Altaya
- www.lpi.tel.uva.es
- www.pablin.com.ar/electron/circuito/audio/premic
- William Seto (1977), Teoría y problemas de Acústica – McGraw-Hill

ANÁLISIS DE UN MOVIMIENTO DE CAÍDA MEDIANTE FILMACIÓN DIGITAL

(Una solución alternativa al problema de «¿Quién se llevó la cinta de timer de la clase pasada?»)

Guzmán Trinidad - Prof. y Ay. Preparador de Física

1. Resumen

Este artículo presenta el análisis de la caída de una esfera en base a la filmación del movimiento realizada con una cámara digital común. El archivo donde se registra la caída fue analizado cuadro a cuadro por programas de uso habitual que permiten extraer las coordenadas del móvil. Se traza la gráfica $y=f(t)$ y a través de la regresión cuadrática, se verifica el movimiento como un MRUA y se determina la aceleración de caída.

Se presenta como una alternativa a procedimientos ya conocidos con la ventaja de poder repetir la caída a voluntad cuantas veces se quiera y por haber motivado fuertemente a los grupos en los cuales se aplicó.

2. Introducción

Los cursos de Laboratorio de Física de Bachillerato en su 2º año por lo general incluyen dentro de las primeras prácticas el análisis de la caída de cuerpos como forma de revisar los conceptos cinemáticos y dinámicos involucrados. Para ello es común estudiar la caída mediante el registro posición tiempo con cinta y timer, a través de la interface CASSY (o similares)¹, o mediante la medición en base a fotos estroboscópicas del P.S.S.C.², reproducidas en varios textos.

Durante el desarrollo del curso práctico y con el objetivo de introducir una actividad alternativa se filmó la caída de una esfera frente a una superficie vertical de dimensiones conocidas. Para esto se utilizó una cámara digital que permitía filmar un máximo

de 40 segundos registrando 15 cuadros por segundo (capacidades que ofrecen la mayoría de las cámaras digitales actuales).

Aunque existen programas especialmente diseñados para la captura posición tiempo a partir de videos digitales³, se analizaron los cuadros que componían el video mediante programas de uso extendido. Algunos entre los cuales se encuentran:

1. QuickTime (ver. 6.3) para la ejecución del archivo de video (la cámara graba películas en formato QuickTime, archivos de extensión **.mov**),
2. Paint (Windows) para extraer de cada cuadro las coordenadas del móvil en caída (expresadas en pixeles)
3. y algún programa que permitiese graficar cuadros de valores y realizar regresiones cuadráticas⁴ como por ejemplo Microsoft Excel 97, Graphical Analysis (ver. 04/06/99, Vernier), o CurveExpert (ver. 1.34).

Concluido el análisis, se verificó que la curva $y = f(t)$ se ajustaba a la función cuadrática y la aceleración tomaba valores algo menores que la aceleración gravitatoria g , resultado esperado.

¹ Il, S., Rodríguez, E., 2001, «Física re-Creativa», Ed. Prentice Hall, Bs. As., Argentina, Módulo II, Act. 9, pág. 67.

² Physical Science Study Committee, 1970, «Física», Tomo 1, Ed. Reverté, Barcelona, Cap. 14, pág. 246.

³ Ver <http://www.lsw.com/video-point>.

⁴ Maiztegui, A.P., Gleiser, R.J., 1980, «Introducción a las mediciones de Laboratorio», Ed. Kapelusz, Bs. As., Argentina, Cap. 8, pág. 129.

3. Desarrollo

1. Detalles técnicos:

La cámara Nikon Coolpix 995⁵ permite filmar a un ritmo de 15 cuadros por segundo (15 fps) archivos de video en formatos QuickTime™Movie (extensión .mov), visualizables con el programa QuickTime (ver. 6.3) de Apple Computer, Inc. (programa que en su versión demo puede bajarse de la red). El tamaño de cada cuadro es QVGA de 320 * 240 pixeles en 16,7 Millones de colores (24 BitsPerPixel).⁶

El tamaño máximo del archivo de video depende de la memoria de que se disponga en la cámara. En este caso, el archivo en bruto (sin editar) tenía una duración de 10.12 segundos y un tamaño de 2.96 MB; Una vez editada la porción útil (unos 10 cuadros y 0.60 segundos de filmación) su tamaño resultó tan pequeño que se podía guardar en diskette o enviar por correo electrónico.

