

## UNA PROPUESTA DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN LA ENSEÑANZA DEL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Antonio García Carmona

Área de Ciencias. Colegio Luisa de Marillac. Sevilla. España.

E-mail: [agarciaca@cofis.es](mailto:agarciaca@cofis.es)

[Recibido en Enero de 2006, aceptado en Marzo de 2006]

### RESUMEN <sup>(Inglés)</sup>

*En este artículo se hace una propuesta de situaciones problemáticas orientadas al estudio de la conservación de la energía, en clases de Física. Se plantean cuestiones o problemas en los que se introducen, de forma intencionada, ciertos errores o incongruencias en su resolución –o bien, en la interpretación del resultado–, con la finalidad de que sean detectados y analizados por los alumnos. Se pretende, con ello, que los alumnos desarrollen una serie de actitudes y destrezas científicas, necesarias en el aprendizaje de la Física. Como orientación general, se describe el marco didáctico y metodológico en el que pueden ser aplicadas en el aula.*

**Key words** conservación de la energía; enseñanza de la Física; resolución de problemas; situaciones problemáticas

### INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas en Física, basada en la aplicación de simples reglas y algoritmos, tiene como consecuencia que los alumnos adquieran una habilidad rutinaria y superficial (Buteler, 2001), que les induce a resolverlos de manera automática y acrítica (Perales, 2003). Además, de esta manera no se profundiza en el contenido del problema (Leonard, Gerace y Dufrense, 2002), porque los alumnos no terminan de tomar conciencia de cómo debe abordarse un problema de investigación (García Carmona, 2005a).

Lo habitual, cuando un alumno se enfrenta a un problema de Física, es que lo examine de forma superficial, sin reflexionar si los datos ofrecidos son o no razonables. Sólo suele preocuparse de averiguar qué "problema tipo" tiene delante y, a continuación, aplicar las ecuaciones que conoce de una forma mecánica. Ello desencadena que la resolución de problemas fomente el aprendizaje memorístico entre los alumnos (Aguirre, Meza y Lucero, 2004).

Un modo de fomentar la utilidad didáctica de la resolución de problemas en Física, consiste en analizar y resolver situaciones problemáticas<sup>1</sup>, presentadas a modo de enigmas científicos (García Carmona, 2001a). Se trata de plantear cuestiones o problemas en los que se introducen, de forma intencionada, algunos errores o

incongruencias de planteamiento, desarrollo o interpretación de resultados, con el fin de que sean detectados. Se pretende, así, que los alumnos desarrollen una serie de actitudes y destrezas científicas, imprescindibles en el aprendizaje de la Física.

Uno de los principios más interesantes de la Física es el de la conservación de la energía (Solbes y Tarín, 2004). Su adecuada comprensión permite resolver numerosos problemas físicos, que, de otro modo, resultaría difícil o casi imposible. Por tanto, es un escenario interesante para ejercitar la capacidad de razonamiento de los alumnos, mediante el planteamiento de situaciones problemáticas.

Existe abundante literatura dedicada a las dificultades de enseñanza/aprendizaje de la energía y su conservación en los diferentes niveles de enseñanza (Aguirre, Meza y Lucero, 2004; Doménech *et al*, 2003; Driver y Warrington, 1985; Hernández Abenza, 1993; Pacca y Henríque, 2004; Sevilla, 1986; Solbes y Tarín, 2004; Solomon, 1985). Si bien, dada la importancia del tema, creemos necesario continuar profundizando en el mismo mediante la aportación de ideas y propuestas didácticas, que contribuyan a facilitar su aprendizaje en el aula.

El objetivo de este trabajo es proponer, a modo de ejemplo, cuatro situaciones problemáticas, relativas al principio de conservación de la Energía, junto con algunas sugerencias didácticas y metodológicas para su puesta en práctica en el aula.

