

EL PLACER COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA en la enseñanza de la Física

Héctor G. Riveros
Instituto de Física UNAM, A.P. 20-364, 01000 México DF, México
riveros@fisica.unam.mx

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. Si entienden la demostración sin ayuda experimentarán el placer de entender. 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. Las motivaciones humanas van del amor al odio, y del dolor al placer, como profesores podemos escoger que motivaciones implementar.

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. If they understand by themselves the demonstration, they will experience the pleasure of thinking. 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. Human motivations range from love to hate, and from pain to pleasure: as teachers we can choose which motivations we employ.

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 proporciona el entender él por qué de las cosas. Conviene entonces que compartamos este sentimiento de placer, con el resto de la sociedad en que vivimos. En sus inicios todas las ciencias comenzaron como pasatiempos agradables, la mayoría de las personas consideran el trabajar en alguna ciencia como algo difícil pero en realidad es un placer para quien tiene vocación para realizarlo. Es este aspecto el que conviene difundir para que se entienda que la ciencia es parte del hombre moderno. Esto es particularmente importante para la formación de los niños y jóvenes que tratan de encontrar su vocación. Pero debemos tomar en cuenta que lo que un adulto entiende por entender es diferente de lo que piensa un niño, por

ejemplo, cuando un adulto observa una hélice girando en el extremo de un palito explica el giro en término de vibraciones y fases en las ondas; cuando un niño observa el mismo fenómeno y pregunta el porqué lo que en realidad quiere entender es que tengo que hacer para que la hélice también gire conmigo.

El planear una clase requiere de tener una idea muy clara de los fines de la enseñanza², 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; estamos enseñando a razonar. Llamamos Método Científico a este tipo de razonamiento, pero se ha abusado tanto de este nombre que prefiero evitarlo. 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 facilita introducir los placeres del razonamiento, y pensar es un arte.**

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 Today¹ 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 demostraciones, experimentos o preguntas se pueden usar para demostrar que el entender el por qué 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. Pero el movimiento se demuestra andando: veamos algunas actividades que podemos desarrollar en clase, como ejemplo de materiales didácticos:

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 entender esto conviene considerar otras dos colisiones. 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 entender 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 rebote 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.

Datos de un choque reportados en Popular Science (Oct 1992, p60), la velocidad del coche Saab 9000 es 35 mph para $t = 0$, es	Tiempo s	Defor inch	Deform m	<Vel> m/s	<Tiemp > s
cero, para 0.09 s y una deformación total de 30"; con el cinturón de seguridad el conductor se detiene en 0.15 seg. Con más datos	0	0	0		
podemos calcular una velocidad media y tiempo medio para cada intervalo. De la columna de velocidad media contra tiempo, observamos que la deformación de 8" o el tiempo 0.015 s están equivocados ya que no es posible que el coche haya acelerado a 25 m/s con una velocidad inicial de 15.6 m/s. Con los datos de velocidad inicial y tiempo total del choque, se obtiene una aceleración media de -	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 km/h	=15.6 m/s		

174 m/s^2 , utilizando un ajuste de mínimos cuadrados se obtiene $-242 m/s^2$ (ya que se toman todos los datos como buenos incluyendo el valor de 25.4 m/s). Con esta deceleración se entiende la necesidad de usar el cinturón de seguridad. Aunque la velocidad es relativamente pequeña (57 Km/h) la aceleración promedio durante el choque llega a ser 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. Con el cinturón de seguridad se incrementa la duración de la colisión (a 0.12 s), reduciendo a 11 veces la aceleración de la gravedad la aceleración necesaria. Esto incrementa notablemente las posibilidades de sobrevivir el choque.

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 en el tiempo, si la corriente de bombardeo es constante. Pero los electrones se repelen entre sí, lo que nos indica que si la densidad 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. 2.- 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*³ tomaremos un ejemplo acerca de la fuerza que ejerce un objeto cargado eléctricamente sobre un chorrillo de agua. El experimento es

sencillo de hacer, frotando 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?

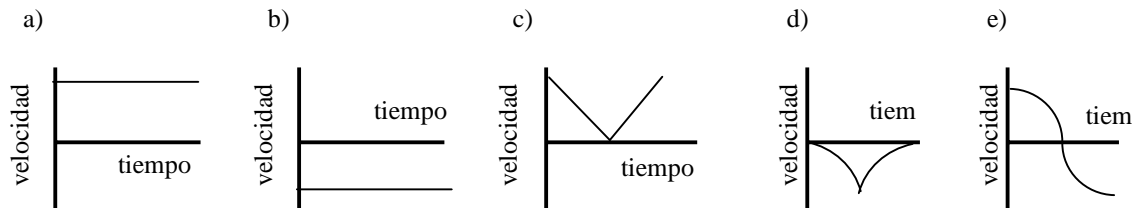
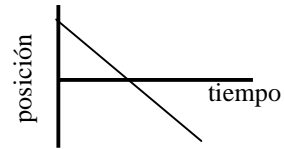
El Physics Teacher y la mayoría de los libros que lo mencionan dicen que la fuerza de atracción se debe al carácter dipolar de la molécula del agua, que se orientan bajo la acción de los campos externos. Esta respuesta se olvida de que el agua es conductora por la presencia de iones; lo que implica que los campos eléctricos no penetran en el seno del líquido, sin orientar a los dipolos. 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.

Como demostración experimental se puede utilizar el disparo de un cohete impulsado por aire, consistente en un tubo delgado 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 al proyectil, que sale disparado al separarse del tubo de PVC. El tiempo de vuelo es cercano a 4 segundos, aproximando como tiro vertical se obtiene una velocidad de salida de 20 m/s. Considerando aceleración constante se obtiene 1000 m/s^2 para el proyectil mientras recorre el tubo de PVC. Usando valores medios se puede calcular la presión efectiva actuando durante el disparo.

Para una buena enseñanza se requiere conocer lo que los estudiantes conocen², pero usando el procedimiento tradicional de pasar un estudiante al pisaron se usa mucho tiempo y posiblemente se ponga en vergüenza al estudiante. El uso de preguntas de opción múltiple permite encuestar a un grupo grande, y si las respuestas se recogen por escrito, anónimamente, se evitan los momentos embarazosos.

Ejemplo:

1. ¿Cuál es la grafica de velocidad contra tiempo que corresponde a la gráfica de posición contra tiempo que se muestra a la derecha



Estos son unos cuantos ejemplos de lo que se puede hacer con la información accesible, o con objetos comunes a nuestro alrededor. La Física está presente en nuestras actividades diarias, si prestamos atención la encontraremos. Lo importante no es memorizar ecuaciones, sino captar el placer que produce el entender el por qué de las cosas. 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, pero sobre todo, el trabajo se convierte en placer. **Todos recordamos unos cuantos profesores muy buenos, pero también recordamos a los malos. Ojalá nos recuerden dentro de los buenos.**

Referencias.

- 1.- C.H. Holbrow, *Archaeology of a bookstack: some major introductory physics texts of the last 150 years*, Physics Today, march 1999, 50-56.
- 2.- E.F. Redish and R.N. Steinberg, *Teaching Physics: figuring out what works*, Physics Today, Jan1999, 24-30.
- 3.- P. Hewitt, *Figuring Physics*, The Physics teacher, **32**, 1994, 254.