

"El Placer como herramienta didáctica"

Entender causa placer

Héctor G. Riveros, Instituto de Física, UNAM, México

Resumen

Una sensación de placer está naturalmente asociada al proceso de entender algo nuevo. Esta asociación es particularmente importante en la formación de estudiantes en la etapa de encontrar su vocación. Esta sensación de placer es probablemente la principal motivación para el trabajo científico (si al placer se le puede llamar trabajo), y trataré de demostrar esta tesis. En la plática se presentan algunas demostraciones para crear un ambiente propicio para que los presentes puedan entender lo que observan. Se muestra el uso de demostraciones y preguntas para encontrar rápidamente los preconceptos estudiantiles (sin provocar resentimientos), lo que permite tener más tiempo para enseñar los temas difíciles. Queremos enseñar a razonar, a investigar, pero eso es entender.

Cuando entendemos sentimos placer, que es el incentivo que a lo largo de los siglos nos ha llevado al estado actual del conocimiento. Las artes tienen tres características: el placer que siente el artista cuando ejecuta su obra, el placer del espectador; y que requieren aptitudes o inspiración. Similarmente, cuando entendemos algo sentimos placer, que podemos transmitir, y requiere aptitudes e inspiración. Entonces podemos decir que razonar es un arte, y es lo que necesitamos enseñar en estos tiempos de internet.

Cuando se investiga en los temas que nos interesan, tenemos mejores ideas simplemente por que todo el tiempo estamos pensando en el tema sin esfuerzo de nuestra parte. Si el razonar es un arte tiene dos consecuencias profundas: en su enseñanza, enseñar un arte es muy diferente de formar artesanos; debemos dar oportunidad a nuestros discípulos de escoger su tema de investigación. En la profesión, al escoger un tema de trabajo, es importante que el mismo nos inspire, para que trabajemos con gusto; descubriremos que esto aumenta nuestra eficiencia

PLEASURE AS A TEACHING TOOL. A feeling of pleasure is naturally associated to the process of understanding new things. This association is particularly important in the formation of students who are trying to find their vocation. Moreover, this kind of pleasure is probably the principal motivation of scientific work (if pleasure can be called work), and I will try to demonstrate this thesis. In the conference I will present some demonstrations to create an environment in which the spectators will be able to understand what they observe. I will use demonstrations and questions to find out quickly the student misconceptions (without generating hard feelings), allowing us to dedicate more time to clarify them

When we understand something, we felt pleasure, and that is the motivation which has brings us to our actual knowledge. The arts have three common characteristics. the pleasure experienced by the artist while he produces a work of art, the pleasure felt by the audience who observes such a work, and the need for aptitude and inspiration. In a similar way, when we understand something, we also experience a kind of pleasure, and such a pleasure can be transmitted, and it need inspiration. Therefore, we could say that reasoning is an art and that is what we need to teach using the resources of the internet.

When we research a topic interesting to us, we have better ideas just because we think about it without effort. There are two profound consequences if scientific work is an art. In its teaching, teaching an art is quite different as forming craftsman. In the profession, to practice an art is agreeable. When choosing a profession it is very important that we like its practice, we will found an increased efficiency.

Generalmente se piensa que el trabajo científico es un trabajo muy difícil, y reservado a mentes excepcionales. La manera como se enseña la Física, la Química y las Matemáticas contribuye a que los niños las aborrezcan. Pero a lo largo de los siglos, las ciencias han sido cultivadas por el placer que proporcionan. Conviene entonces que recordemos que es el incentivo que a lo largo de los siglos nos ha llevado al estado actual del conocimiento. Espero demostrar que pensar es un arte, el arte causa placer en el ejecutante y en el espectador; y que es la principal motivación del trabajo científico o arte de pensar.

Las actividades artísticas reconocidas incluyen a: la música, la pintura, la poesía, la danza, el teatro, la literatura, el cine, la escultura, etc. ¿Como podemos reconocer las actividades artísticas de las que no lo son? Podemos acudir a un diccionario, pero no es fácil encontrar definiciones satisfactorias. El Diccionario de la Lengua Española (1992) dice: Virtud, disposición y habilidad para hacer alguna cosa. // Acto o facultad mediante los cuales, valiéndose de la materia, la imaginación o del sonido, imita o expresa el hombre lo material o lo inmaterial, y crea copiando o fantaseando. La Enciclopedia Británica (1995) dice: El uso de habilidades e imaginación en la creación de objetos estéticos, en el entorno que pueden ser compartidos con otros. Estas definiciones son un tanto vagas para nuestros fines. Los físicos definimos acudiendo a buscar características comunes y diferenciadoras.

Operacionalmente las actividades artísticas son muy diferentes pero tienen tres características en común: el placer que siente el artista al trabajar en su arte, el placer que siente el auditorio que observa el resultado de su trabajo y la inspiración presente en los artistas. El pensar tiene también estas propiedades: el pensar causa placer en quien lo realiza, por eso jugamos ajedrez, hacemos crucigramas o hacemos trabajo científico; es transmisible, un estudiante siente placer cuando entiende algo, le brillan los ojos, etc.; y diferentes personas interpretan o se inspiran, obteniendo diferentes resultados de los mismos datos experimentales. La inspiración asociada a los grandes descubrimientos científicos es similar a las grandes obras de arte. Pensar es un arte.

Recientemente la revista Nature publica tres artículos referentes al tema del arte y la ciencia:

- **A tale of two loves** ¹
The arts and sciences provide complementary ways of looking at the world,
- **From science in art to the art of science** ²
Shared intuitions about the natural world drive the pursuits of artists and scientists

- **Experimental physics, experimental art³**

What happens when artists and particle physicists are brought together to exchange ideas?

El entender el porqué y como se pueden utilizar nuestros conocimientos, es placentero. Este es un aspecto artístico de las actividades intelectuales, que conviene tomar en cuenta en el momento de escoger una profesión. El trabajar en un tema de interés personal, convierte en un placer la obtención de resultados, y por lo tanto, mejora nuestra eficiencia. Además de contribuir grandemente a la tranquilidad espiritual necesaria, para que nos llegue lo que llamamos inspiración. Si el trabajo científico es un arte tiene dos consecuencias profundas: en su enseñanza, enseñar un arte es muy diferente de formar artesanos, y en la profesión, ejercer un arte es placentero. Al escoger una profesión es muy importante que nos guste su ejercicio, para que podamos trabajar muchos años, si es que al placer se le puede llamar trabajo.

El planear una clase requiere de tener una idea muy clara de los fines de la enseñanza⁴, para determinar que enseñar y como enseñarlo, o sea, como evaluar, como usar o generar materiales didácticos, etc. El profesor tradicional da su clase como se la enseñaron, haciendo uso preferentemente del gis y del pizarrón. En las Universidades suelen darse cursos de actualización para profesores en los que se trata de darles armas para mejorar sus clases. Por otra parte estamos generando información a un ritmo sin precedente. Lo importante ahora no es saberse de memoria muchos datos, si no como manejar la información. La existencia de computadoras cambió nuestra manera de trabajar, y por lo tanto es necesario usarla en el aula. Pero cada profesor necesita adaptar los nuevos conocimientos didácticos y las nuevas tecnologías a su manera de dar clase. Lo importante no es lo que se enseña, si no como se enseña, lo que hace necesario el desarrollo de nuevos recursos didácticos. **El enseñar Física permite introducir a los placeres del razonamiento, y pensar es un arte.**

Las demostraciones, experimentos o preguntas se pueden usar para demostrar que el entender el porqué de las cosas es placentero. Y que este placer es el motivador del investigador, como un artista, obtiene placer de su arte. Cuando se investiga en los temas que nos interesan, tenemos mejores ideas simplemente por que todo el tiempo estamos pensando en el tema sin esfuerzo de nuestra parte. Podemos comentar algunas demostraciones que pueden servir para crear un ambiente en que los espectadores puedan entender lo que está pasando. Si entienden solos el funcionamiento del dispositivo, sentirán el placer de pensar de primera mano; o al menos, al entender la explicación correspondiente.