### **ORIENTACIONES PARA LA PUESTA EN PRÁCTICA DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS**

Antes de exponer la propuesta, vamos a definir el marco didáctico y metodológico que sugerimos para su planteamiento en el aula. El abordaje de situaciones problemáticas, en clases de Física, debe fomentar en el alumnado una actitud investigadora, que le permita desarrollar una serie de estrategias de análisis y de comprensión de los problemas (Leonard, Gerace y Dufrense, 2002). En sintonía con las orientaciones de Gil y Guzmán (1993), a la hora de plantear situaciones problemáticas en el aula, se debe:

Considerar cuál es el *interés* de la situación problemática propuesta (en este caso, relativas a la conservación de la energía), tanto desde el punto de vista didáctico (ideas y concepciones que se desean tratar) como metodológico (posibilidades que tiene su puesta en práctica en un determinado nivel o contexto educativo).

1. Instar al alumnado a que comience por un *estudio cualitativo* de la situación, intentando acotarlo y definirlo de manera precisa el problema, y explicitando las condiciones que se consideran esenciales.
2. Propiciar que el alumnado emita *hipótesis* fundadas sobre las causas y posibles consecuencias del fenómeno que se analiza, imaginando, para ello, casos límite de fácil interpretación física.
3. Fomentar el diseño de *estrategias* de resolución, por parte del alumnado, evitando como único método el ensayo y error. Para ello, el profesor debe orientarles en esa

búsqueda de vías de resolución, que les permita contrastar resultados respecto al cuerpo de conocimientos del que se dispone.

4. Impulsar la resolución mediante un proceso de *verbalización*, con el que se fundamente lo que se hace, y evitar operativismos carentes de significado físico.
5. Tratar de que los alumnos analicen, cuidadosamente, los *resultados* a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.

Además de lo anterior, es preciso crear un ambiente de trabajo apropiado, que atraiga la atención del alumnado hacia la resolución de la situación problemática plantada. En este sentido:

- a) Interesa que las situaciones problemáticas propuestas sean *creativas* y presentadas con un carácter lúdico e imaginativo, como elemento de motivación. Además, es necesario establecer una correspondencia adecuada entre las situaciones problemáticas y los conceptos a enseñar, con el fin de que la resolución permita la construcción de significados.
- b) Es conveniente crear un *clima de aula* ameno y estimulante. Se ha de fomentar un ambiente de seguridad cognitiva en el alumno, que se apoye en la crítica, la reflexión y la expresión, y que conciba el *error* como un elemento enriquecedor, más que como una dificultad (Meneses, 1999). Un modo de llevar a cabo esto puede ser el siguiente:
  - Fomentar la *comunicación* entre los alumnos, con idea de que argumenten sus ideas y debatan sobre las mismas. Ello suele propiciar el desarrollo de la imaginación y de la percepción, además de facilitar los procesos de *autoevaluación* y *coevaluación*. En tal sentido, son importantes las puestas en común en clase, que permiten confrontar ideas y consensuar conclusiones.
  - Organizar a los alumnos en *grupos de trabajo*. La interacción entre individuos de nivel cognitivo similar favorece el aprendizaje mediante una dinámica cooperativa (Rosado, Gómez e Insausti, 2001).
  - Establecer las *condiciones* adecuadas, que impliquen la flexibilización del tiempo y la asignación de recursos para el trabajo autónomo del alumnado.
- c) Es de gran utilidad fomentar *prácticas autorreguladoras del aprendizaje* (García Carmona, 2005b). Se trata de que los alumnos tomen conciencia de su propio aprendizaje y aprendan a gestionar sus progresos y dificultades. Para ello, se pueden emplear los siguientes instrumentos:
  - *Fichas de trabajo*. Serán las guías en las que se incluyan las situaciones problemáticas a estudiar, y las herramientas heurísticas que se han de emplear en su resolución. Las fichas de trabajo podrán ser de tipo cualitativo o cuantitativo, de acuerdo con la naturaleza de la situación problemática que se proponga.
  - *Cuadernos del alumno*. Se emplean para registrar los procesos y actos cognitivos, llevados a cabo durante la resolución de las situaciones planteadas. Los alumnos deberán consignar las soluciones preliminares y finales, los pasos, algoritmos y cálculos realizados, o pensados pero no ejecutados. Se reflejarán,

también, las propuestas de corrección y las reflexiones globales sobre los aspectos de mayor interés, así como lo aprendido durante el proceso de resolución.

