

EXPERIENCIAS DE AULA

LA ENERGÍA ES UN ROMPECABEZAS

Pilar Segarra, Facultad de Ciencias.

Ana Ma. Sánchez, Julia Tagüña, Noemí Castro y Martín Bonfil, Centro de Comunicación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México.

Introducción

¿Qué es la energía? Esta es una pregunta aparentemente muy sencilla, pero la respuesta tiene demasiadas facetas. La mayoría de la gente tiene claro algún aspecto de la energía, casi siempre el más cercano a su vida cotidiana; sin embargo, es difícil que posea un panorama completo sobre el concepto de energía.

Buscar una definición única de energía sería muy limitante; podemos recurrir, en cambio, a presentarla en sus diferentes manifestaciones y a explicar con ejemplos los principios que la energía obedece. Este enfoque nos lleva a pensar que el concepto de energía es una especie de rompecabezas cuyas piezas al unirse nos dan un panorama global.

Para probar si esta presentación es la adecuada para transmitir el concepto de energía al público general, diseñamos una exposición llamada «El rompecabezas de la energía» dentro de la sala de la energía del Proyecto Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

No fue nuestro propósito hacer una estadística exhaustiva para medir los conocimientos del público sino probar, en una muestra pequeña y controlada, el impacto educativo de esta presentación. Se trató de analizar si con nuestra exposición era posible completar la idea intuitiva que toda la gente tiene sobre la energía.

La exposición «El rompecabezas de la energía»

Para su planeación se consideraron seis aspectos básicos que se pretendían transmitir, resumidos en los seis lemas siguientes: la energía se conserva, la energía se transforma, la energía se disipa, la energía tiende a un mínimo, la energía puede estar cuantizada, la energía es equivalente a la masa.

Estos lemas se utilizaron como base para un diseño museográfico en el que a cada uno se le asoció un color. De esta manera, cada equipo presentado en la exposición está rodeado de piezas de rompecabezas de uno o varios colores, según los principios básicos sobre la energía que involucre.

Los equipos fueron planeados con la idea de que ilustraran tales principios en forma atractiva y, en lo posible, clara y que permitieran una interacción amplia del público con ellos. Algunos equipos requieren de un demostrador que brinde una explicación al público; otros son programas de computadora, que incluyen video, animación y texto. Por falta de espacio, no describiremos aquí el contenido de la exposición por equipos. Haremos referencia a algunos de ellos cuando sea necesario.

Las cédulas explicativas se montaron también en piezas de rompecabezas de los colores apropiados. En otras piezas se incluyeron frases relacionadas con la energía, adivinanzas sobre los principios básicos y fotografías de cada equipo. Al final de la exposición se presentan de nuevo todas las piezas, ahora unidas para formar el rompecabezas completo, que muestra en grandes letras la palabra «Energía».

Reactivo, muestra y resultados

Se trabajó con una muestra de 30 niños de sexto año de primaria (entre 11 y 12 años de edad). Después de la visita a la exposición, los niños debían contestar un breve cuestionario.

Respecto a la idea de la energía como un rompecabezas, la mayoría contestó correctamente que la energía es un concepto muy difícil de explicar y que «está formado por muchas partes».

La segunda pregunta trata de saber qué principio físico se comprende mejor. Los niños redefinieron los principios: «la energía no se gasta fácilmente, nunca se pierde», «la energía se puede hacer en diferentes formas», «la luz se transforma en calor porque la usamos diariamente», «la naturaleza no gasta la energía inútilmente», «los cambios de energía se dan por etapas» y «toda masa tiene energía».

Respecto a la experiencia diaria y la conservación de la energía, la idea común es que «la energía se pierde pero se recupera al comer».

Análisis de los resultados

La presentación del concepto de energía como un rompecabezas resultó muy exitosa. Todos los niños de la muestra analizada entendieron que era una forma de mostrar la diversidad de los principios y de las manifestaciones de la energía.

