

Las ideas del alumnado en física

M. Paloma Varela Nieto

En este artículo presentamos los esquemas conceptuales alternativos que poseen los alumnos y alumnas de enseñanza secundaria en el campo de la física (mecánica, electricidad, calor), así como algunos ejemplos y resultados de las numerosas investigaciones realizadas. Se han escogido los esquemas conceptuales más relevantes tanto desde el punto de vista de la disciplina como atendiendo a su importancia en los currículos escolares actuales.

Palabras clave: Ciencias experimentales, Enseñanza de las ciencias, Alumnado, Física, Educación secundaria obligatoria, Esquema conceptual

Los resultados de numerosas investigaciones realizadas en las últimas décadas acerca de como los estudiantes adquieren conocimientos, ponen de manifiesto que, antes de iniciar un aprendizaje formal de la ciencia, poseen unas ideas sobre las leyes que rigen el mundo que les rodea. Desde una perspectiva constructivista sobre cómo aprenden los alumnos, está aceptado que la construcción de conceptos se realiza a partir de las ideas que los estudiantes han elaborado al respecto, bien a través de sus vivencias cotidianas o como consecuencia de experiencias anteriores de aprendizaje.

Todo lo que hemos comentado en el párrafo anterior tiene importantes implicaciones para la enseñanza de las ciencias ya que, generalmente, las ideas previas no concuerdan con el punto de vista científico. Por otro lado parece claro que las prácticas habituales dentro del aula se han mostrado bastante ineficaces a la hora de conseguir que estas representaciones evolucionen hacia las admitidas actualmente por la comunidad científica.

Por otra parte, existe consenso entre los investigadores y profesores de física sobre cuáles son las ideas alternativas más resistentes al "cambio", existiendo abundante bibliografía sobre el tipo de pruebas que pueden emplearse para la detección de estas ideas dentro del aula (Driver y otros, 1989; Hierrezuelo y Montero, 1989; Pfundt y Duit, 1994; Varela y otros, 1993). En consonancia con este hecho, a lo largo del artículo describiremos los esquemas conceptuales alternativos más relevantes que poseen los alumnos de enseñanza secundaria considerados clave en la física escolar, presentando también algunas conclusiones aportadas por las investigaciones realizadas en este campo de sumo interés didáctico para los profesores de esta materia.

MECÁNICA

Existen dos conceptos claves que constituyen, en nuestra opinión, los auténticos obstáculos epistemológicos en este campo: uno construido alrededor del concepto de *fuerza* y su relación con el movimiento de los cuerpos, y otro referente a la conceptualización de la *energía*, su conservación y su degradación. A continuación vamos a describir los resultados de las investigaciones realizadas al respecto:

1. Concepto de fuerza

El concepto de fuerza comienza a desarrollarse a partir de sensaciones relacionadas con el esfuerzo físico: "hay que hacer fuerza para levantar este objeto" o "este chico es más fuerte que yo". En consecuencia podemos decir: los estudiantes consideran la fuerza como "algo" característico de los objetos, especialmente en el caso de los seres animados, confundiéndola con el concepto de energía. Por ejemplo, cuando se realizan entrevistas utilizando tarjetas como la que aparece en la <http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07046U.gif> - Figura 1, las contestaciones son del tipo: "la fuerza de cuando se la golpeó, todavía sigue dentro de la pelota" (alumno de 15 años) o "habrá una fuerza en la pelota transmitida por el hombre que las ha golpeado... irá disminuyendo a medida que sube" (alumno de 16 años) (Osborne y Freyberg, 1991).

En cuanto a la comprensión de la fuerza como la medida de la interacción entre dos cuerpos que puede manifestarse a distancia, los alumnos y alumnas pueden llegar a reconocer que existen dos fuerzas cuando se produce una determinada interacción, pero tienen problemas para asumir el carácter simétrico de la tercera ley de Newton. En las contestaciones a las pruebas utilizadas para detectar este esquema, aparece usualmente un razonamiento del tipo: "la fuerza es algo que poseen los cuerpos pudiendo ejercerla, hecho que depende únicamente del cuerpo que la ejerce y no de la interacción mutua".