2. La filmación:

Se eligió filmar en el exterior durante un día claro ya que se obtenía mayor nitidez en la imagen de la esfera. La misma era de color blanco, con una masa de 40 g y un radio de 1.7 cm.

Se la dejó caer desde el reposo una altura de 2.10 m, a 10 cm frente a una puerta vertical oscura para mejor contraste. La cámara se encontraba a 3.0 m de la puerta y a 1.2 m de altura con respecto al piso.

En la figura 1 se muestra una superposición de algunos de los cuadros en base a los cuales se trabajó.

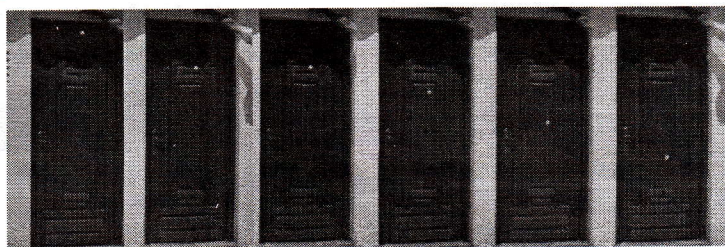


Figura 1

3. El registro posición-tiempo de la caída:

Una vez obtenido el video, se ejecuta con el programa ya referido y se captura cada cuadro con el comando **Copiar** para **pegarlo** en Paint. Una vez allí, se ubica el **cursor** en el centro de la esfera y se registra la **coordenada vertical** (figura 2). Se repite el procedimiento para todos los cuadros del video.

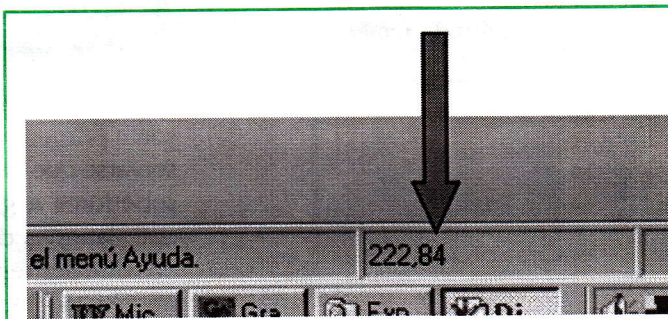


Figura 2

Las coordenadas deben ahora traducirse a metros de la siguiente manera: se obtiene la escala **píxel/metro** midiendo el alto de la puerta en pixeles y traduciendo a metros ya que se conoce su valor (2.0 m).

Los instantes de tiempo son quinceavos de segundos según datos del fabricante de la cámara.

⁵ Ver <http://nikonimaging.com/global/products/digitalcamera/coolpix/995/index.htm>

⁶ NIKON CORP., Japón, «La Guía Nikon para Fotografía Digital con COOLPIX 995 cámara digital»; también en <http://www.nikonusa.com/specs/25047.pdf>

4. La gráfica $y = f(t)$:

y (m)	t(s)
0.1176	0
0.2081	0.06667
0.3439	0.1333
0.5249	0.2000
0.7602	0.2667
1.041	0.3333
1.367	0.4000
1.719	0.4667
2.118	0.5333

Figura 3

Obtenido el cuadro **posición tiempo** se procede a graficarlo. Para esto se utiliza alguno de los tres programas sugeridos realizando la regresión cuadrática.

a. Gráfica y regresión obtenida por el programa Microsoft Excel:

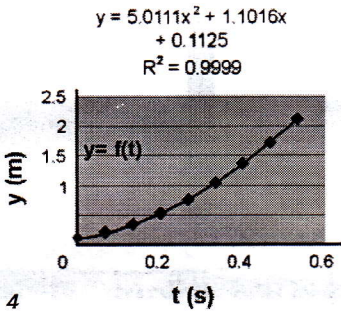


Figura 4

b. Gráfica y regresión obtenida por el programa Graphical Analysis:

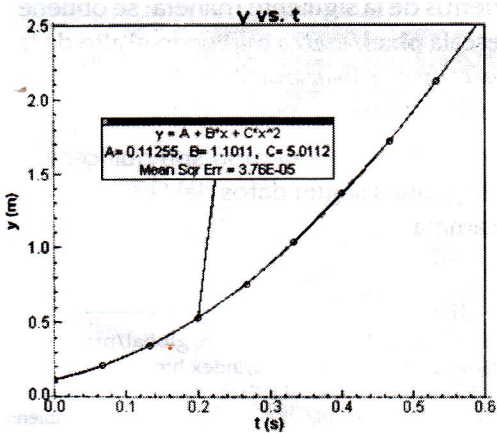


Figura 5

c. Gráfica y regresión obtenida por el programa CurveExpert:

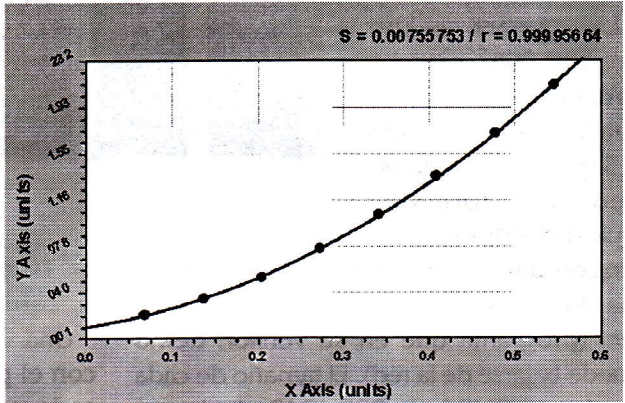


Figura 6

Quadratic Fit: $y = a + bx + cx^2$
Coefficient Data:
 $a = 0.11250091$
 $b = 1.1016206$
 $c = 5.0111274$

4. Corrección de coordenadas verticales «y»

Si bien los resultados de las regresiones son a primera vista alentadores, puede observarse que los coeficientes cuadráticos son superiores a $g/2$. Esto se debe a que las coordenadas de posición vertical y extraídas directamente de los cuadros deben corregirse debido a que la esfera se encontraba a cierta distancia de la superficie vertical. Como se indica en la figura, la separación d de la esfera con respecto a la vertical produce una diferencia entre la posición real y_{real} y la extraída de los cuadros y . Este desfase hace que y_{real} sea mayor que y para posiciones por encima de la horizontal y a la inversa por debajo de ella. (Ver figura 7)

Podemos aplicar la siguiente corrección para obtener y_{real} a partir de y :

$$(y_{\text{real}} - y) / d = \tan \Theta = (h - y) / L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_{\text{real}} = (h - y) \times d / L + y$$

d: distancia objeto-superficie vertical (en este caso 0.10 m).

h: distancia horizontal por la cámara-referencia de posición $y = 0$ m (en este caso 0.90 m).

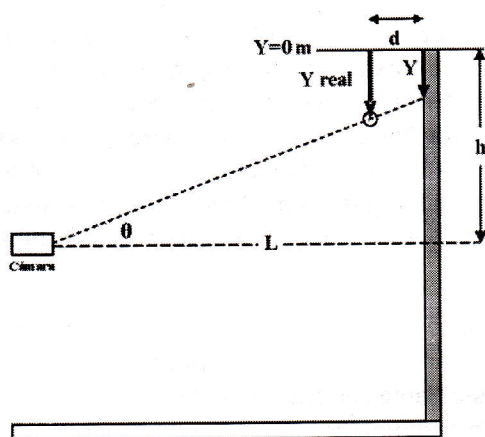


Figura 7

L: distancia cámara- vertical (en este caso 3.0 m).

El cuadro siguiente muestra las correcciones aplicadas al cuadro de la figura 3.

y (m)	t(s)	Y real (m)
0.1176	0	0.1437
0.2081	0.06667	0.2312
0.3439	0.1333	0.3624
0.5249	0.2000	0.5374
0.7602	0.2667	0.7648
1.041	0.3333	1.036
1.367	0.4000	1.351
1.719	0.4667	1.692
2.118	0.5333	2.077

Figura 8

La gráfica (ver figura 9) muestra la relación entre las coordenadas **y** y **y_{real}**, y la regresión aplicada a las coordenadas reales donde se obtiene un coeficiente cuadrático de valor esperado ($C = 4.8441$).

Debe aclararse que las correcciones se justifican si el ángulo máximo Θ es grande, lo cual podría solucionarse alejando la cámara suficientemente de la vertical donde se proyecta el movimiento. Pero esto no podía hacerse en este caso, debido a la resolución del cuadro de la filmación (320×240) y en caso de alejar la cámara, se pierde definición en la ubicación del centro de la esfera.

Solución posible:

Teniendo en cuenta que toda corrección a menudo desalienta a estudiantes menos motivados y enlentece la obtención de conclusiones, una posible solución es que se trabaje en base a la filmación de la **sombra** del objeto esférico en caída iluminado por el sol (haz de rayos razonablemente paralelos), lo cual simplificaría el proceso.