El marco didáctico y metodológico expuesto, totalmente orientativo y planteado desde una perspectiva general, debe ser adaptado por cada profesor conforme a las características de su alumnado.

### **PROPUESTA DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS**

A continuación se proponen, como ejemplo, *cuatro casos* de situaciones problemáticas relacionadas con el *principio de conservación de la energía*. Dado el nivel de las mismas, consideramos que su planteamiento más oportuno es a partir de Bachillerato. Asimismo, con el fin de obtener el máximo partido de las mismas, sugerimos que en su puesta en práctica se tengan en cuenta las recomendaciones que acabamos de exponer. No obstante, creemos que ha de ser cada profesor quien decida cuál es la mejor forma de presentarlas en su clase (diseño, organización, metodología) y el modo de impulsar en su alumnado las estrategias de resolución (emisión de hipótesis, análisis cualitativos,...). En este sentido, la propuesta que hacemos debe concebirse como un *referente*, cuyo objetivo es orientar a otros profesores en el planteamiento de las suyas propias; de manera que las situaciones propuestas son susceptibles de cuantas modificaciones se estimen oportunas, en aras de mejorar su eficacia didáctica en cada contexto de aprendizaje.

Las situaciones propuestas se presentan mediante planteamientos o razonamientos científicos incompletos y superficiales, con la intención de que ello conduzca a resultados incongruentes, que los alumnos deben detectar y analizar. En cada situación se indican los propósitos que se persiguen, detallando los aspectos conceptuales y didácticos que se intentan poner de relieve. Es preciso resaltar, también, que la secuenciación de las mismas no sigue un orden lógico e intencionado; esto es, no se trata de un programa-guía de situaciones problemáticas. Sólo se pretende mostrar cuatro situaciones problemáticas que pueden ser empleadas en la construcción, corrección y/o reforzamiento de algunos conceptos, en la enseñanza/aprendizaje de la energía.

#### **Situación 1: Desaparición misteriosa de energía**

*Pedro, que era un hombre muy audaz, trasladó, en su casa de campo, la chimenea desde la planta baja hasta el segundo piso, con objeto de obtener mayor energía mediante calor. Pensó que para una determinada cantidad de madera, la energía que produce debe tener como añadido la energía potencial, a consecuencia de la mayor altura. Sin embargo, cuando Pedro hizo las comprobaciones pertinentes, no observó ningún cambio; obtuvo el mismo calor que cuando la chimenea estaba en la planta baja. ¿A dónde ha ido a parar esa energía potencial suplementaria?*

A través de esta situación problemática se pueden abordar dos de las dificultades habituales en el aprendizaje de la energía: 1) la causa que origina la transferencia energética mediante calor (Hierrezuelo y Montero, 1991), y 2) la transformación de energía mecánica en interna (Solbes y Tarín, 2004). En la situación propuesta, ambos

aspectos o fenómenos pueden ser analizados con ayuda del primer principio de la Termodinámica.

Efectivamente, la madera, por el hecho de adquirir cierta altura con respecto al suelo, ve incrementada su energía potencial. Sin embargo, lo que se ha de comprender es que como la diferencia de temperaturas entre la madera y el entorno es la misma, tanto si se quema en la planta baja como en la segunda, el calor emitido tampoco varía. Por tanto, la cantidad de energía suplementaria, que es suministrada mediante trabajo mecánico, se traduce en un aumento de la energía potencial de las partículas desprendidas en la combustión (agua, ceniza, CO, CO<sub>2</sub> y otras partículas incombustibles). En términos del primer principio de la Termodinámica ( $W = Q + \Delta E_{\text{int}}$ ), se puede explicar diciendo que, al no variar el calor producido, el trabajo mecánico realizado sobre el sistema (en este caso, la madera) se manifiesta en un incremento de su energía interna (en este caso, la energía potencial de las partículas que se desprenden en la combustión).