2. Relación fuerza-movimiento

En este punto, los alumnos manejan una serie de esquemas muy coherentes entre sí que constituyen un auténtico sistema

alternativo a la interpretación newtoniana del movimiento y que en síntesis sería:

- El movimiento implica una causa y cuando es necesario, esta causa está localizada dentro del cuerpo a modo de fuerza interna que se va consumiendo hasta que el objeto se detiene.
- Tiene que existir una fuerza paralela a la velocidad del móvil y generalmente proporcional a ella; en consonancia con esto, lo relevante para calcular la fuerza es la velocidad en lugar de la aceleración. Se utiliza $f=ma$ únicamente cuando el movimiento se realiza en el mismo sentido que la fuerza aplicada. Esta noción tiene un carácter híbrido entre fuerza y energía (Viennot, 1979; Gil y otros, 1991).
- Cuando las trayectorias no son rectilíneas, aparecen en los razonamientos de los individuos un tercer tipo de fuerzas que se introducen para mantener el equilibrio. Un claro ejemplo en este sentido es la necesidad de introducir la "fuerza centrífuga" que equilibra la centrípeta a fin de obtener una resultante en la dirección de la velocidad. Así, por ejemplo, cuando se pasó a nuestros escolares la prueba que aparece en la <http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07047U.gif> - Figura 2, un porcentaje mínimo en todos los niveles educativos, del orden del 4 %, escoge la opción newtoniana; un 60 % de media se decanta por la alternativa 3, (Sebastiá, 1984; Hewson y Beeth, 1995).

3. Principio de conservación de la energía mecánica

Los principios de conservación juegan un papel relevante en el desarrollo de la física como disciplina científica e incluso algunos autores abogan por comenzar el estudio de la materia a partir de los citados principios. Por otra parte, la *conservación de la energía* es un aspecto tan importante que no podemos decir que un estudiante comprenda el término *energía* si no ha aprendido correctamente este principio y, en consecuencia puede utilizarlo (Trumper, 1993). En síntesis podemos afirmar que:

- Los alumnos no ven la necesidad de emplear el principio de conservación de la energía a menos que se les indique expresamente. Prefieren resolver los problemas planteados utilizando conocimientos de cinemática o dinámica.
- El concepto de energía va asociado fundamentalmente a la idea de movimiento. Existe cierta imposibilidad de reconocer energías de tipo potencial. Así, cuando resuelven el problema presentado en la <http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07048U.gif> - Figura 3, un porcentaje relevante de estudiantes identifican energía con movimiento (Pérez de Landazábal y otros, 1995).
- Los estudiantes tienen problemas para asumir la transformación de unas formas de energía en otras y en cualquier caso, no existen prácticamente alusiones a la *degradación* de la energía cuando se refieren a las transformaciones energéticas.
- Hay gran dificultad para integrar la conservación de la energía en su experiencia cotidiana. Este hecho puede ser debido al conflicto entre el uso científico de las palabras *energía* y *conservación* y al significado que se les da en el lenguaje común.

Como conclusión final podemos afirmar que el alumnado de secundaria no tiene asumido el *principio de conservación* de la energía ni el concepto de *degradación*. La idea de que, en toda transformación real, la energía total se mantiene constante, pero solamente es utilizable una parte de la suministrada al sistema, no está en el bagaje científico de los estudiantes.

ELECTRICIDAD

Como ocurre en mecánica, las investigaciones realizadas en este campo han detectado que existen dos "escollos" difíciles de superar para los estudiantes de secundaria e incluso de niveles posteriores: el relativo a la constancia de la corriente eléctrica en un circuito y el que la literatura al uso ha denominado *razonamiento secuencial* unido íntimamente con el *principio de conservación de la energía*. Las investigaciones realizadas al respecto arrojan los siguientes resultados:

1. Constancia de la corriente eléctrica

En un circuito simple que incluye una pila y una bombilla u otro elemento receptor, un porcentaje significativo de alumnos piensa que la corriente eléctrica parte de cada uno de los polos de la pila hacia la bombilla (corrientes antagonistas). Para otros, la corriente sale de un polo y retorna al otro consumiéndose sucesivamente al pasar por los elementos del circuito, es decir, los alumnos no consideran que la corriente eléctrica se conserva en un circuito. Este tipo de razonamiento, llamado por algunos autores "metáfora del fluido en movimiento", parece ser una idea bastante extendida entre los estudiantes de enseñanza secundaria (Osborne y Freyberg, 1991).

