

Problemas didácticos en la enseñanza del método energético

Raúl Ortíz Pérez*
José Luis Comparán Elizondo**
Roberto Portuondo Padrón***

Abstract

The main objective in a course on Physics at a University level is that students understand and apply properly the energetic method of problem solution. This is even more important in courses belonging to a syllabus especially directed to the training of engineers to-be. This article deals with the didactic aspects of the energetic approach.

INTRODUCCIÓN

La existencia de una crisis energética mundial, y la necesidad cada vez más imperiosa de emplear suministros energéticos ecológicamente sostenibles; brindan por sí solos el suficiente fundamento para comprender la relevancia de profundizar y precisar en lo relativo a la enseñanza-aprendizaje de los temas energéticos.

Sin embargo, tanto en el discurso pedagógico desarrollado por muchos profesores, como en la mayoría de los textos tradicionalmente empleados para la enseñanza de la Física en ingenierías, se manifiestan diversas insuficiencias y deficiencias, que resultan didácticamente muy insatisfactorias para que los alumnos logren la adecuada preparación conceptual y metodológica que requiere un correcto empleo del método energético.

Partiendo de la anterior problemática, en el presente trabajo se exponen los resultados fundamentales de un estudio que logró identificar y clasificar a un conjunto importante de dificultades didácticas en torno a conceptos tales como: energía, formas de energía y formas de intercambio de energía, según estos se emplean comúnmente en los cursos introductorios de Física para carreras de ingeniería.

Como vías de indagación fundamentales fueron utilizadas la investigación documental y la técnica

de encuesta aplicada a profesores de física en ejercicio.

SOBRE EL CONCEPTO DE ENERGÍA

Uno de los objetivos fundamentales que integran el paradigma educativo actual de la enseñanza de la Física en el nivel universitario, es el lograr en los alumnos un adecuado nivel de trabajo autónomo. Uno de los recursos que sirve de soporte fundamental a este desarrollo por parte de los estudiantes, es el trabajo de consulta y estudio de una amplia variedad de materiales informativos entre los cuales ocupan un lugar especial los libros u obras escritas por prestigiosos autores, que con el uso y el tiempo han devenido componentes inseparables de las asignaturas de estudio y que se reconocen en ellas en calidad de libros de texto.

Es por lo anterior que resulta fundamental el que este recurso contenga de manera precisa y didácticamente conveniente el mensaje científico tecnológico que debe ser recibido por los alumnos.



* Departamento de Física, Universidad de Camagüey.

** FICER, UANL.

*** CECEDUC, Universidad de Camagüey.

Una revisión cuidadosa de la literatura docente que usualmente se maneja para el aprendizaje de la Física en Ingenierías, revela que si en especial se indaga lo relativo al tratamiento que se le da a un aspecto tan importante como lo es la definición del concepto general de energía, se encuentra que dentro del gran conjunto de libros que se suelen utilizar para estos fines, se advierten tres tendencias o grupos fundamentales, ninguno de los cuales realmente satisface suficientemente lo que se pretende en la concepción pedagógica moderna en relación a tan importante concepto.

Grupo 1: Identificación de la energía con la capacidad de realizar trabajo

A este grupo pertenecen un conjunto de buenas obras, algunas de las cuales incluso resultan relativamente modernas, pero que sin embargo poseen como rasgo distintivo el ofrecer como definición general del concepto de energía, una concepción que corresponde a los siglos XVII y XVIII, cuando el desarrollo teórico y la confirmación práctica alcanzada por la Mecánica de Newton llevaron a los científicos a pensar que la importante característica de energías tales como la cinética o la potencial gravitatoria de los macrocuerpos, de estar indisolublemente ligadas a la capacidad de dichos sistemas para realizar trabajo, constituía un rasgo completamente general y esencial que resultaba válido para cualquier otro tipo de energía, y que por lo tanto devenía en concepción general de esta última.

La limitación de tal concepción, supuestamente general, se pone en evidencia cuando los alumnos, al pasar al estudio de fenómenos de la termología, que son los que comúnmente le resultan subsiguientes al estudio de la Mecánica en los planes de estudio, chocan con la realidad de tener que reconocer que existen sistemas físicos que poseen energía que es "incapaz de trabajar". Sirva

de ejemplo el mero caso de la energía térmica poseída por un gas ideal que se encuentra encerrado en un recipiente en forma de cilindro y con pistón móvil, pero que se encuentra en equilibrio termodinámico con el medio exterior.

Entre las obras que son bien conocidas por profesores y alumnos de Física y que pertenecen a este grupo se encuentran las de autores tales como: PSSC¹, Tilley², Meriam³, Beer⁴, Gran⁵, Tippens⁶ e incluso un libro que durante varios años fungió como texto oficial para la asignatura Mecánica impartida en las carreras de ingenierías en Cuba, el Ferrat (del 79)⁷.