Demostraciones:

Sonido en tubo girando.-

- Se produce sonido al hacer girar un tubo corrugado
- El tono se hace mas agudo al aumentar la velocidad de giro
- El cambio de tono no es gradual, es a saltos
- ¿El sonido se produce adentro o afuera del tubo?

Pulso de aire.-

- Lata cilíndrica con membrana elástica en un extremo y agujero circular pequeño en el otro extremo
- Golpeando la membrana se produce un pulso de aire capaz de apagar una vela
- Llenando con humo al recipiente, se observa que el pulso mantiene su forma de dona y que va perdiendo velocidad por fricción con el aire.
- ¿Que viaja mas rápido, el pulso o el sonido?

Fantasma en cuerda.-

- Al girar una cuerda en el aire, aparece una imagen de una muchacha como si hubiera una pantalla en donde gira la cuerda
- ¿Cómo se logra esto?

¿Control Mental?-

- Palito con muescas y una hélice en un extremo.
- La hélice gira cuando se golpea las muescas con el ritmo adecuado
- Se dice que se controla el sentido de giro de la hélice mediante las ondas emitidas por la mente
- ¿Por qué gira la hélice?

Pájaro entrenado

- El pájaro vuela en la punta de un dedo
- El equilibrio es estable al pegarle en la cola o en las alas
- ¿Se requiere habilidad del dedo o está bien diseñado?

Gatito con pelota.-

Al acercarse el gatito a la pelota, esta se aleja girando. Dentro del gatito y la pelota deben estar unos imanes que produzcan las fuerzas y torcas necesarias. Pero ¿Cómo están colocados los imanes dentro del gatito y la pelota?

Imán levitado.-

Para entender la demostración conviene recordar que tenemos imanes duros y blandos. Duros son los imanes permanentes que mantienen un campo magnético remanente al sacarlos del campo magnetizante, y blandos se usan como núcleo de los electroimanes en que casi desaparece el magnetismo al quitar la corriente eléctrica que los magnetiza

La demostración más conocida de levitar un imán es colocarlo sobre un material superconductor con cero resistividad eléctrica. Estos materiales repelen a los imanes.

- Paramagnetismo- Se presenta en materiales cuyas moléculas se comportan como imanes aun en la ausencia de campos magnéticos. En un campo magnético se orientan en la dirección del campo magnético externo
- Diamagnetismo- Moléculas sin magnetismo, el campo magnético inducido es en sentido contrario al campo magnético externo
- ¿Podemos levitar un imán, sin usar un superconductor?

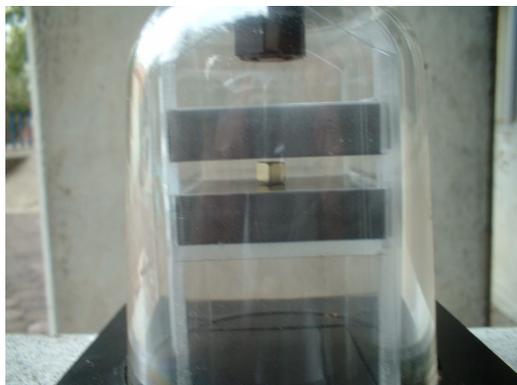


Fig. 1.- imán levitado entre dos placas de grafito.

Águila en vidrio o ¿cuarzo?

- Figura tridimensional hecha con puntos en medio de un bloque de vidrio o cuarzo
- El vendedor dice que es de cuarzo ¿Podemos distinguir el vidrio del cuarzo?
- ¿Cómo la hicieron?



Fig. 2.- Figura tridimensional en un bloque de vidrio o cuarzo

Romper periódico con regla de madera

- Se intenta romper un periódico con una regla de madera
- Con rapidez, la regla se debe poder romper la hoja de periódico
- ¿Puede el periódico romper la regla?

Si al cabo de un cierto tiempo, el espectador no entiende lo que está pasando, conviene explicar la situación. Es muy molesto quedarse sin entender y de todos modos es placentero entender una explicación. Es mejor hacerlo después de cierto tiempo para incrementar la probabilidad de que llegue la inspiración al espectador para entender lo que pasa el solo; Ahora mencionaremos las explicaciones pendientes:

Sonido en tubo girando.-

El sonido lo produce el flujo del aire en el interior del tubo corrugado. Para que el aire del interior gire con el tubo hace falta una fuerza centrípeta que no existe. Si tapamos con la mano, el sonido desaparece y se hace un vacío en el interior que proporciona la fuerza centrípeta necesaria para mover las moléculas remanentes. Quitando la mano, al girar el tubo, el aire es expulsado en el extremo girando y por lo tanto es aspirado por el centro, lo que provoca que choque con las corrugaciones internas produciendo rebotes a una frecuencia proporcional a la velocidad de flujo. El sonido se produce cuando entra en resonancia a las frecuencias de un tubo abierto por ambos extremos. La velocidad del flujo del aire en el interior aumenta con la velocidad de giro del tubo, lo que justifica el cambio en el tono. Un tubo corrugado se puede usar como velocímetro en el auto, colocando un extremo paralelo al coche, el aire entra en el tubo a la velocidad del coche y se producen las diferentes resonancias conforme el coche pasa por las velocidades correspondientes.

Pulso de aire.-

Permite mostrar la diferencia entre velocidad del pulso y velocidad del sonido. El ruido que genera el pulso llega a todo el cuarto antes de apagar la vela. El sonido viaja más rápido. Al golpear la membrana elástica se produce una dona de aire, que se mueve sin mezclarse con el aire estático, como se demuestra al llenar de humo el recipiente. La onda de compresión que se produce al golpear la membrana viaja en su interior con un diámetro constante hasta llegar al orificio de salida, en donde se ve constreñida a fluir por el orificio. La mayor parte del material sale por el borde, la fricción con el orificio al salir, le produce un giro que hace estable a la dona. El humo no se mezcla con el aire, mientras se desplaza a través de él.

Fantasma en cuerda.-

Enfocando una transparencia de una muchacha a un metro del proyector, un hilo girando puede servir como pantalla. La persistencia de las imágenes en el ojo, hace que la figura se vea completa. La imagen puede observarse en ambos lados de la cuerda ya que dispersa la luz en ambas direcciones

¿Control Mental?