En consecuencia, los alumnos deben llegar a la conclusión de que se trata de una cuestión cuyo análisis parte de un razonamiento incorrecto, que da lugar a un resultado final incongruente.

### Situación 2: ¿Dónde está la fuente del imán?

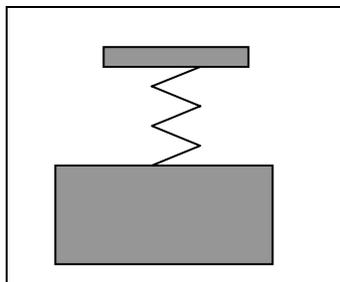
*Se acerca verticalmente un imán a un trozo de hierro situado sobre una mesa. Si el peso del trozo de hierro y la distancia hasta el imán no son grandes, el hierro será atraído por éste. Si se designa por  $m \cdot g$  el peso del hierro, y por  $h$  la distancia hasta el imán, se tiene que el trabajo que realiza el imán es:  $W = m \cdot g \cdot h$ .*

*El trabajo realizado puede no ser muy grande, si bien se ha de tener presente que el experimento puede repetirse tantas veces como se quiera y que, además, no se aprecia ningún cambio en el imán; asimismo, su "fuerza magnética" no se debilita en ningún momento. ¿No contradice esto la ley de conservación de la energía?*

Es habitual observar en el alumnado –incluso entre el profesorado– la idea errónea de concebir la energía potencial como una propiedad asociada a los cuerpos, en lugar de la correspondiente al sistema que interacciona (Pacca y Henrique, 2004). Esta concepción, entre otras consecuencias, da lugar a la no distinción entre el trabajo que realiza la fuerza de un campo y el trabajo que se realiza en contra de ese campo. Precisamente esto último es lo que se pretende aclarar a través del análisis de esta situación problemática.

Se trata de que los alumnos lleguen a la conclusión de que, a medida que se acercan el imán y el hierro, la energía de interacción del sistema «*imán permanente-trozo de hierro*» disminuye exactamente en la magnitud del trabajo realizado en contra del campo gravitatorio ( $W_{\text{externo}} = m \cdot g \cdot h$ ). Si se desea reestablecer su valor inicial, es necesario alejar el hierro del imán; aunque, para ello, es preciso realizar un trabajo externo de igual magnitud al efectuado por el imán en levantar el hierro. Este fenómeno se puede comprender si se compara el imán con un resorte vertical, el cual se comprime cuando le colocamos una carga, y recupera su posición de equilibrio cuando se le retira (figura 1). Por consiguiente, la situación planteada no contradice el principio de conservación de la energía.

También puede plantearse la misma situación problemática con la interacción de la Tierra y un objeto, o con dos cuerpos cargados eléctricamente.



**Figura 1.** Analogía para ilustrar el comportamiento del sistema imán-trozo de hierro.

**Situación 3: ¿Por qué aumenta la energía del condensador?**

Marcos y Alicia son dos compañeros de una clase de 2º de Bachillerato, que desean medir la energía almacenada en un condensador. Para ello, utilizan un condensador plano de capacidad  $C_1=1\mu F$ , con un dieléctrico de vidrio de permeabilidad dieléctrica relativa  $\epsilon_r=5$ , que cargan con una diferencia de potencial  $V=100V$ . La energía acumulada en el condensador es:

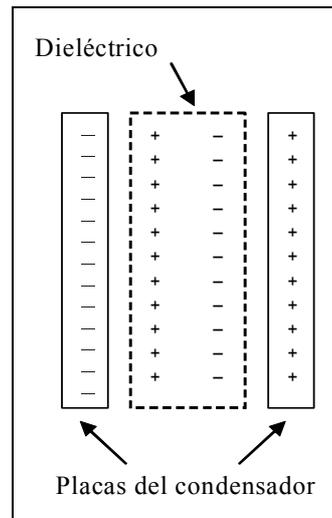
$$U = \frac{C \cdot V^2}{2} = \frac{10^{-6} F \cdot 10^4 V^2}{2} = 5 \cdot 10^{-3} J$$