La experiencia diaria es fundamental, por lo que no debe sorprendernos que el 70% contestó que la energía no se conserva; de ese 70%, el 30% opinó que si bien la energía se pierde, la reponemos con comida y sueño.

En lo que se refiere al equipo más popular, la respuesta refuerza el párrafo anterior. Como la gente no tiene clara la conservación y la disipación de la energía, el péndulo golpeador (escogido por el 60% de la muestra) resulta muy emocionante. El niño se sienta en una banca y coloca la barbiilla en un soporte; el demostrador le acerca el péndulo a la nariz y lo separa armónicamente para después soltarlo. El niño teme que le pegará de regreso; no sabe que no hay forma, si nadie interviene externamente, de que el péndulo suba más allá del punto del que partió.

El principio más claro es que la energía se transforma, ya que todos conocen ejemplos de las diferentes formas de energía. Su relación con el calor, en cambio, no está clara: nadie lo explicó correctamente y muchos niños (90%), a la pregunta de qué significa la conversión de la energía en calor, dijeron que «esa es precisamente la luz».

Los principios que obedece la energía en los aspectos relativista y cuántico, conocidos apenas hasta este siglo, son los menos conocidos y los más difíciles de entender pues están muy alejados de la vida cotidiana y de los programas escolares. Sin embargo, los niños de esta época manejan las computadoras sin ninguna inhibición y les gustaron mucho los programas relacionados precisamente con estos temas modernos.

Comparación con la literatura existente y conclusiones

Dentro del marco de las investigaciones sobre preconceptos, el tema de la energía es uno de los que presentan mucha dificultad, pues su significado en el lenguaje común difiere del que se le da en física (Ault et al. 1988). El problema principal radica en que el maestro, al hablar, parte de una concepción del término, y el alumno

trata de entender desde otra, pero ambos están convencidos de que saben de qué está hablando el otro (Bliss 1985, Boyes 1990 y Carr y Kirkwood 1988).

Al hacer la revisión bibliográfica, encontramos artículos que tratan sobre los significados que la palabra energía tiene para los alumnos (Watts 1983) y sobre la dificultad que encuentran para entender la conservación de la energía, ya que pesa mucho el lenguaje coloquial sobre «fuentes de energía» y «consumo de energía» (Duit 1981). En uno de los artículos (Solomon 1983) se dice que es lógico que los alumnos tengan dos dominios de conocimiento (el científico y el no científico) y que no se debe tratar de evitarlo, sino de hacerlos conscientes de la existencia de ambos. Esta comprensión que el alumno tiene de la energía, basada en la noción de consumo de energía y gasto energético, tiende a interferir con los principios de conservación de la energía impuestos como una verdad científica (Schlichting 1979).

De la investigación anterior puede subrayarse que es muy común la noción de que la energía se gasta; esta concepción puede provenir de la identificación de la energía con un combustible o con una fuerza que se consume con el movimiento. Esto dificulta la comprensión tanto de la conservación de la energía como la de sus transformaciones.

La conclusión fundamental de este análisis es la importancia de nuestra experiencia cotidiana sobre los conceptos que tenemos del mundo. No necesariamente nuestra experiencia es equivocada, pero casi siempre es incompleta. Consideramos que la presentación del concepto de energía como un rompecabezas fue en general, acertada.

Agradecimientos

Queremos agradecer a los alumnos de sexto año de primaria de la Nueva Primaria de México su colaboración entusiasta en este estudio. También, un reconocimiento a los gabinetes del Museo de las Ciencias y a la valiosa colaboración de María Trigueros.

Referencias bibliográficas

- Ault, Ch., Novak, J.D. y Gowin, D.B., 1988. Constructing Vee maps for clinical interviews on energy concepts, *Science Education*, 72, pp. 515-545.
- Bliss, J. y Ogborn, J., 1985. Children's choices of uses of energy; *European J. of Science Education*, 7, pp. 195-203.