Grupo 2: No formulación de un concepto general de energía

La característica fundamental de los libros pertenecientes a este grupo es que si bien no incurren en la errada generalización que se discutió en el grupo anterior, tampoco se pronuncian por ninguna formulación general del concepto de energía; limitándose a introducir los diferentes tipos de energía (cinética, potencial, interna, etc.) de una forma esencialmente operacional. En éstos, el énfasis se centra en la utilidad de la selección de la formulación matemática del tipo de energía que resulta conveniente para la situación específica que resulta de interés en cada caso. Dentro de este grupo se encuentran las obras de autores tales como: Kittel⁸, Halliday⁹, Serway¹⁰, Alonso-Acosta¹¹, Alonso/Finn¹², Cutnell-Johnson¹³, Arfken¹⁴, Sears/Zemansky¹⁵, Landau¹⁶, Frish¹⁷ y Savéliev¹⁸.

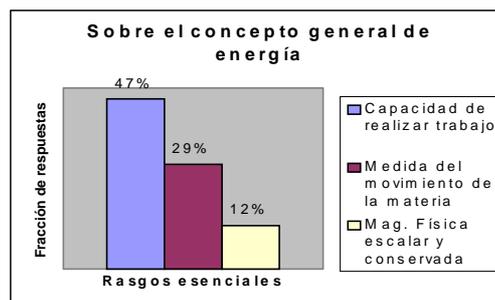
Grupo 3: Identificación de la energía como la medida universal del movimiento de la materia

El rasgo fundamental de las obras escritas pertenecientes a este grupo es que definen el concepto de energía como la medida general del movimiento de la materia en todas sus formas, es decir, concibiendo en tal enunciado que por

movimiento se entiende todo tipo de cambio experimentado por la materia. Esta noción, aunque sin duda apropiada para contribuir a formar en los alumnos una comprensión a escala filosófica del carácter inalienable del movimiento respecto de la materia, presenta dos limitaciones didácticas fundamentales: primero, que al manejar tal grado de generalidad, permite la confusión en el alumno de que la energía como magnitud científica, pueda ser aplicada a movimientos de nivel superior de la materia, como es el caso del movimiento social; y segundo, que por no delimitar cuales son las principales características del estado de una entidad física que contribuyen al valor de su energía, dicho concepto deviene considerablemente inoperante a escala de los problemas particulares y de carácter cuantitativo que suele tener que enfrentar un estudiante de ingeniería. Bajo este grupo se encuentran obras de autores tales como: Strelkóv¹⁹, Bazarov²⁰, Portuondo²¹ y el Ferrat²² en su edición de 1988.

Tal como se citó en la introducción de este trabajo, además de la vía de análisis documental anteriormente tratada; por vía de una encuesta también se investigó la concepción que sobre dicho tema aplican en el discurso pedagógico a sus alumnos, un grupo de profesores de esta disciplina. En calidad de muestra de profesores se empleó a un grupo de profesores de física que se encontraban cursando un Diplomado sobre la didáctica de esta materia impartido por el Dpto. de Física de la Universidad de Camaguey. Una parte de los miembros de la muestra de profesores utilizada trabaja en el nivel superior de enseñanza, mientras que el resto (parte mayoritaria) está representado por profesores que trabajan en el nivel bachillerato.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 1, mostrada a continuación.



Según se puede apreciar, dichos resultados arrojan que la proporción en que los conceptos sobre la energía se arraigan en los profesores, es un reflejo muy similar a la proporción en que éstos aparecen en los textos arriba mencionados, lo cual por demás confirma la significativa importancia que tienen los libros de texto en el proceso de aprendizaje.

SOBRE LAS FORMAS DE ENERGÍA

Análogamente se detectan dificultades didácticas relacionadas con las llamadas “formas de energía”. A pesar de ser esta una nomenclatura cuyo uso está completamente generalizado entre los libros destinados al aprendizaje de la Física, una revisión cuidadosa de su origen revela que las tales formas de energía no son por lo general definidas con precisión en los libros donde se manejan, y en los pocos en los que se llega a realizar, existen criterios diferentes en cuanto a los indicios a tener en cuenta para tal clasificación. Incluso algunos textos²³ afirman la no existencia de diferentes formas de energía, sino de formas distintas de movimiento físico de los sistemas de estudio; pero sin embargo, comúnmente se enuncia la gran ley de la naturaleza no sólo en términos de la conservación, sino además de la transformación de la energía, lo cual lleva implícito el reconocimiento de la existencia de diferentes formas que se transforman unas en otras.