Después, eliminan el vidrio, con lo cual, la capacidad del condensador disminuye en  $\epsilon_r$  veces y se hace igual a  $C_2=C_1/\epsilon_r=0,2\mu F$ . Dado que la carga ( $Q=C \cdot V$ ) en el condensador permanece invariable, la diferencia de potencial entre sus armaduras crece en la medida en que ha disminuido la capacidad; es decir,  $V'=500V$ . De modo que la energía del condensador, una vez eliminado el dieléctrico, es:

$$U = \frac{C V^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 10^{-6} F \cdot 25 \cdot 10^4 V^2}{2} = 2,5 \cdot 10^{-3} J$$

Con el resultado obtenido, Marcos y Alicia no comprenden por qué el condensador ha incrementado su energía, así no estaba conectado a ninguna fuente de energía externa!

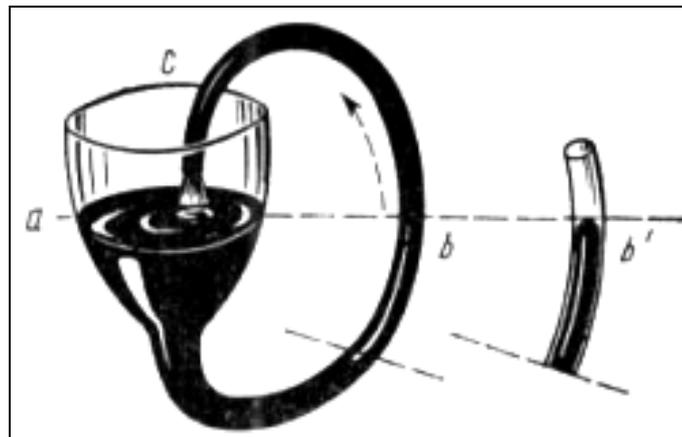
Con esta situación problemática se intenta poner de manifiesto la misma idea que en la situación anterior; es decir, que para alterar el estado de una interacción en un campo (en este caso, electrostático), se hace preciso suministrar energía externa mediante trabajo mecánico. Se trata, en definitiva, que los alumnos logren comprender que, debido al campo eléctrico existente entre las armaduras del condensador cargado, el dieléctrico se polariza; con lo cual, en las caras del dieléctrico, que dan a las placas del condensador, aparecen cargas opuestas que interactúan con las de las armaduras (figura 2). Y cuando Marcos y Alicia retiran el dieléctrico, realizan un trabajo externo en contra del campo eléctrico existente entre las cargas de las placas y el dieléctrico. Por consiguiente, se ha de concluir que el trabajo realizado por Marcos y Alicia, para quitar el dieléctrico, es, precisamente, el incremento de energía experimentado en el condensador. Como recurso para su adecuada comprensión, se puede hacer referencia, nuevamente, a la analogía de la figura 1.



**Figura 2.** Condensador plano con dieléctrico polarizado.

#### Situación 4: Un motor hidráulico perpetuo

A lo largo de la historia de la Ciencia han sido numerosos los intentos, por parte de científicos e inventores, de lograr máquinas con funcionamiento perpetuo. Esto es, una máquina que sea autosuficiente, y que funcione continuamente, sin necesidad de aporte de combustible alguno. Un ejemplo es la máquina hidráulica propuesta por el físico inglés D. Papin, en el siglo XVIII (figura 2). Según este científico, en la parte ancha del vaso el peso del agua es mayor que el de la columna de agua del tubo delgado; por tanto, el agua se verterá, continuamente, desde el extremo del tubo delgado al vaso ancho. De manera que, colocando debajo del chorro una rueda hidráulica, el motor estaría preparado para su funcionamiento continuo. Sin embargo, el resultado no fue el esperado; el agua no fluía desde el vaso hasta el tubo delgado. ¿Qué error estaba cometiendo Papin en sus planteamientos?