Hasta ahora no se ha demostrado que el cerebro emita ondas que permitan controlar algún proceso. La observación de que la hélice gira nos lleva a que movimiento debe tener el clavo que la soporta para hacerla girar. ¡Debe tener un movimiento de oscilaciones en círculo! Un movimiento así, se logra con dos movimientos armónicos simples (oscilaciones) perpendiculares entre sí, digamos uno vertical y el otro horizontal. Si retrazamos 90 grados a uno de los movimientos logramos un movimiento circular en el clavo con un sentido de giro, retrazando el otro cambiamos el sentido de giro. La explicación usual usa este hecho como base para justificar el movimiento. Al golpear las muescas con el ritmo adecuado se logra la resonancia en las ondas que se propagan por la madera, con componentes verticales y horizontales. El objeto con que se golpea se agarra de manera que el dedo índice o el dedo pulgar puedan frotar el costado del palito con muescas. Dependiendo de cual dedo fricciona, se cambia el sentido de giro. Cuando en un oscilador armónico metemos un termino de fricción reducimos la frecuencia natural de oscilación, y este cambio en frecuencia se puede ver, a corto plazo, como un cambio en la fase de dos ondas, lográndose el efecto de onda circularmente polarizada. Nótese que el termino fase entre dos ondas, tiene sentido solamente para ondas de la misma frecuencia. ¡Seguimos sin probar que existen ondas mentales!

Pájaro amaestrado.- El pájaro está construido con un contrapeso en la punta de cada ala, de manera que el centro de masa se encuentra cerca de 6 mm debajo del pico. Al soportarlo por el pico, el centro de masa se encuentra debajo del punto de apoyo y el equilibrio es estable. Para mostrar en donde se encuentra el centro de masa, se puede colgar al pájaro de una cuerda, doblarla para extenderla de manera que corte el plano de simetría. En donde corta a este plano se encuentra el centro de masa.

Gatito con pelota.-

Si colocamos el imán de la pelota en posición horizontal, en una superficie con poca fricción, la pelota se convierte en una brújula. Esto hace que al acercarse otro imán acercándolo por el polo opuesto para que lo repela, la pelota gira convirtiendo la fuerza en atracción. Por lo tanto, el imán dentro de la pelota debe estar vertical, digamos con el polo norte arriba. Si acercamos otro imán vertical con el polo norte arriba se produce una repulsión que empuja a la pelota en el plano vertical, la pelota se inclina hasta que la torca producida por el peso compensa la torca producida por los imanes. Para producir el giro necesitamos girar el imán que acercamos sacándolo

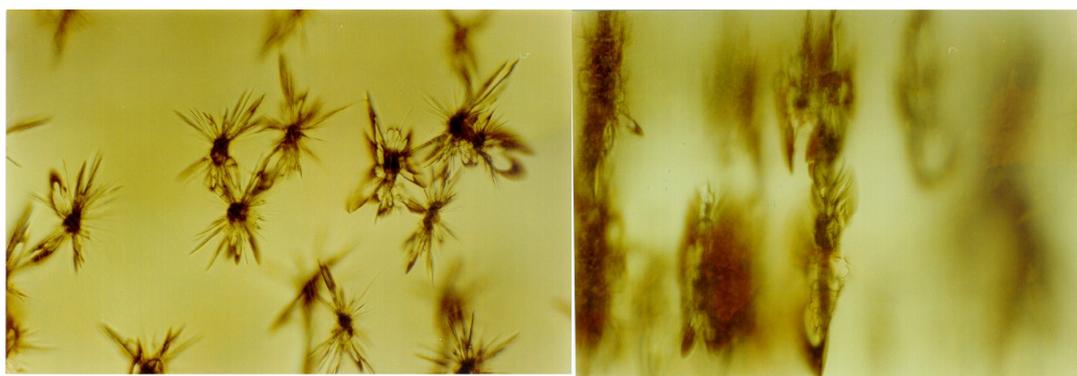
de la vertical hacia la derecha o hacia la izquierda. En este caso, además de la repulsión se produce la torca que ocasiona el giro que aleja a la pelota girando en un sentido, con el imán desviado a la izquierda, o en sentido contrario con el imán desviado a la derecha.

Imán levitado.-

El imán que se levita es un imán cúbico de alta remanencia levitado por un imán cerámico en forma de toroide colocado cerca de 25 mm arriba. Este imán tiene una tuerca que permite ajustar su posición con mucha precisión. La tuerca baja el imán toroide hasta que levanta el imán cúbico. Este equilibrio es sumamente inestable, lo normal es que el imán levantado se pegue en el que lo levanta. La estabilidad se logra mediante las placas de grafito diamagnético, cuando el imán se acerca a la placa superior induce el diamagnetismo en sentido opuesto al campo polarizante que lo regresa al centro. Si se acerca a la placa inferior sucede lo mismo lográndose un equilibrio estable. Se requiere que el grafito sea muy puro, que no tenga fierro que al magnetizarse cubra el débil efecto diamagnético

Águila en vidrio o ¿cuarzo?

Podemos distinguir entre vidrio y cuarzo midiendo el índice de refracción y la densidad. Sus valores son cercanos pero diferentes, midiendo con cuidado puede verificarse que son de vidrio. Viendo la figura con los ojos parece estar formada por burbujas indicando un proceso local de muy alta temperatura. La ausencia de bordes indica que no fue hecha con molde por lo que debió de ser hecha calentando cada punto. Un láser de alta potencia enfocado al máximo permite altas densidades energéticas que permiten calentar localmente el vidrio. Observando con un microscopio óptico se nota que no son burbujas sino roturas debidas a esfuerzos térmicos indicando una concentración a 10micras del haz del láser. Otro tipo de fuente luminosa no puede enfocarse a un diámetro tan pequeño. Las roturas están en el plano perpendicular al flujo de calor como puede notarse comparando con la fotografía microscópica tomada a 90 grados de la primera.



a)

b)

Fig. 3.- Vista microscópica de la figura del águila, a)vista de frente. b) vista de perfil

Romper periódico con regla de madera

Al intentar romper un periódico con una regla de madera, la regla arrastra el periódico sin romperlo. Con más rapidez en la regla se debe poder romper la hoja de periódico. Para darle más rapidez al movimiento de la regla podemos colocarla en el borde la mesa sobresaliendo 5 cm. y 25 sobre la mesa, este brazo de palanca quintuplica la velocidad. El periódico se coloca aplanándolo sobre la mesa. Al golpear el extremo de la regla esta se parte dejando el periódico intacto. Muchos libros dicen que se debe a que la presión atmosférica de casi un kilo por centímetro

cuadrado (10 Newtons por centímetro cuadrado) sujeta a la regla contra la mesa, ya que si se levanta se haría un vacío entre el papel y la mesa. Esta es una explicación razonable, no necesariamente cierta.

Si repetimos el experimento colocando los pedazos de la primera regla en ambos lados de otra nueva, podemos separar el periódico de la mesa y al pegarle a la regla podría partir el periódico. Se observa que la regla vuelve a partirse, por lo que no es la presión atmosférica la que lo sujeta. Una hoja de papel periódico pesa cerca de 10gramos, la regla pesa 22 por lo que su masa no es despreciable. Repitiendo el experimento con una masa de 10 gramos en plastilina sobre la regla se vuelve a partir la regla confirmando que es la inercia del periódico la que cuenta. La densidad del aire en ciudad de México es cercana a un gramo por litro, suponiendo que se mueven 500 centímetros cuadrados de área por 1 cm de espesor la contribución es masa es de 0.5 gramos despreciable comparada con las otras masas. De hecho, es posible romper la regla sin ninguna masa extra, ayudando a la mano con un martillo para obtener mayor velocidad en el golpe.