Boyes, E. y Stanisstreet, M., 1990. Pupil's ideas concerning energy sources, *International J. of Science Education*, 12, pp. 513-529.

Carr, M. y Kirkwood, V., 1988. Teaching and learning about energy in New Zealand secondary school junior science classrooms; *Physics Education*, 23, pp. 68-91.

Duit, R., 1981. Understanding energy as a conserved quantity; *European J. of Science Education*, 3, pp. 291-301.

Schlichting, H.J., 1979. Energy and energy waste: a topic for science education; *European J. of Science Education*, 1, pp. 158-168.

Solomon, J., 1983. Learning about energy: how pupils think in two domains; *European J. of Science Education*, 5, pp. 49-59.

Watts, D.M., 1983. Some alternative views of energy; *Physics Education*, 18, pp. 213-217.

PEQUEÑAS INVESTIGACIONES TUTELADAS

Merino de la Fuente, M.
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valladolid.

El método de enseñanza de las ciencias por «descubrimiento dirigido» es comúnmente aceptado como el mejor de los existentes por consistir básicamente en un proceso de enseñanza-aprendizaje acorde con la metodología científica (Gil 1983).

Se expone aquí un intento de aplicación de dicha metodología en un centro de bachillerato de tipo medio, mediante actividades PIT («Pequeñas Investigaciones Tuteladas»).

1. Características de las actividades PIT

Se trata de la «realización de un trabajo experimental, monográfico y continuado por un grupo de alumnos, usando la metodología científica, bajo la tutela directa del profesor y con objeto de asegu-

rar su familiarización con el método científico».

Este tipo de actividad se encuentra a mitad de camino entre los «trabajos de proyecto» (Valadares y Duarte 1991), de carácter eminentemente bibliográfico e interdisciplinar y los «trabajos prácticos» (Calatayud y Gil 1979), de tipo experimental y monográfico, ambos entroncados en la metodología científica.

Obviamente, la realización de estas actividades no supone en modo alguno la materialización de una investigación científica real, sino la simulación de ésta. En este sentido, puede considerarse a las actividades PIT como la enseñanza a través del «juego de la investigación».

El tema objeto de una PIT no es sino el hilo conductor circunstancial a través del cual se pretende alcanzar una serie de objetivos transversales muy importantes para la formación científica del alumno, tales como rutinas, habilidades y destrezas diversas propias del quehacer experimental y familiarización con la secuencia «emisión de hipótesis-diseño y realización de experimentos-análisis de resultados», entre otros.

2. Realización de las actividades

Para poner en práctica este método deben seguirse las siguientes reglas:

a) *Selección del tema.* Habrá de cumplir con una serie de condiciones: deberá ser realizable con material existente en el laboratorio escolar en un tiempo que no exceda de cuatro meses, a razón estimativa de cuatro horas semanales. No debe ser rutinario ni implicar la puesta en juego de conceptos inasequibles para los alumnos. Finalmente, tiene que permitir la emisión de hipótesis, diseño experimental, realización de experimentos y análisis-discusión de resultados.

b) *Selección de los alumnos.* Esto es obligado, dado que el método está concebido para tratar a grupos de entre seis y diez alumnos, muy inferior al tamaño de un grupo convencional. Por regla general, la banda de edades más idónea es la de 14-17 años.

c) *Introducción al tema.* Los alumnos no cuentan con más conocimientos ni recursos que los propios de su edad y condición. Ello, unido al carácter monográfico del tema y a la posibilidad de que no esté comprendido en el currículo escolar que se desarrolla en el aula, hace necesaria esta fase de introducción que consiste básicamente en la exposición, si procede, de los conceptos teóricos pertinentes, estrategias y líneas de trabajo, distribu-

ción de tareas experimentales, análisis de bibliografía introductoria adecuada, etc.