**Figura 2.** Modelo de máquina perpetua hidráulica de Papin.

El análisis de máquinas que, supuestamente, originan movimientos perpetuos, tiene una gran utilidad didáctica y epistemológica en la enseñanza/aprendizaje del principio de conservación de la energía. Se trata de uno de los episodios más interesantes de la historia de la Física (García Carmona, 2001b); no en balde, la lucha continua de físicos e inventores, a lo largo de los siglos, por obtener tales máquinas, ha contribuido, de manera decisiva, en el desarrollo de la física de las transformaciones energéticas: la Termodinámica.

A través de la situación problemática que se plantea, se intenta que el alumnado entienda que la imposibilidad de una máquina de movimiento perpetuo, es consecuencia de la violación del principio de conservación de la energía. La máquina propuesta por Papin no había tenido en cuenta el principio de los vasos comunicantes (derivado del principio fundamental de la hidrostática<sup>2</sup>), el cual establece –en este caso– que el nivel de agua, tanto en el vaso como en el tubo, es el mismo. De modo que no es posible que fluya agua de forma ‘gratuita’. Lo que realmente ocurre con este dispositivo es que el nivel de líquido en el tubo estrecho quedará al mismo nivel que en el grueso (como se indica en la parte derecha de la Figura 3).

El análisis de la situación problemática permite abordar, además, los conceptos de *rendimiento* y *degradación* de la energía, que suelen plantear dificultades de comprensión (Arons, 1989; Solbes y Tarín, 2004). Puesto que toda máquina precisa de un consumo previo de energía para funcionar, de lo que se trata es de conseguir máquinas que requieran el menor consumo posible con un rendimiento máximo; es decir, que la energía degradada (no aprovechable), mediante calor, sea la mínima. En este mismo contexto, se pueden tratar, también, temas transversales como el cuidado del medio ambiente. Una vez concluida la discusión de los conceptos científicos anteriores, el profesor puede plantear un debate con el argumento de que no sólo se trata de reducir el gasto de combustible, sino también que las máquinas tengan la mínima repercusión sobre el medio ambiente. En este sentido, se podrá hacer alusión al uso de las energías renovables y su contribución al desarrollo energético sostenible.

## **CONCLUSIONES**

La propuesta descrita está orientada a potenciar la capacidad de razonamiento de los alumnos, con la intención de que consigan ser cautos y reflexivos, a la hora de afrontar cualquier tipo de cuestión o problema científico. Su planteamiento en el aula tiene como propósito que los alumnos afiancen el principio de conservación de la energía, que tanto problema de aprendizaje ocasiona en el alumnado de Física e, incluso, entre el profesorado.

Aun cuando la propuesta se aconseja a partir de 2º de Bachillerato, se podrán hacer las adaptaciones oportunas para cursos inferiores; si bien, ello debe surgir de la experiencia de cada profesor y de las necesidades de su alumnado. En cualquier caso, las situaciones problemáticas presentadas deben ser consideradas como referentes para el diseño de nuevas situaciones problemática en la enseñanza/aprendizaje de la Física, y de las Ciencias Experimentales en general.

Como línea futura de trabajo, será interesante realizar un estudio cualitativo de la eficacia didáctica de la propuesta (o de otras similares) en un espacio educativo natural de la práctica docente; esto es, en el marco de una Investigación-acción práctica (Latorre, 2003).