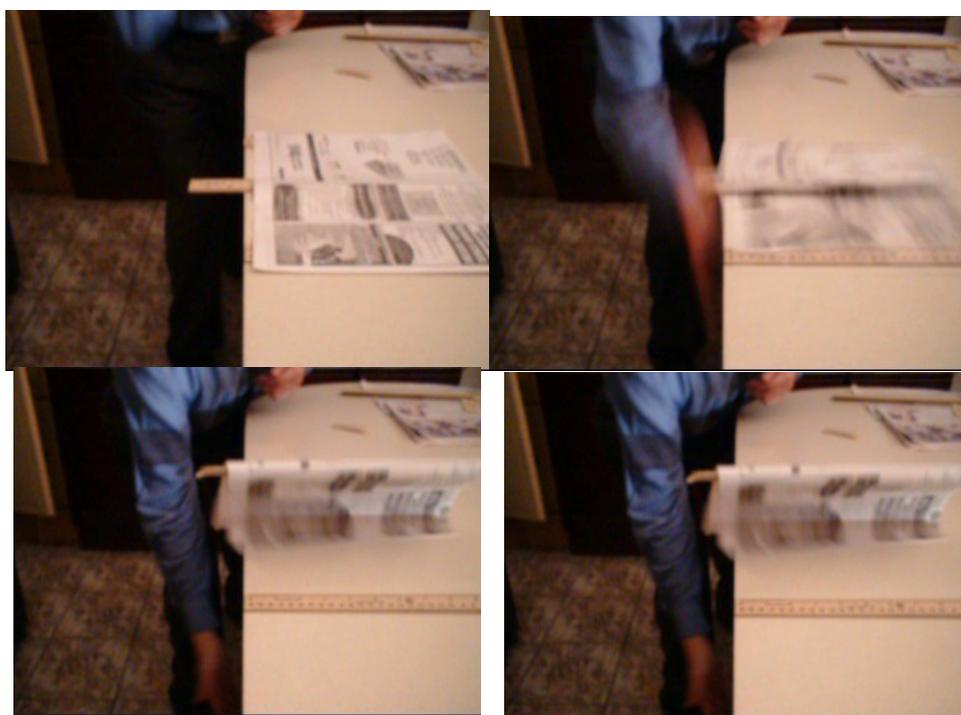


Fig. 4.- Secuencia de fotografías mostrando el rompimiento de una regla, separadas 1/15 de segundo. Nótese la inercia del papel.

Profesores y estudiantes tienen dificultades para conectar la teoría con la vida real. Los profesores reciben cursos acerca de las diferentes teorías sobre el proceso enseñanza-aprendizaje o cursos sobre Física, pero tienen problemas para aplicar esas ideas en sus clases. Análogamente, los estudiantes reciben muchos cursos de Física, pero tienen problemas para diseñar un experimento encaminado a resolver un problema.

El problema de las autoridades educativas, es como puede mejorarse el proceso de enseñanza-aprendizaje, tomando en cuenta las posibilidades de los estudiantes, de los profesores y de los nuevos recursos didácticos. El debate sobre como actualizar a los profesores presenta dos tendencias extremas: los que creen que es indispensable saber enseñar e imparten cursos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje; y

los que creen que lo indispensable es saber Física, ya que no se puede enseñar lo que no se sabe. Conozco muy pocos cursos que combinen ambos puntos de vista.

Hace varias décadas se pensó que combinando los mejores educadores con los mejores científicos se podría diseñar el curso que resolviera el problema; hemos sobrevivido a varios de estos proyectos con el resultado sorprendente, de que estamos como al principio. El *Physics Today*⁵ presenta un análisis de la evolución de los libros de texto en los últimos cien años observando que las innovaciones pedagógicas tienen cierta periodicidad, pasando la responsabilidad del proceso del profesor al estudiante o viceversa. La investigación sobre enseñanza ha logrado valiosas aportaciones, pero no siempre de aplicación universal. Aunque todos recordamos algunos profesores que dejaron una huella permanente en nuestra vida, pues sus enseñanzas nos cambiaron, para bien o para mal. A los seres humanos los mueve el amor al placer o el temor al dolor. **Ser profesor es una gran responsabilidad, según da su clase, cada profesor escoge como quiere ser recordado por sus estudiantes.**

Generalmente, el problema del profesor es cómo enseñar los temas del programa del curso que imparte, dado el tiempo y los recursos disponibles. El debate sobre como enseñar tiene muchas vertientes, desde la que propone enseñar los principios básicos para deducir todas las consecuencias hasta tratar de inducir empíricamente del trabajo experimental las leyes de la ciencia que se esté enseñando. También hay quien prefiere basarse en la historia de la ciencia para motivar al estudiante, o en las aplicaciones a la resolución de problemas "reales".

Hasta ahora, no hay una técnica que funcione con todos los integrantes de un grupo de estudiantes, lo que funciona con unos no satisface a otros. Se comienza dando las clases como las dan los mejores maestros que se recuerda, hasta realizar, que el problema de enseñar un tema es un problema de investigación sobre enseñanza. El definir el porqué se enseña el tema ayuda a decidir la evaluación, y las posibles estrategias de enseñanza. Si se logra convencer al estudiante, de que necesita estos conocimientos para su vida profesional, se logra una motivación diferente de la de estudiar para pasar, que suele prevalecer en los estudiantes. La otra mitad del problema radica en averiguar lo que ya saben del tema, para no aburrirlos con repeticiones, para corregir errores o para complementar sus conocimientos.

La historia de la Física ayuda con ejemplos y las aplicaciones en su profesión o en la vida diaria la hacen relevante para el estudiante. El definir las evaluaciones en cada tema antes de impartirlo, ayuda a escoger el mejor procedimiento para su enseñanza. Solamente cuando algo nos interesa, hacemos las conexiones mentales que nos permiten mantenerlo en la memoria sin esfuerzo aparente, y esto es lo que llamamos aprender. Una actividad agradable para los profesores es el diseño de demostraciones y experimentos, con los materiales disponibles en sus laboratorios; ya que descubren que es posible predecir y optimizar una demostración, generalmente con modelos sencillos de la situación. El relacionar las condiciones teóricas del modelo con las condiciones experimentales, permite un conocimiento integral de la Física. Resumiendo: **Enseñar Física introduce a los placeres del razonar y al Arte de Pensar. Enseñar un Arte es también un Arte y por lo tanto placentero.**

Las leyes de la Física son de aplicación universal por lo que su aplicación en los problemas cotidianos ayuda a entender sus implicaciones, por ejemplo la conservación de la energía es indispensable para entender el metabolismo en los seres vivos, medido a través de la energía consumida en las diversas actividades humanas.

- La ley de la conservación de la energía vale para todos los procesos, cuando incluimos a la masa como otro tipo de energía

Edad años	Mujer kcal/d	Peso kg	Hombre kcal/d	Peso kg
11 a 14	2200	46	2700	45
15-18	2100	55	2800	66
19-22	2100	55	2900	70
23-50	2000	55	2700	70
51>	1800	55	2400	70
Basal	1300		1800	

- La energía en los alimentos se mide en calorímetros en donde se mide el cambio en temperatura producido por la combustión del alimento estudiado. La energía disipada es la misma ya sea que la oxidación sea rápida en la llama o lenta en las células del cuerpo humano

La tabla I muestra algunos datos sobre el cambio en el metabolismo como función de la edad y el sexo.