d) *Experimentación*. Al diseñar y realizar los experimentos es fácil que los alumnos se queden atascados. Es aquí cuando el profesor debe hacer gala de prudencia y buen hacer, asesorando, indicando justo lo necesario, permitiendo las iniciativas e ideas de los alumnos, y en definitiva, su protagonismo. Se hace siempre necesario un reparto de tareas con objeto de hacer avanzar la PIT más rápidamente. Ello obliga a reuniones periódicas del grupo, para asegurar «que todos sepan lo que hacen todos».

e) *Análisis de resultados y realización del correspondiente informe*. Es casi inevitable que los alumnos lleguen a conclusiones falsas o utópicas, o que sencillamente no sepan sacar conclusiones de sus propios resultados. De nuevo, una sutil y acertada intervención del profesor exenta a ser posible de dirigismo, permitirá la consecución de los objetivos didácticos que se pretende alcanzar.

3. Un ejemplo: el oscilador salino

a) *Introducción al tema*. Se trata de un fenómeno físico periódico que se da en la conjunción de dos líquidos de diferentes densidades, a través de un estrecho orificio (Martin 1970), (Walker 1978).

b) *Emisión de hipótesis*. El período del oscilador salino debe depender de la diferencia de densidades, del radio del orificio y del radio del vaso (Merino 1981).

c) *Diseño y realización de experimentos*. Se prepararon disoluciones de cloruro sódico en agua, de diferentes densidades, que fueron determinadas picnométricamente. Se construyeron luego varios osciladores salinos con jeringuillas de diversos tamaños, equipadas con agujas recortadas de diversos diámetros interiores. Para visualizar las oscilaciones se colorearon las disoluciones con permanganato potásico.

d) *Análisis de resultados*. Se midieron sistemáticamente los períodos para distintas disoluciones, para distintos valores del radio del orificio r y para diversos radios del vaso R , con objeto de verificar la expresión:

$$T = 4\pi\sigma R^2/(\delta-\delta')gvr^3$$

donde T es el período, σ la tensión superficial, g la aceleración de la gravedad, v la velocidad media de paso del líquido por el orificio, y $(\delta-\delta')$ la diferencia de densidades. Al representar gráficamente T en función de $1/(\delta-\delta')$, T en función de R^2 y T en función de $1/r^3$, pudieron apreciarse las alineaciones de puntos que evidencian el cumplimiento de la ley.

4. Conclusión

Las actividades PIT se configuran como un método complementario al tradicional de aula, por cuanto no atiende a la adquisición significativa de conocimientos, si bien potencia en grado sumo la familiarización con el método científico, paliando así una importante deficiencia de los métodos de aula mayoritariamente utilizados.

Su aplicación comporta dificultades derivadas de la rigidez en la organización docente de los centros, de su dotación y de la inercia del profesorado para adoptar metodologías nuevas. No obstante, los beneficios que de su correcta aplicación pueden obtenerse, las compensan.

En una segunda parte de este trabajo, se expondrán otros ejemplos y se hará un juicio crítico sobre los pros y los contras de este método.

Referencias bibliográficas

- Calatayud, L., Gil, D. et al., 1979. *Trabajos prácticos concebidos como pequeñas investigaciones*. Simposio de Didáctica de la Física y de la Química, Madrid.
- Gil, D., 1983. Tres paradigmas básicos básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 1, (1), p. 26.
- Martin, S., 1970. The salt-water oscillator, *Geophysic Fluid Dynamics*, 1.
- Merino, M. y De Diego, A., 1980. El oscilador salino, *Revista de Bachillerato*, Supl. núm. 17, enero, p. 6.
- Valadares, J. y Duarte, C., 1991. *Didáctica da Física e da Química*. (Universidade Aberta: Lisboa).
- Walker, J., 1977. Oscilaciones entre líquidos, *Investigación y Ciencia*, diciembre, p. 64.