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS**

- AGUIRRE, M. S., MEZA, S. y LUCERO, I. (2004). *Un núcleo problemático: la conservación de la energía*. En *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004*. Universidad Nacional del Nordeste (Argentina). Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/9-Educacion/D-010.pdf>.
- ARONS, A. B. (1989). Developing the energy concepts in introductory physics. *The Physics Teacher*, 27, pp. 506-517.
- BUTELER, L. GANGOSO, Z., BRINCONES, I. y GONZÁLEZ MARTÍNEZ, M. (2001). La resolución de problemas en Física y su representación: un estudio en la escuela media. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), pp. 285-295.
- CAMPANARIO, J. M. y MOYA, A. (1999). ¿Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2), pp. 179-192.
- DOMENECH, J. L. et al (2003). La enseñanza de la Energía: Una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20 (3), pp. 285-310.
- DRIVER, R. y WARRINGTON, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, pp. 171-176.
- GARCÍA CARMONA, A. (2001a). El planteamiento de sofismas y paradojas como recurso didáctico en la enseñanza de la Física. *Revista Española de Física*, 15 (3), pp. 34-36.
- GARCÍA CARMONA, A. (2001b). «Perpetuum mobile». La idea del movimiento perpetuo ha inquietado a muchos físicos e inventores a lo largo de la historia. *Revista Española de Física*, 15 (4), pp. 58-60.
- GARCÍA CARMONA, A. (2005a). Detección de errores e incongruencias en problemas de Física: su utilidad didáctica. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 45, pp. 77-89.
- GARCÍA CARMONA, A. (2005b). Un estudio de caso sobre la eficiencia de los procesos de autorregulación en el aprendizaje de la Física. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1). Disponible en: [http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v7\\_n1/volumeVIIInI.htm](http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v7_n1/volumeVIIInI.htm).
- GIL, D. y GUZMÁN, M. (1993). *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e Innovaciones*. Madrid: Editorial Popular.
- GIL, D. y VALDÉS, P. (1995). Contra la distinción clásica entre «teoría», «prácticas experimentales» y «resolución de problemas»: el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 9, pp. 3-25.
- HERNÁNDEZ ABENZA, L. (1993). Tareas de planificación del módulo "La energía y los recursos energéticos" en el marco de la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), pp. 247-254
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). *La Ciencia de los alumnos*. Vélez-Málaga: Elzevir.
- LATORRE, A. (2003). *Investigación-acción en Educación. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.
- LEONARD, W. J., GERACE, W. J. y DUFRESNE, R. J. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la

- enseñanza de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 387-400.
- MENESES, J. A. (1999). *El aprendizaje del electromagnetismo en la Universidad. Ensayo de una metodología constructivista*. Burgos: Universidad de Burgos.
- PACCA, J. L. y HENRIQUE, K. F. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), pp. 159-166.
- PERALES, F. J. (2003). La resolución de problemas de Física. Análisis crítico y propuestas alternativas. México: *Memorias del XI Taller Internacional "Nuevas Tendencias en la Enseñanza de la Física"*, pp. 29-34.
- ROSADO, L., GÓMEZ, J. A. e INSAUSTI, M. J. (2001). Una epistemología centrada en el alumno frente a la concepción habitual del ciclo enseñanza/aprendizaje en Ciencias: reflexivo/cooperativo. En Rosado, L. y Cols. (Eds.), *Didáctica de la Física y sus Nuevas Tendencias (Manual de 2001)*, pp. 516-560. Madrid: UNED.
- SEVILLA, C. (1986). Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), pp. 247-252.
- SOLBES, J. y TARÍN, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la Física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), pp. 185-194.
- SOLOMON, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, pp. 165-176.

### SUMMARY

*In this article, we present a didactic proposal based on questions oriented to study the energy conservation law, in physics classroom. The questions contain mistakes and incongruities, which are introduced intentionally. The aim is that these are detected and analysed by students. With it, we try that students get a scientific attitudes and skills necessities in physics learning. Like orientation for the teacher, we describe the didactic and methodological framework in which the questions have been applied in classroom.*

**Key words:** *Energy conservation; physics teaching; problems resolution; problematic situations.*

---

<sup>1</sup> Esta estrategia didáctica incluye la resolución de ejercicios numéricos, pequeños experimentos, conjunto de observaciones, tareas de clasificación, etc; es decir, rompe con la distinción clásica entre «teoría», «prácticas experimentales» y «resolución de problemas» (Gil y Valdés, 1995). Para Schmidt (1995, cit. en Campanario y Moya, 1999: 182) la propia dinámica interna de las situaciones problemáticas fomenta el aprendizaje autorregulado.

<sup>2</sup> Este principio ya es introducido en 4º de ESO, por lo que la situación problemática se podría plantar este curso.