Tabla I
Metabolismo

Tabla II – Potencia desarrollada durante diversas actividades para una mujer de 55 kg y un hombre de 70 kg

Actividad	Mujer kcal/kg h	Pot (55) Watts	Hombre kcal/kg h	Pot (70) Watts
Basal	0.98	62.9	1.07	87.1
Escribir	1.3	83	1.5	122
Caminar	2.6	166	2.9	236
Marchar	4.1	262	4.3	349
Futbol	8.1	517	8.4	683

Para una alimentación sana se requiere que sea balanceada, incluyendo carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas. El subir o bajar de peso depende de si se consume más o menos calorías de las que se queman durante las actividades diarias. Si queremos controlar el peso mediante el ejercicio conviene tomar en cuenta, que en una hora caminando una mujer de 55 kg disipa 143 kcal (2.6×55) y un hombre de 70 kg disipa 203 kcal (2.9×70). Dado que una tortilla contiene 70 kcal, el consumir una tortilla extra requiere que la mujer camine 30 minutos (el hombre 20 minutos) para

disiparlas. Generalmente el efecto del ejercicio es producir más hambre, por lo que se puede inclusive ¡subir de peso!

Ayunando totalmente, con un metabolismo de 2500 kc/día, tomando las grasas como 10 kcal/gramo quemamos 250 gramos por día o sea 1750 gramos por semana de pérdida de peso. ¡Algunos productos anuncian pérdidas de peso de hasta 5 kg por semana.¡

Las demostraciones también pueden usarse para fomentar la discusión e incentivar el razonamiento colectivo. Una demostración muy efectiva es dejar caer juntas, una pelota de ping-pong sobre una de hule duro. Sorprende a los espectadores que la pelota de ping-pong suba hasta 5-6 veces la altura de la caída. Para la colisión entre una pelota ligera y una pesada en reposo, se observa que la pelota ligera invierte su velocidad. Si el choque fuera completamente elástico, la magnitud de la velocidad sería la misma. ¡Una pelota rebotando en la Tierra elásticamente mantendría la misma altura! Si choca una pelota pesada con una ligera en reposo, esta sale con el doble de velocidad; lo que podemos justificar cambiando el sistema de referencia a la pelota pesada. En el caso de que las dos lleven la misma velocidad pero direcciones opuestas, se puede calcular que la velocidad de la pelota ligera es tres veces mayor. Esto es rebota con nueve veces la energía cinética original, o que si el choque fuera elástico rebotaría hasta 9 veces la altura original. El que no suba tanto nos indica que el choque no es completamente elástico. Este es el momento para comentar los peligros de chocar con el gordito del grupo en el patio de la escuela, o con un camión pesado en la carretera. El objeto liviano rebota con dos veces la velocidad si esta en reposo, o tres veces si los dos llevan la misma velocidad.

Interpretación de datos – errores y equivocaciones

Las revistas son una fuente de datos interesantes para fomentar el razonamiento en la vida diaria. Analizando datos publicados en la revista Popular Science ⁶ referentes a la colisión de un vehículo mediano con un poste, se entienden las ventajas del cinturón de seguridad. Aunque la velocidad es relativamente pequeña (35 mph = 56.3 km/h = 15.6 m/s), se pierde en un tiempo cercano a una décima de segundo incrustándose el poste cerca de 75 cm; la aceleración promedio durante el choque llega a $173 \text{ m/s}^2 = 17$ veces la aceleración de la gravedad. Esto es si el coche pesa una tonelada el poste lo paro con una fuerza de 17 toneladas. Antes de ver estos números, siempre había pensado que en caso de una colisión poniendo las manos sobre el tablero podía detener el cuerpo; pero es claro que no tengo fuerza suficiente para cargar a 17 veces mi peso. Si lo intento los brazos se desprenden de los hombros, y torso y cabeza se incrustan en el parabrisas, en un tiempo cercano a una décima de segundo. ¡Es una muerte rápida!	Tiempo s	Deform inch	Deform m	<Vel> m/s	<Tiemp > s
	0	0	0		
	0.015	8	0.203	13.55	0.0075
	0.018	11	0.279	25.40	0.0165
	0.035	20	0.508	13.44	0.0265
	0.04	22	0.558	10.16	0.0375
	0.05	26	0.660	10.16	0.045
	0.09	30	0.762	2.54	0.07
				0	0.09
	35 mph	=57	=15.6		
		km/h	m/s		

Con el cinturón de seguridad se incrementa la duración de la colisión, reduciendo a 13 veces la aceleración de la gravedad la fuerza necesaria. Esto incrementa notablemente las posibilidades de sobrevivir el choque. Con un peso de 80 kg, el cinturón de seguridad aplica cerca de 800 kg provocando moretones y costillas rotas. En este sentido, la bolsa de aire causa menos daño ya que distribuye la fuerza en un área mayor, pero tiene que aplicar la misma fuerza que el cinturón de seguridad, por lo que puede causar la muerte de un niño pequeño.

Dado que los datos incluyen el tiempo y la deformación producida se puede calcular la velocidad media entre tiempos consecutivos, encontrándose que la velocidad se incrementa casi al doble para el tercer dato lo que nos indica que la deformación o el tiempo correspondiente están equivocados. Dado que la velocidad solamente puede disminuir es posible estimar los valores correspondientes para encontrar una curva suave. Esto nos recuerda la conveniencia de analizar todos los datos experimentales para encontrar las equivocaciones. Dado que la palabra error se usa para medir la incertidumbre en una medida, se usa equivocación para indicar un dato defectuoso. La figura 5 muestra la grafica de velocidad media de los datos originales y la corrección estimada.

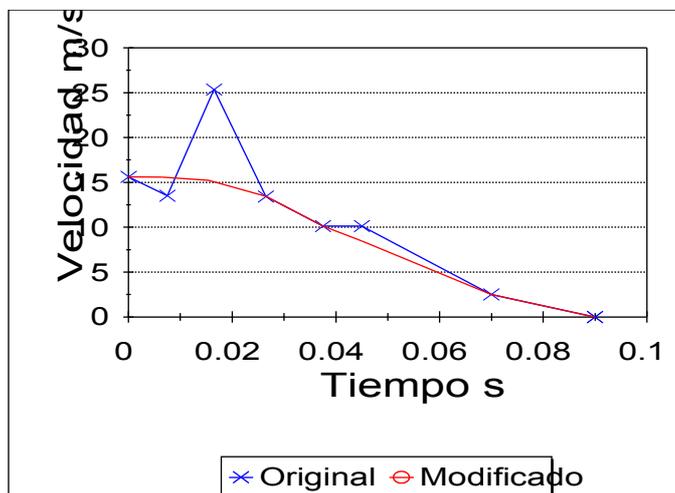


Fig. 5. Velocidad promedio a partir de los datos originales y los valores estimados de la colisión de un coche con un obstáculo.

En los datos originales la velocidad crece durante el choque lo cual es imposible físicamente. Los datos modificados nos dicen que deformar la defensa y el radiador casi no requiere fuerza, y que la deformación elástica del motor requiere una fuerza casi constante (la velocidad decrece linealmente en el tiempo = deceleración constante).

