

ENERGIA EN LOS CURSOS INTRODUCTORIOS DE FISICA: ¿CONDUCTISMO O CONSTRUCTIVISMO?

RICARDO BUZZO GARRAO, MARCELA AGUIRRE, ENRIQUE RODRIGUEZ, CARLOS RUIZ Y MARION NARANJO

Instituto de Física, Universidad Católica de Valparaíso

RESUMEN

El plan de estudios de Física en Enseñanza Media de la educación chilena, contempla el concepto de Energía desde los inicios casi en condición de concepto primario. Debido a esto, en el Instituto de Física de la Universidad Católica de Valparaíso, decidimos hacer un estudio acerca de la mejor forma de aproximar el concepto de Energía al estudiante en los cursos introductorios. Para no hacer un estudio alejado de la realidad, incorporamos a la investigación a un grupo de profesores de Enseñanza Media.

En nuestro trabajo analizamos aproximadamente una década de discusión sin conclusiones claras, aparecidas en las revistas "The Physics Teacher", "Physics Education" y "American Journal of Physics".

Si bien aparecen interesantes discusiones sobre la relación Trabajo-Energía, y los acercamientos más adecuados al concepto de Energía, todas ellas están hechas al alero de un negativo dogmatismo ya sea que la posición sea conductista o constructivista.

En nuestro desarrollo tratamos de tomar lo que consideramos más positivo de cada posición con el fin de elaborar una propuesta real, conciliadora y efectiva que permita al profesor enseñar y al alumno aprender de la mejor forma este concepto tan general como es la Energía.

La Energía no es la Capacidad para Realizar Trabajo.

Hay veces que al tratar de introducir un concepto en los cursos introductorios de Física se sacrifica la veracidad del concepto

en beneficio de la simplicidad de la oración con que se explicará dicho concepto.

La justificación que se acostumbra a dar, es que en cursos posteriores se procede a pulir los errores ayudado sobre todo por un mayor bagaje matemático, llegando finalmente a la auténtica expresión del concepto.

Sin embargo cuando el acercamiento al concepto se hace a través de una completa falsedad y sobre todo presentada en una forma atractiva y fácil de memorizar, lo que se está haciendo es grabar en el alumno un preconcepto el cual se irá arraigando en él, resultando muy difícil de desterrar en cursos posteriores.

Este es el caso de la enseñanza del concepto de energía a través del atractivo slogan "Energía es la capacidad para realizar Trabajo".

Siguiendo las ideas de Lehrman¹ y Hicks² trataremos de mostrar que dicha aseveración es falsa a pesar de la defensa hecha por Warren³.

En los cursos de Mecánica que por lo general son los introductorios se estudia la cantidad Trabajo y se llega a concluir que es la medida del cambio que experimenta una cantidad $mv^2/2$ la cual se bautiza con el nombre de Energía Cinética. Luego, si bien se hable de los efectos disipativos del roce, se evita analizar todos los procesos en los cuales esté involucrada la cantidad

Calor.

¿Por qué en los cursos introductorios no se estudia la cantidad trabajo dentro de un contexto en que estén presentes las leyes de la Termodinámica? Si así se hiciera se podría ver claramente que la Energía no es la capacidad para realizar trabajo ya que en todo proceso termodinámico la Energía se conserva y sin embargo la capacidad para realizar trabajo no. Además de esa forma se podría enfatizar en lo realmente importante que es la conservación de la Energía en vez de gastar esfuerzos en tratar de introducir en el estudiante una idea vacía y falsa.

Para reforzar este argumento queremos retomar algunas ilustrativas afirmaciones de Lehrman¹

1) Si la capacidad para realizar trabajo se conservara sería posible contar con una máquina de movimiento perpetuo. 2) La completa conversión de calor en trabajo es imposible. Toda vez que la Energía es transformada algo de su capacidad para realizar Trabajo es irremediamente perdida. 3) La cantidad de trabajo que puede ser obtenida de la energía depende del grado de organización de ella. 4) Una definición moderna de Energía debe estar basada en las leyes de la Termodinámica. 5) Energía es una cantidad que tiene dimensiones de trabajo y que se conserva en todas las interacciones.