Una prueba clásica para determinar los modelos sobre la corriente eléctrica es la que se presenta en la <http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07049U.gif> - Figura 4. Los resultados obtenidos con una muestra de estudiantes españoles de 16 años, indican que sólo un 27 % contestan ajustándose al modelo científico, un 45 % utiliza el modelo antes descrito de corrientes antagonistas y el 28 % restante, un modelo en que la corriente se va "gastando" a medida que pasa por los distintos elementos del circuito (Varela y otros, 1988).

Los estudiantes también piensan que la pila se comporta como un "almacén de corriente eléctrica" que se va a ir gastando a lo largo del circuito y que la corriente depende de la pila y nada más que de ella. Es lo que ha sido denominado por los investigadores, modelo de *generador de corriente constante*. Estas ideas están sustentadas en la confusión entre corriente eléctrica y energía (equívoco difícil de superar) y en el hecho de no apreciar que en los circuitos eléctricos puedan aplicarse, como en mecánica, el principio de conservación de la energía.

2. Razonamiento secuencial

Los alumnos, desde la enseñanza secundaria hasta la universidad, no aceptan que un circuito es un sistema en interacción donde un cambio en cualquier elemento afecta a todo el circuito. Los razonamientos de los estudiantes responden a un análisis local del circuito, en el que se supone que si se introducen variaciones en un elemento del circuito, esto sólo afectará a la corriente que sale de él, pero no a la que llega y por lo tanto, sólo los elementos colocados "detrás" del elemento variable sufren algún efecto en su funcionamiento. Estos esquemas se han encontrado en el análisis de contestaciones a algunas pruebas como la que se presenta en la <http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07050U.gif> - Figura 5 donde se encuentran contestaciones del tipo: "la bombilla brillará igual que antes de modificar el valor de la resistencia porque está antes y la B2 brillará menos porque está detrás" (Shipstone y otros, 1988).

CALOR

En este campo, los problemas del aprendizaje se centran, en opinión de los investigadores, alrededor de dos obstáculos: llegar a comprender el significado de *equilibrio térmico* y distinguir conceptualmente *calor de temperatura*. Los trabajos realizados al respecto nos presentan los siguientes resultados:

1. Equilibrio térmico

Los esquemas detectados indican que los alumnos tienen gran dificultad para reconocer la igualdad de temperaturas alcanzada por objetos en contacto prolongado (equilibrio térmico), y en consecuencia distinguen entre sustancias "calientes" y "frías". Además poseen una idea confusa sobre la conducción térmica. Así, cuando se les presentan las pruebas que aparecen en la <http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07051U.gif> - Figura 6, las respuestas van en la línea de pensar que "el cuerpo B tendrá más temperatura y más energía porque es más grande" o para el caso de la bicicleta "el metal es mucho más frío que el plástico" o "los metales trasmitten el frío" (Vareta y otros, 1993).

2. Discriminación entre calor y temperatura

En lo referente a la idea de calor, los alumnos evolucionan desde una explicación de los fenómenos limitada por la percepción y el lenguaje cotidiano, hacia una visión más próxima al modelo científico, pasando por una etapa de transición en que presentan ideas análogas a las mantenidas en la *teoría del calórico* (Marcelo y Soussan, 1985). En síntesis podemos decir que:

- Existen distintas equivocaciones tales como confundir el calor con la fuente de calor (el Sol, fuego...), calor con el estado en que se encuentran los sistemas (indica una confusión clara con la temperatura), calor con los efectos que produce (fundamentalmente fisiológicos).
- El calor se considera como algo material, como una sustancia que reside en los cuerpos.