Otro choque

La gráfica posición contra tiempo hecha con datos⁷ tomados por estudiantes de un video de un coche chocando a 86 km/h contra un poste, muestra una curva suave, sin ninguna irregularidad. Sin embargo la curva de velocidad promedio (Fig. 6) muestra cambios bruscos de velocidad que no corresponden a aceleraciones reales, son producidas por las estimaciones realizadas al medir la posición de la defensa trasera en la pantalla de la computadora en la que se realizan las medidas.

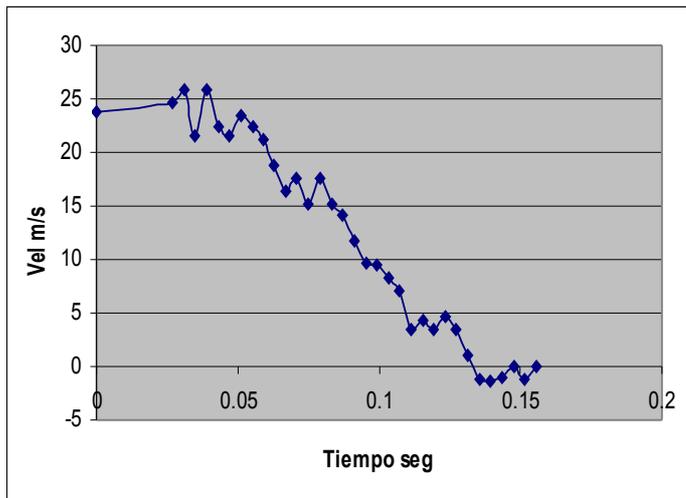


Fig.6.- Velocidad media calculada dividiendo deformaciones consecutivas entre el intervalo de tiempo. Las variaciones de corto plazo se deben a la incertidumbre en las posiciones medidas.

El efecto de las variaciones debidas a la incertidumbre se reduce si se hace un promedio móvil sobre cuatro puntos. La figura 7 muestra el efecto sobre la curva de velocidad promedio. Se pierden los primeros y los últimos tres puntos.

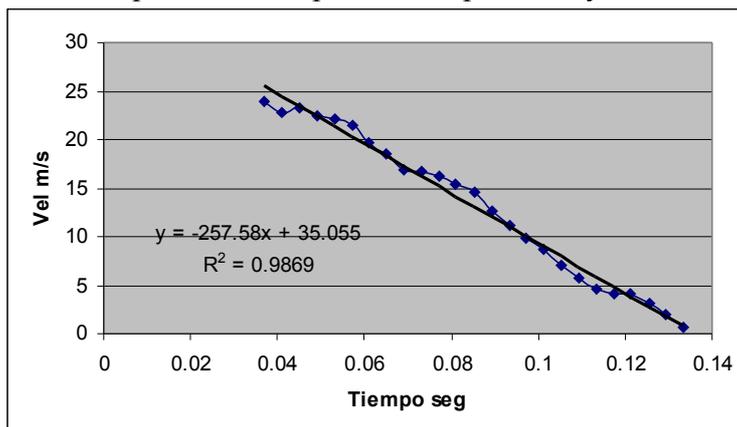


Fig.7.- El promedio móvil sobre cuatro puntos reduce las variaciones debidas a la incertidumbre de los puntos individuales. Nos confirma que la aceleración promedio durante la deformación del motor es constante, o sea fuerza constante.

Podemos ver que la aceleración promedio para este choque corresponde a cerca de 26 veces la aceleración de la gravedad. No hay cuerpo humano que la resista. En un choque el cambio en velocidad es igual a la velocidad inicial y en un choque de frente su duración es cercana a una décima de segundo. Lo pequeño del tiempo de colisión es lo que mata. Moraleja: si logramos incrementar el tiempo de colisión las aceleraciones son pequeñas, lo que se logra en colisiones de costado, que destrocen los lados del vehículo. La Física puede salvar nuestras vidas.

Constructivismo

El constructivismo se basa en la idea, encontrada por Sócrates hace muchos años, de que es necesario conocer los conceptos que maneja el estudiante (preconceptos) para poder modificarlos de una manera significativa, o sea, que se los apropie sustituyendo las ideas iniciales. El estudiante necesita convencerse el mismo de la bondad de los

nuevos conceptos, si queremos enseñar a razonar. El problema radica en que usando el método tradicional de pasar un estudiante al pizarrón, se obtiene poca información y relativa a un solo estudiante. En el tiempo que se averiguan los preconceptos, suele acabarse el tiempo destinado a enseñar el concepto. Quizá lo más malo sea que la presencia de todo el grupo suele interferir con el razonamiento normal del estudiante, haciendo que no conteste preguntas muy simples, lo que lo pone en ridículo enfrente de sus compañeros.

Un procedimiento mejor es hacer la pregunta asociada al preconcepto a todos los estudiantes, pidiéndoles que escriban una frase o una letra, según sea el caso, en su cuaderno. El profesor se puede pasear entre los estudiantes, leyendo en silencio las respuestas y tener una buena muestra de los preconceptos. Esto le permitirá encontrar los mejores argumentos para presentar el nuevo concepto. Pero sobre todo, preservando el anonimato de los estudiantes equivocados, sin lastimar los egos estudiantiles.

Motivación mediante preguntas o preguntas exploradoras

Como pregunta motivadora podemos plantear que pasa si bombardeamos una placa de plástico transparente, de 6 mm de espesor, con electrones acelerados por un millón de voltios. Se observa que los electrones no atraviesan la placa, si no que son detenidos en su interior. Dado que el plástico es un material aislante, los electrones al detenerse quedan atrapados en el volumen. Con el tiempo, la densidad local de electrones crece linealmente si la corriente de bombardeo es constante. Pero los electrones se repelen entre sí, lo que nos indica que si la densidad de electrones inyectados crece lo suficiente, crea un campo eléctrico interno capaz de moverlos. Si la energía que toma del campo es mayor que la energía que lo sujeta, un electrón acelerado libera a otro creando dos, los dos liberan a cuatro, etc. Creando el proceso de avalancha que llamamos descarga eléctrica, con la consiguiente liberación de calor a lo largo de la trayectoria de la descarga. Esto funde al plástico momentáneamente para después volver a solidificar. En el plástico mostrado, se introdujo un clavo para facilitar la salida de la corriente de la descarga. Puede observarse que las trayectorias se engruesan al acercarse al clavo, como un río se engruesa con sus afluentes. Fig 8.