Conductismo versus Constructivismo

De las ideas expuestas por Warren³ en su crítica al enfoque constructivista para la enseñanza del concepto de Energía consideramos valdiera la crítica en cuando a que en el afán de que los alumnos sean los constructores del concepto se juega mucho con la idea de Energía como una substancia que pasa de un sistema a otro en ciertos procesos.

Para que los alumnos no se entusiasmen

con esta idea el profesor necesariamente debe adoptar una actitud un poco conductista en cuanto a plantear actividades que cuestionen esta identificación.

El punto de partida de estas actividades será un diagnóstico de los preconceptos de los alumnos, los cuales cubren un vasto espectro, como se puede deducir del trabajo de Watts⁴, en el cual se clasifican siete tipos de concepciones alternativas del concepto de Energía.

De ahí en adelante como asevera Trumper⁵, habrá una interacción racional entre los nuevos conceptos y las ideas antiguas de los alumnos, a través de un proceso en que los alumnos estén comprometidos activamente en construir una visión del mundo más cercana a la visión científica.

Creemos que esta metodología tiene mucho más posibilidades de éxito que la propuesta por Warren⁶ donde se deben ignorar las ideas previas de los alumnos y estampar en ellos conocimientos que son el fruto de años de estudio de eminentes físicos del pasado, pretendiendo que los estudiantes asimilen estos conocimientos como sacados de la Biblia de la Física.

No se debe olvidar que en los cursos introductorios, más importante que el número de conceptos enseñados es la actitud científica que se pueda lograr de parte de los alumnos, la cual les permita en el futuro descubrir no cosas ya sabidas sino principios nuevos. El método Warren⁶ está destinado a matar dicha actitud.

En defensa de su posición Warren³ hace referencia a una encuesta hecha a profesores de escuela primaria los cuales habrían mostrado graves errores conceptuales. Creemos que este ejemplo no le hace ningún favor pues dichos profesores habrían sido formados con la antigua metodología.

Una conclusión que se puede sacar de este ejemplo es que el éxito de una aproximación constructivista al concepto de Energía tendrá que partir por una adecuada capa-

citación de profesores, pues resultaría bastante extraña una enseñanza de tipo constructivista a cargo de profesores con formación conductista.

Otra idea que cabe destacar es que la enseñanza de la Ciencia no debe ser elitista. Warren afirma que Energía es el nombre de una cantidad matemática que el alumno aprenderá si estudia Ciencias o Ingeniería en niveles avanzados. O sea se está reservando el privilegio de saber lo que es Energía al sigma superior de la distribución normal, los cuales como alguien ha dicho aprenden a pesar de los profesores.

Lenguaje Común

Creemos que la principal causa para que surjan críticas como la de Warren³ a la propuesta constructivista es la ligereza para el uso del vocabulario, pues se usan casi indistintamente las palabras concepto, término, idea, definición, lo que confunde una relación de tipo cualitativa con una de tipo cuantitativa. De igual forma se dice que los niños tienen en su experiencia diaria sensaciones directas de la Energía cuando en realidad lo que ellos perciben como expresa Lehrman¹ son parámetros asociados a tipos de Energía.

Sin embargo el mismo Warren³ al afirmar que la Energía es la capacidad para realizar Trabajo, establece una relación ambigua, ¿Cuantitativa o cualitativa?. Si es cuantitativa todas las objeciones a esta afirmación serán válidas ya que la conservación de la Energía implicaría la conservación de la capacidad para realizar Trabajo lo que no es cierto conforme al segundo principio de la Termodinámica.

Estamos seguro de la necesidad de establecer un lenguaje de discusión estandarizado con el fin de acercarnos a un proyecto educativo de consenso que permita rescatar lo valioso de cada posición dentro de una discusión que si bien será a la luz de diferentes

teorías cognitivas, ella esté ausente de arrebatos dogmáticos, expresiones soberbias y términos peyorativos.

Estilos de Aprendizaje

Llama la atención que en todos los artículos analizados la discusión se centra en los estilos de enseñanza sin preocuparse al plantear actividades, de los diferentes estilos de aprendizaje.