Una de las más significativas dificultades relacionadas con las denominadas formas de energía es la referida a la llamada energía mecánica de un sistema físico. Esta es una expresión, que en el estilo tradicional de enseñanza, se le presenta al alumno durante el estudio de fenómenos abordados con ayuda de la llamada mecánica newtoniana. En este contexto, se le identifica como energía mecánica a la suma de términos tales como el de energía cinética y energía potencial gravitatoria o elástica. Ello conlleva a que cuando el alumno apenas unos meses más tarde, dentro de los temas propios de la electricidad, se enfrenta al estudio de situaciones tales como el análisis energético del movimiento de una partícula cargada bajo la acción de un campo de fuerzas eléctricas conservativas, se encuentra dudoso de poder aplicar las mismas denominaciones y características que ya había previamente estudiado, ahora en un movimiento que le resulta por una parte similar, al seguir manejando energía cinética y potencial, pero que no le parece convincente tratar en términos de una energía mecánica, por encontrarse estudiando la electricidad.

Lo anterior puede resolverse si desde el comienzo de estos análisis, en lugar de apresurarse a otorgar el apelativo de energía mecánica a la suma de los referidos términos de energía cinética y potencial (gravitatoria o elástica), se le conceptualiza y define al alumno este resultado sencillamente como “energía total bajo fuerzas potenciales” (ETP); resultando simple añadir a continuación que por haber sido históricamente utilizado este tratamiento inicialmente en el campo de la mecánica (Helmholtz), al principio se le denominó como energía mecánica, pero que incluso este propio autor extendió su aplicación al caso de fenómenos eléctricos. De esta forma, insistiendo en que lo realmente general o esencial de tal tipo de energía sumaria es el mantenerse numéricamente

inalterable cuando las fuerzas que realizan trabajo no nulo sobre el sistema son fuerzas potenciales, se prepara al alumno para un enfrentamiento mucho más “amigable” con situaciones futuras de similar naturaleza, no sólo en la esfera de los fenómenos eléctricos, sino incluso más allá, en fenómenos de naturaleza cuántica pero que son factibles de describir con determinadas aproximaciones clásicas.

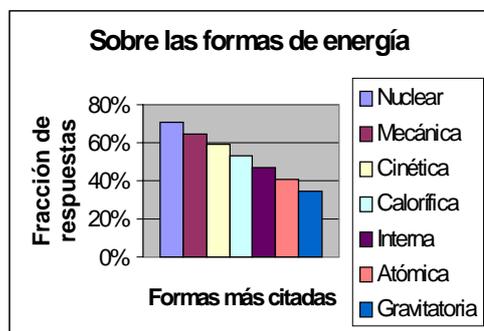
Según estudios realizados²⁴ un modo que se presenta como adecuado para la diferenciación entre formas de energía es el considerar el carácter de “almacenamiento” o de “intercambio” que presenta la energía en cada caso. Según este enfoque a las formas de “almacenamiento” pertenecen las llamadas: cinética, potencial, del campo eléctrico, interna, etc.; mientras que a las de “intercambio” pertenecen las llamadas: eléctrica, química, calor, trabajo, etc.

Como puede observarse, esta anterior clasificación padece de algunas deficiencias didácticas tales como:

- No llega a justificar las diferentes denominaciones que subsisten incluso dentro de una misma forma, Ej: energía potencial elástica, energía potencial gravitatoria, energía potencial electrostática, energía almacenada en una bobina con corriente, energía cinética, energía de reposo, etc.
- La utilización del adjetivo “almacenada”, para la energía, presupone la posibilidad de disponer de entidades materiales “depositarias” a las cuales le resulta “adjunta” o “agregada” la energía, en lugar de concebir a ésta como una cualidad inherente o inalienable del estado de existencia de todo ente de la realidad objetiva.
- La identificación del trabajo y del calor como formas de energía, implica errar en la no

diferenciación entre magnitudes como la energía, que caracterizan una propiedad de estado de las entidades físicas que describen, y el trabajo y el calor, que son magnitudes que no resultan atributos de ningún estado particular de los objetos de estudio, sino que por el contrario, son magnitudes físicas que caracterizan propiedades de determinados procesos por los cuales evoluciona una entidad física.

De forma análoga a como se procedió en el apartado referido al concepto de energía, en esta parte referente a las formas de energía también se acudió a la encuesta del criterio de los profesores. Los resultados fundamentales obtenidos a partir de



esta consulta se presentan a continuación en la figura 2.

Se aprecian aspectos que delatan que para estos consultados las denominadas formas de energías no están respaldadas por indicadores de clasificación suficientemente precisos, dándose curiosamente que la "forma" más citada es la nuclear, la cual sin dudas es propia de un campo de fenómenos que son de los menos trabajados en la física general de bachillerato; por lo que se evidencia que dichos profesores están guiándose más por expresiones leídas en la publicidad que por criterios de clasificación realmente conocidos para ellos.