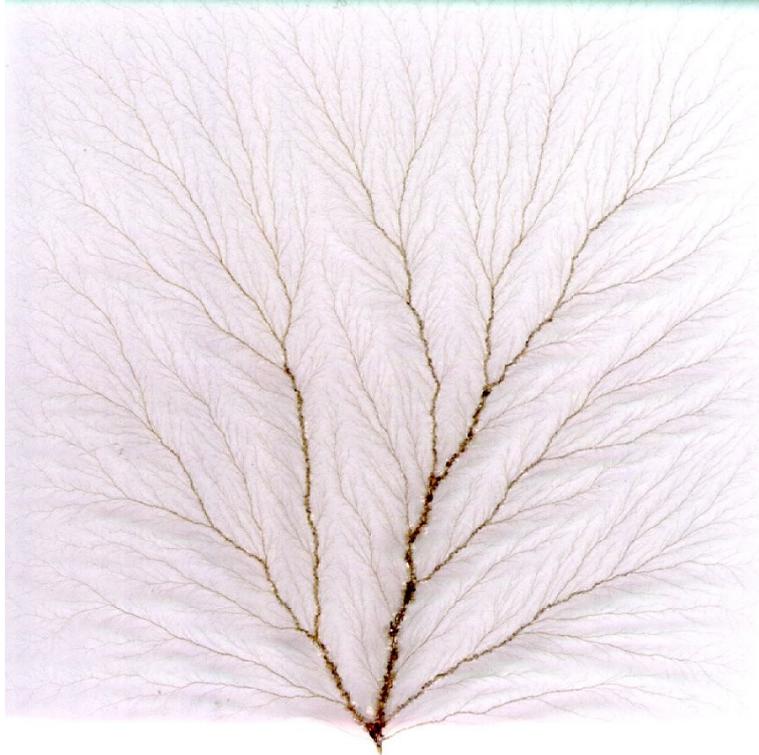


Fig. 8.- Descarga eléctrica producida en el interior de una placa de plástico bombardeada con electrones de un millón de voltios. Cortesía de Esbaide Adem y Enrique Cabrera...

De la revista *Physics Teacher*⁸ tomaremos un ejemplo acerca de la fuerza que ejerce un objeto cargado eléctricamente sobre un chorrillo delgado de agua. El experimento, sencillo de hacer, es frotar un globo con una bolsa de plástico. Acercando el globo cargado al chorrillo se observa una fuerza de atracción. La pregunta es: ¿Si acercamos la bolsa de plástico al chorrillo, este sé: atrae, se repele o no le pasa nada?

El *Physics Teacher* y la mayoría de los libros que lo mencionan dicen que la fuerza de atracción se debe al carácter dipolar de la molécula del agua, que se orientan bajo la acción de los campos externos. Esta respuesta se olvida de que el agua es conductora⁹ por la presencia de iones; lo que implica que los campos eléctricos no penetran en el seno del líquido, sin posibilidad de orientar a los dipolos moleculares. La fuerza es la fuerza normal entre una carga inducida y la carga inductora, el ejemplo sirve como ejemplo de que no siempre lo que está impreso es cierto.

¿Virar o frenar?

Supongamos que un automovilista a una velocidad de $54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$ se acerca una intersección, en la cual se detiene un trailer impidiendo el paso de frente. ¿Qué le conviene al conductor, tratar de frenar en línea recta o girar el volante, siguiendo el círculo de mínimo radio?

La fuerza de fricción entre las llantas y el piso, la podemos utilizar para reducir la velocidad del coche en línea recta o para cambiar la dirección del movimiento haciendo girar el volante. Si utilizamos la máxima fuerza de fricción posible, sin que el coche patine, podemos seguir una trayectoria que sea un arco de círculo con el mínimo radio posible. Si intentamos que gire en un radio menor, solamente lograremos que el coche patine perdiendo el control del mismo.

La fricción entre dos superficies es proporcional a la fuerza normal de contacto, en este caso, el peso del coche y a la constante de proporcionalidad le llamamos coeficiente de fricción

Supongamos que el coeficiente de fricción es de 0.8, ya sea para frenar o para girar, y la distancia inicial entre coche y trailer es de 14 metros.

¿Qué pasa si el conductor da un volantazo tratando de que gire más rápido de lo que permite la fuerza de fricción?

Recordemos que al frenar disipamos energía,
Pero el movimiento en círculo la conserva.

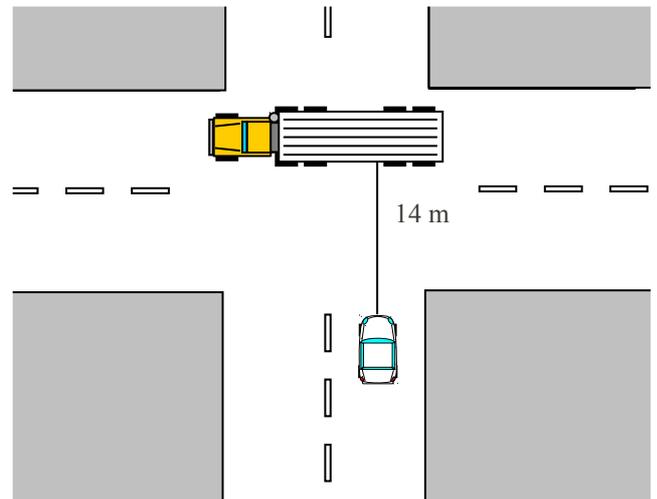


Fig. 9.- Diagrama trailer coche

Respuestas:

Choque.-El conductor del coche puede usar la fuerza de fricción para detener al coche en línea recta o para tratar de desviarlo en una trayectoria circular. El radio de la trayectoria circular no puede ser más pequeño que cierto valor. Si el conductor da el volantazo excediendo este valor el coche se patinara como si solo hubiera frenado, con riesgo de volcarse (¿Por qué?). El radio de giro esta dado por la fuerza centrípeta aplicada por la fuerza de fricción de las llantas con el piso.

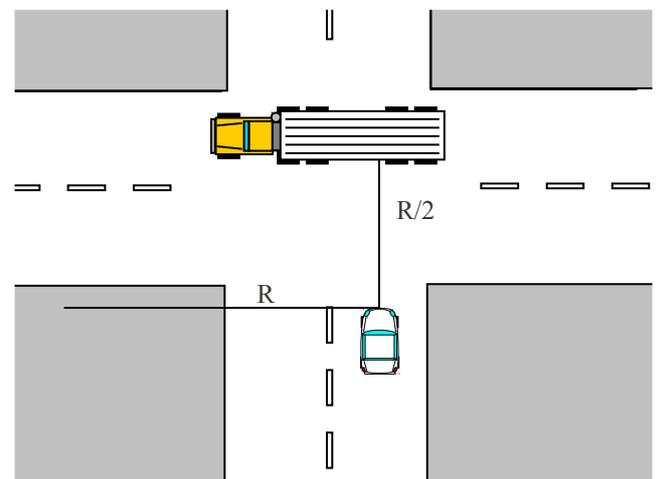
$$\frac{mv^2}{R} = \mu m g \quad \text{por lo tanto} \quad R = \frac{v^2}{\mu g}$$

Ahora si hubiera frenado en línea recta la deceleración producida es μg y la distancia necesaria para frenar esta dada por

$$x = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2\mu g}$$

Substituyendo valores numéricos se encuentra que hacen falta 14 metros para frenar mientras que el radio de giro es de 28 metros. La fig. 11 muestra que la diferencia de las trayectorias es muy pequeña (11% de la distancia de frenado) y que el coche moviéndose por la trayectoria circular se estrella con toda su velocidad mientras que si hubiera frenado no hubiera chocado. Si la distancia es más de 14 metros frenando no tiene ningún problema. Si la distancia es menor de 14 metros

Esto es un claro ejemplo de que la física funciona en la vida diaria siempre y cuando el análisis



lo hayamos hecho antes del evento;
durante el choque no tenemos
tiempo de pensar.