6. Generalidades:

El método aquí presentado puede servir como un agregado a los ya utilizados. Su mayor ventaja reside en el poder de motivación que se pudo observar durante el desarrollo del curso en los estudiantes. Es, como todo aporte, perfectible y objeto de profundizaciones.

Durante la presentación frente a los grupos se sucedieron, entre otras, las siguientes observaciones:

1. Las curvas se ajustan muy bien a la regresión cuadrática y el coeficiente en t^2 toma valores esperados.
2. Tras el objetivo de mejorar la ubicación del centro de la esfera (para minimizar errores), el grupo propuso ampliar las imágenes en cada cuadro mediante el comando **Ver/zoom/tamaño grande** de Paint, lo cual se correspondió con el aumento de indefinición en detalles per-

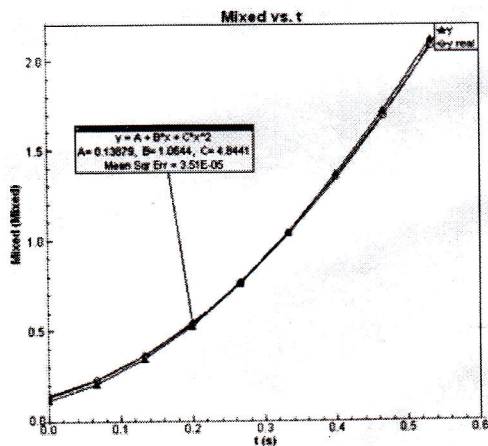


Figura 9

diendo en vez de ganar, por lo cual se desechó esta opción.

3. Durante el proceso de recortar el tamaño del archivo de video, se utilizó una herramienta para eliminar cuadros antes y después de la caída. Una alumna constató (volviendo a registrar las coordenadas y observando la gráfica) que el programa eliminaba cuadros **durante** la caída, por lo cual se optó por buscar otra herramienta que cumpliera con el objetivo perseguido.
4. El hecho de contar con una copia del archivo de video en el PC del laboratorio se valoró como positiva ya que ante la eventual pérdida de los datos existe la posibilidad de repetir una y otra vez el registro.
5. Se logró trabajar en forma crítica con la herramienta PC, muchas veces sobrea-

lorada por los adolescentes como libre de inexactitudes e imprecisiones.

6. A raíz de que varios estudiantes solicitaron llevar el archivo para trabajar en casa, se logra integrar al PC como herramienta válida para el análisis, obteniéndose un punto de vista nuevo para los alumnos.

Posibles aplicaciones futuras:

Estoy convencido que el método aquí presentado llegaría a un óptimo cuando los estudiantes en sus casas realicen filmaciones de movimientos cualesquiera para luego analizarlos y discutir los resultados en clase. Los primeros ejemplos que vienen a la mente son los que uno recuerda registrados estroboscópicamente: proyectil, circular, péndulo, etc., pero también podría ampliarse al estudio de choques en dos dimensiones.

EDUCACIÓN en FÍSICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay
Volumen 7 Número 2

Setiembre, 2005

S u m a r i o

EDITORIAL pág. 1

**CON RELACIÓN A LA PRESENTE EDICIÓN
CÓMO ENVIAR SUS TRABAJOS** pág. 2

MADAME CURIE: UN EJEMPLO DE VIDA
Diego Díaz Grossy pág. 3

FÍSICA DEL HUMOR (I) pág. 11

ESPACIO DE A.P.F.U. pág. 12

FÍSICA DEL HUMOR (II) pág. 14

PROMOVIENDO EXPERIENCIAS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA
Norah Silvana Giacosa - Sonia Beatriz Concarí pág. 15

WEB - RECOMENDACIONES pág. 24

LA DINÁMICA DE LOS SERES VIVOS:
Breve Biografía no autorizada de la
Mecánica y sus amores trágicos con la Biología
R. Ernesto Blanco pág. 27

FÍSICA DEL HUMOR (III) pág. 32

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS pág. 33

LABORATORIO I
EL SLUP - Dispositivo para medir la velocidad del
sonido en algunos fluidos
Fernando Brito pág. 36

LABORATORIO II
ANÁLISIS DE UN MOVIMIENTO DE CAIDA MEDIANTE
FILMACIÓN DIGITAL (Una solución alternativa al
problema de «¿Quién se llevó la cinta de timer
de la clase pasada?»)
Guzmán Trinidad pág. 40