SOBRE LAS FORMAS DE INTERCAMBIO DE ENERGÍA

Por último, resulta conveniente analizar ciertas dificultades didácticas que se detectan en el tratamiento de las nociones de trabajo y de calor. Con relación a estos últimos, a pesar de que en la literatura destinada al aprendizaje de la Física, se suelen hacer distinciones entre el significado de ambos conceptos, el uso de determinados términos y frases inapropiadas relacionados con ellos, deviene en fuente de confusiones, y constituyen de hecho serios impedimentos para que los alumnos puedan lograr la debida comprensión de tales conceptos.

Estas referidas deficiencias, además muestran un buen grado de desigualdad respecto de los tratamientos que se les da al trabajo y al calor, aunque mayoritariamente se les reconozca a ambos como formas de intercambio de energía. Ejemplos de ellas son las siguientes:

- Se dice realizar o recibir trabajo y no ceder o absorber trabajo, cosa esta última que sí se dice para el calor.
- Se dice tener o contener calor, pero no se dice contener o tener trabajo.
- Se limita la noción de trabajo al utilizar el producto de fuerza • desplazamiento • $\cos\theta$, como prácticamente única expresión para su cálculo.
- Se habla de que el calor no puede ser contenido, pero se definen las llamadas capacidades caloríficas de los sistemas. (en lugar de hablar de sensibilidades o susceptibilidades térmicas).
- Se dice transmitir o transferir calor, pero no se dice transmitir o transferir trabajo; sin advertir que para cualquiera de ellos, tales expresiones

resultan homólogas a frases erróneas tales como: “mover el movimiento o detener el reposo”, ya que de hecho se les considera a ambos como procesos que entrañan la transmisión de energía.

- Se dice que el calor es una forma de la energía, en franca contradicción con la imposibilidad de ser poseído por un sistema.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los análisis y resultados obtenidos en este trabajo, se arriban a las siguientes conclusiones para el mismo:

Se evidencia que actualmente existen importantes dificultades relacionadas con el tratamiento didáctico del enfoque energético, tanto en los libros de texto como en el discurso pedagógico de grupos de profesores.

Quedan relacionadas en tres grupos básicos, un conjunto de deficiencias esenciales, que pueden servir de guía a los profesores en el necesario trabajo de perfeccionamiento conceptual de tan importante tema.

Debe prestarse especial atención al sistema terminológico relacionado con el enfoque energético, ya que su manejo impreciso constituye una considerable fuente de generación de errores conceptuales o de nociones pseudocientíficas que sirven de impedimento al aprendizaje.

REFERENCIAS

1. PSSC, Physics, 1980.
2. Tilley, D.E. and Thumm, W. Physics for College Students (with applications to the Life Sciences), 1974.
3. Meriam, J.L. Mecánica, Ed. Rev. 1965.
4. Beer, F.P, Mecánica vectorial para ingenieros, Ed. Pueblo y Educ. 1967.
5. Gran, M.F. Elementos de Física General y Experimental, Ed. C y T, 1968.
6. Tippens, P.E. Applied Physics, McGraw-Hill, 1985.
7. Ferrat y otros. Fundamentos de Mecánica, Ed. Pueblo y Educ. 1979.
8. Kittel, Charles y otros, Mecánica, Ed. Rev, 1965.
9. Halliday, D. Y otros, Física, Versión ampliada, 1992.
10. Serway, R.A. , Física, Ed. McGRAW-HILL, 1993.
11. Alonso-Acosta, Física General, La Habana, 1960.
12. Alonso/Finn, Fundamental University Physics, Mechanics and Thermodynamics, Addison-Wesley, 1980.
13. Cutnell-Johnson, Physics, Jhon Wiley, 1992.
14. Arfken et.al., University Physics, Academic Press, 1984.
15. Sears F.W. and Zemansky M.W. University Physics, 1964.
16. Landau, L. y otros, Curso de Física General, Ed. Mir, 1973.
17. Frish, S. Y Timoreva A. Curso de Física General, Ed. Mir, 1967.
18. Savéliev, I.V. Curso de Física General, Ed. Mir, 1984.
19. Strelkóv, S. Mecánica, Ed. Mir, 1968.
20. Bazarov, Thermodynamics, Ed. Rev. 1969.
21. Portuondo, R y Pérez, M. Mecánica, Ed. Pueblo y Educ. 1983.
22. Ferrat, A. Y otros, Mecánica y Física Molecular, Ed. Pueblo y Educación, 1988.
23. Ibid. 11 y 12.
24. G. Falk, et. al., Energy forms or energy carriers?, Am. J. Phys, 51, (12), 1983.