Fig. 10.- Muestra las dos posibles trayectorias
extremas frenando o girando

Cohete de aire

Como demostración experimental se puede utilizar el disparo de un cohete impulsado por aire, consistente en un tubo de media pulgada de PVC acoplado a la boca de una botella de plástico desechable de dos litros. Como proyectil se utiliza un acetato enrollado al diámetro del tubo de PVC y tapado en su extremo con una cinta de enmascarar. Apretando súbitamente la botella desechable se incrementa la presión interna, acelerando a 1000 m/s^2 al proyectil, que sale a 20 m/s al separarse del tubo de PVC. Considerando como tiro parabólico el tiempo de vuelo es cercano a 4 segundos.

Lo interesante es calcular numéricamente el vuelo del cohete, aprovechando que se tienen computadoras con posibilidades de manejar bases de datos. Para poder calcular la fuerza de fricción con el aire se requiere de un experimento extra para medir el coeficiente de fricción experimental, en un modelo proporcional a la velocidad o a su cuadrado. Dejando caer el cohete y una piedra desde una altura de 8 metros se encuentra que el cohete se atrasa 30 cm respecto a la piedra. Esta información esencialmente es el coeficiente de fricción con el aire. Una manera simple de calcularlo es resolver numéricamente las ecuaciones de movimiento.

Podemos suponer una fuerza de fricción proporcional a la velocidad o al cuadrado de la velocidad. Esto es: $F_f = kv$ o $F_f = kv^2$

La fuerza total será el peso mg menos la fuerza de fricción: $F_t = mg - kv$

$$F_t = ma = m \frac{dv}{dt} = mg - kv$$

$$\Delta v = (g - kv/m) \Delta t$$

$$\text{Velocidad final} = \text{Velocidad inicial} + \Delta v$$

$$\Delta z = \langle v \rangle \Delta t$$

$$\text{Altura final} = \text{Altura inicial} + \Delta z$$

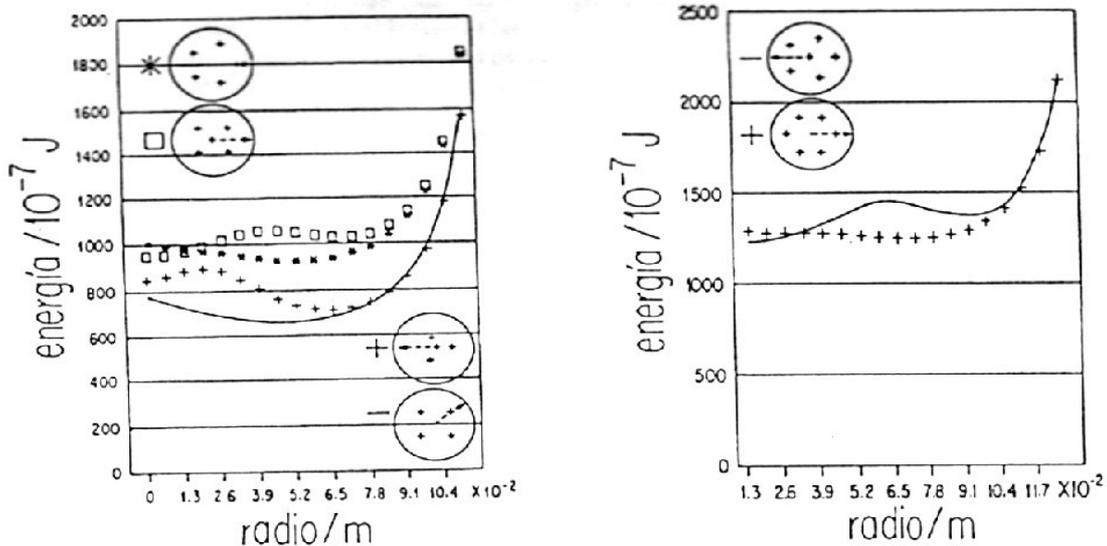
Equilibrio, cristales y energía de activación¹⁰

Estos conceptos se pueden aclarar con la ayuda imanes flotando en agua, en un recipiente circular. Si el recipiente es transparente se puede colocar sobre el retroproyector para que se pueda ver en un auditorio grande. Rodeando al recipiente se colocan muchos imanes con sus ejes verticales o una bobina con corriente directa. Si colocamos un imán flotando con su eje vertical, este o es repelido al centro (equilibrio estable) o es atraído al borde del plato, según cual sea el polo en la parte superior. En este último caso, el imán colocado en el centro tiene un equilibrio inestable.

El caso del equilibrio estable corresponde a que todos los imanes periféricos lo repelen y solamente en el centro se cancela la suma de todas las fuerzas. Tenemos que hacer trabajo para sacarlo del centro, indicando un mínimo en la energía potencial. El equilibrio estable corresponde a mínimos en la energía potencial. Si colocamos tres imanes flotando, que se repelen entre sí, se forma un triángulo equilátero. Cuatro se acomodan en un cuadrado, con cada imán flotando en una posición de equilibrio

estable. Cinco se acomodan en un pentágono o en cuadrado con un imán al centro. Tenemos dos configuraciones de equilibrio con diferentes energías potenciales. Con seis, las configuraciones son hexágono o pentágono centrado.

El hecho de que se formen figuras simétricas se debe a la simetría del pozo de potencial en que tenemos a los imanes, pero eso pasa en la naturaleza con las sustancias cristalinas, que tienen una celda elemental bien definida. El hecho de que tengamos dos configuraciones de equilibrio indica que necesitamos dos energías de activación para pasar de un estado a otro.



de la línea que se muestra en la figura insertada.

En la figura 13 se aprecia que la energía de activación para pasar del hexágono al pentágono centrado es pequeña comparada con la del proceso inverso

Si el razonar es un arte tiene dos consecuencias profundas: en su enseñanza, enseñar un arte es muy diferente de formar artesanos; debemos dar oportunidad a nuestros discípulos de escoger su tema de trabajo. En la profesión, al escoger un tema de trabajo, es importante que el mismo nos inspire, para que trabajemos con gusto; descubriremos que esto aumenta nuestra eficiencia. Al acabar una Licenciatura hay que tomar la decisión importante de sí incorporarse a la sociedad civil o continuar estudios superiores, necesarios para una carrera académica.

Referencias

1. Lightman, A., Nature **434**(2005)299
2. Kemp, M., Nature **434**(2005)308
3. McMullen, K., Nature **434**(2005)310
4. E.F. Redish and R.N. Steinberg, *Teaching Physics: figuring out what works*, Physics Today, Jan1999, 24-30.
5. C.H. Holbrow, *Archaeology of a bookstack: some major introductory physics texts of the last 150 years*, Physics Today, march 1999, 50-56.
6. SAAB videotape, Popular Science October (1992)60-61
7. Bell et all, "Car-crash experiment for the undergraduate laboratory", AJP **42**(1974)645-8

8. P. Hewitt, *Figuring Physics*, The Physics teacher, **32**, 1994, 254.
9. Riveros, H.G. "Electric behavior of water"., Phys. Teacher 33(1995)420
Carta al editor
10. Riveros, H., Cabrera, E., Gally, M., Fujioka, J. y Ruíz Mejía, C., Models for the early stages of nucleation J. Crys. Growth, 128, 44-49 (1993).