De la misma forma como a través de ciertas pruebas se puede hacer un diagnóstico de los preconceptos de los alumnos, se puede también como lo establece Kolb⁷ hacer un inventario de los estilos de aprendizaje de ellos mediante un test que pretende medir el énfasis relativo del individuo en cuatro capacidades para el aprendizaje como son 1) Experiencia concreta 2) Observación reflexiva 3) Conceptualización abstracta 4) Experimentación Activa.

Del análisis de los resultados de este test el profesor puede programar las actividades más acordes con los estilos de aprendizaje de sus alumnos.

Como afirma Keefe⁸, el diagnóstico de los estilos de aprendizaje abre la puerta a la educación personalizada sobre una base racional. Otorga al educador una poderosa maquinaria para analizar, motivar y ayudar a los estudiantes en el colegio. Es el fundamento de una verdadera aproximación moderna a la Educación.

Conclusiones

Habiendo analizado diferentes puntos de vista respecto a la enseñanza del concepto de Energía en los cursos introductorios de Física y del planteamiento de nuestra propia posición podemos sacar las siguientes conclusiones:

1) Independiente de lo falso o no del lema "Energía es la capacidad para realizar tra-

bajo", no ayuda de manera alguna a construir el concepto de Energía.

2) Si se desea hacer una aproximación constructivista se debe contar con una adecuada capacitación de profesores para dicha metodología.

3) Dicha capacitación debe contemplar el uso de un lenguaje muy cuidadoso que no permita confundir relaciones de tipo cualitativas con otras de tipo cuantitativas.

4) No se puede centrar la atención exclusivamente en contenidos que son el producto del estudio de grandes científicos, reservando el aprendizaje de la Física solo al sigma superior de la distribución normal.

5) El punto de partida deberá ser un diagnóstico tanto de los preconceptos como de los estilos de aprendizaje de los alumnos lo que permitirá diseñar actividades adecuadas al objetivo planteado como es lograr el aprendizaje del concepto de Energía.

Referencias

- 1) Energy is not the ability to do work. Robert Lehrman. *The Physics Teacher*, 20, pp. 15,18.
- 2) Energy is the capacity to do work or is it?. Nancy Hicks. *The Physics Teacher*, 21, pp. 529, 530.
- 3) Energy and its carriers: a critical analysis. J.W. Warren. *Physics Education*, 18, pp. 209, 212.
- 4) Some alternative views of energy. Michael Watts. *Physics Education*, 18 pp. 213, 216.
- 5) Energy and a constructivist way of teaching. Ricardo Trumper. *Physics Education*, 25, pp. 208, 211.
- 6) The teaching of energy. Letters to the editor. J.W. Warren. *Physics Education*, 26, pp. 8, 9.

7) Psicología de las Organizaciones. Problemas Contemporáneos. D.Kolb, I. M. Rubin, J.M. Mc Intyre. Prentice-Hall.

8) Learning Style. Theory & Practice. James W. Keefe. NASSP.

Otros Artículos Analizados

- Work and kinetic energy for an automobile coming to a stop Herman Erlichson. *American Journal of Physics*, 45, 8, p. 769
- Pseudowork-Energy principle. Claude Pechina. *American Journal of Physics*, 46, 3, pp. 295. 296
- Work and heat transfer in the presence of sliding friction Bruce Sherwood. *American Journal of Physics*, 52, pp. 1001, 1007
- Developing the energy concepts in introductory Physics A.B. Arons. *The Physics Teacher*, 27, pp. 506, 517
- Teaching Energy. Letters to the Editor K. Bamford. *Physics Education*, 26, p. 10
- The Teaching (or mis-teaching) of Energy Letters to the Editor Michael Watts. *Physics Education*, 26, p. 142
- The Teaching of Energy. Letters to the Editor J.W. Warren. *Physics Education*, 26, p. 265
- Physics that Textbook Writers Usually Get Wrong Robert Bauman. *The Physics Teacher*, 30, pp. 264,269

Referencias Bibliográficas

- FRENCH, A.P. *Mecánica Newtoniana*, Ed. Reverté
- GIANCOLI D. *Física General*, Ed. Prentice Hall
- FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS *Lectures on Physics*, Ed. Addison Wesley
- RESNICK-HALLIDAY *Física*, Ed. Wiley
- ALONSO-ROJO *Física*, Ed. Fondo Educativo
- HECTOR MUÑOZ *Mecánica*, Ed. Ediciones Pedagógicas