En cuanto a la temperatura, los estudiantes piensan que:

- La temperatura es una mezcla del calor y del frío que posee el cuerpo, creando confusión con el concepto de calor. Por ejemplo, se utilizan frases como "la temperatura es la cantidad de calor" o "la temperatura es la medida del calor".
- La temperatura de un cuerpo depende de su naturaleza, es decir hay sustancias "frías" como los metales o "calientes" como la lana. Esta idea alternativa se ha formado a partir de experiencias sensoriales y en este sentido es muy difícil de sustituir mediante la enseñanza, a menos que se diseñen actividades que incidan directamente en este punto.

A MODO DE CONCLUSIÓN

A lo largo del artículo, hemos presentado los esquemas conceptuales alternativos más importantes detectados en mecánica, electricidad y calor, fundamentales en los currículos escolares de física impartidos actualmente en nuestro país. Aunque nos hemos centrado en alumnos y alumnas de edades comprendidas entre los 12 y los 18 años, en la mayor parte de los casos estos esquemas persisten en estudiantes universitarios mostrándose resistentes a los procesos de enseñanza realizados. Es más, parece razonable suscribir una frase de la profesora francesa L. Viennot, pionera en este campo de investigación:

"No existe ninguna tendencia importante del pensamiento de los alumnos de la cual, el profesor lúcido no detecte alguna huella en sus propios razonamientos. Sólo es necesario pasar a contextos más complejos" (Viennot, 1989, pág. 11).

Bibliografía

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIEN, A. (1989): Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid: Ediciones Morata.

GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991): La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: Horsori.

HEWSON, P.W.; BEETH, M.E. (1995): Enseñanza para un cambio conceptual; ejemplos de fuerza y movimiento. Enseñanza de las Ciencias 13 (1), 25-35.

HIERREZUELO, J.; MONTERO, A. (1989): La ciencia de los alumnos. Su utilización en la Didáctica de la Física y la Química. Barcelona: Editorial Laia.

MARCELO BURGHI, B.; SOUSSAN, G. (1985): Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. Enseñanza de las Ciencias 3 (2), 8391.

OSBORNE, R., FREYBERG, P. (1991): El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la Ciencia de los alumnos. Madrid: Narcea SA Ediciones.

PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.C.; FAVIERES, A.; MANRIQUE, M.J.; VARELA, M.P. (1995): La energía como núcleo en el diseño curricular de la Física. Enseñanza de las Ciencias 13 (1), 55-65. PFUNDT, H.; DUIT, R. (1994): Students' Alternative Frameworks and Science Education. Kiel, Germany: Institute for Science Education.

SEBASTIÁ, J.M. (1984): Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. Enseñanza de las Ciencias 2 (3), 161-169.

SHIPSTONE, D.M.; RHONECK, C.; KARRQVIST, C.; DUPIN, J.; LICHT, P. (1988): A study of students' understanding of electricity in five European countries. International Journal Science Education 10 (3), 303-316.

TRUMPER, R. (1993): Children's energy concepts: a cross-age study. International Journal Science Education 15 (2), 139-148.

VARELA, M.P.; MANRIQUE, M.J.; FAVIERES, A. (1988): Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias 6 (3), 285-290.

VARELA, M.P.; FAVIERES, A.; MANRIQUE, M.J.; P. DE LANDAZÁBAL, M.C. (1993): Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista. Madrid: Centro de Publicaciones del MEC.

VIENNOT, L. (1979): Spontaneous reasoning in elementary dynamics. European Journal of Science Education 1, 205-221.

VIENNOT, L. (1989): La didáctica en la Enseñanza Superior ¿Para qué? Enseñanza de las Ciencias 7 (1), 3-13.

Dirección de contacto

M. Paloma Varela Nieto

Catedrática de Física y Química. IB Ramiro de Maeztu. Serrano, 127. 28006 Madrid. Tel.: 91/5617842. Fax: 91/4110865.