

INVESTIGACIONES SOBRE LIBROS DE TEXTO Y MEDIOS DE ENSEÑANZA

Contribuciones desde América Latina

Graciela María Carbone
Jesús Rodríguez Rodríguez
Nilson Marcos Dias Garcia
Tânia Maria F. Braga Garcia
(Editores)

VOLUMEN 2



21

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ENERGÍA EN LIBROS DE TEXTO DE FÍSICA UNIVERSITARIA DE USO FRECUENTE EN ARGENTINA

CONCEITUALIZAÇÃO DA ENERGIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA
UNIVERSITÁRIA FREQUENTEMENTE USADOS NA ARGENTINA

CONCEPTUALIZATION OF ENERGY IN TEXTBOOKS OF FREQUENTLY
USED UNIVERSITY PHYSICS IN ARGENTINA

*Claudia Mariela Zang
Norah Silvana Giacosa*

RESUMEN

La energía es un concepto importante, por su potencialidad en la resolución de problemas y su utilidad para la Ciencia-Tecnología-Sociedad. Dada su complejidad intrínseca, su conceptualización resulta controvertida: para algunos es definible; para otros, es un concepto primitivo indefinible que puede caracterizarse. Se examinaron diez libros de texto (LT) universitarios de Física, usados frecuentemente en Argentina, con el objetivo de determinar si explicitan o no las dificultades para conceptualizar la energía, su vínculo con otros conceptos, la secuencia didáctica y las características priorizadas. Los resultados, correspondientes a un estudio descriptivo de casos múltiples, indican que en la mitad de los ejemplares no se presenta definición de energía. En la otra, se presenta como la capacidad de efectuar trabajo, explicitándose limitaciones en dos de ellos. La secuencia desarrollada es similar: definición de trabajo, energía cinética y potencial, teorema de trabajo-energía y conservación de la energía mecánica. En la mayoría de los LT se definen fuerzas conservativas y su relación con la energía potencial, posteriormente se deduce la conservación de la energía mecánica para un sistema aislado como un teorema. De sus características se enfatizan la transformación y conservación, en menor medida la transferencia y en un LT se cita la degradación.

Palabras claves: Energía. Libros de texto. Física. Universidad.

EXTENDED ABSTRACT

Researchers highlight the structuring and unifying character energy has in all branches of Physics. They also emphasize the energy's potential in the study of any problem related to Physics and other disciplines and its usefulness as a strong bond in the Science - Technology - Society relations.

The investigations about this topic point out that the understanding and learning of the physical magnitudes that intervene in the processes of energy exchanges are not only complex but also problematic.

The conceptualization of energy presents certain difficulties linked to the intrinsic complexity of the concept. The problem persists because even the community of experts finds it difficult to come to an agreement on how to consider it. There are opposing viewpoints. Some experts claim it is a "simple mathematical object", while others consider it should be treated as a real and tangible thing instead of a mere accounting device.

However, they do agree that a complete description of the concept involves considering transformation, conservation, transfer and degradation as essential aspects of it. On the other hand, there is no consensus on how to introduce it in the classroom. Some experts state that it should be avoided to provide a definition of energy in the lower levels of the educational system and to keep its thorough study for the higher levels instead, when it is feasible to treat the concept according to its proper scientific meaning. Finally, there have also been proposals to avoid the question of its definition and treat the concept in an operative way through its conservation in different situations.

This document reveals the results of the analysis of energy definitions found in ten Physics textbooks (TB) frequently used in the basic cycle of Argentinean university degree courses; The analysis is concerned with exposing whether these definitions explain the difficulties contained in the concept or not. For instance, its relation with other concepts, the underlying didactic approach and the characteristics that are prioritized in the processes associated with it (transfer, transformation, conservation or degradation). An intentional sample of TB of university physics, written in Spanish and frequently used in Argentina, was examined through content analysis. The results presented correspond to a descriptive study of multiple cases.

Half of the analyzed TB does not provide a definition of the energy. In some TB it is stated that energy is an abstract concept difficult to be defined and in one of them, although it is not defined, from the reading of some fragments, it can be inferred that the authors agree on the position that it is a mathematical and abstract principle. In all the sources in which a definition is presented, it is claimed that energy

is the ability to perform work. In two of these it is highlighted that this enunciation presents limitations since it is only valid in mechanics. In all, it is introduced from the work, whose operational definition is not free of ambiguities. The work is defined as the product of the force component parallel to displacement by displacement (in most of them it is indicated that the displacement corresponds to the point of application of force, in others, to the object and in one it there is no such a specification).

Regarding the presentation of the work-energy theorem, which relates the net work done either by or on a particle with the variation of its kinetic energy, in all the analyzed TB, it is derived from Newton's second law. Net work can be obtained in two ways, first as the sum of the individual works of each of the forces involved and then as the work that performs the resulting force. Although in TB there are differences in the way in which net working is obtained, and even when in some of them it is categorically stated that it will be considered according to the first way, because of the symbolic developments that are presented, it can be inferred that it is implicitly considered the second, because it is obtained from Newton's second law that implies net force. In some LT it is explained on the scope and limitations of it. The conservation of energy is obtained by adding terms to this theorem so that more situations are contemplated. In several TB it is highly emphasized that the conservation of energy is another method of problem solving.

The sequence of introduction of the topic is similar in all the TB. They define operational work, focusing on distinguishing the different connotations that the term acquires in both the scientific context and also on everyday situations. Then, the order of exposition of the topics varies from one book to another: in some the concept of power is addressed immediately after the definition of work and in others, in later sections of the chapter, generally after having introduced the definitions of Kinetic and potential energies. The definitions of kinetic and potential energy are presented, and the work-energy theorem of Newton's second law is derived.

In the majority of the definitions, the idea of conservative forces and their relation to potential energy is fully depicted, and from this they deduce the conservation of mechanical energy for an isolated system as a theorem, even when they attribute the character of physical principle to it. The conservation of energy in new situations is viewed by adding new terms to the work-energy theorem. All the TB prioritizes the conservation and transformation aspects (conversions from kinetic energy into potential energy and vice versa occurring within a system). Then, the concept of transfer (though for a lesser extent and mainly for work) and finally, that of degradation, which is mentioned in one book. (The latter is presumed to be addressed in other chapters of TB not subject to revision).

It is concluded that the elaboration of a proper definition seems to be a problem associated with the intrinsic complexity of the concept of energy, which is not always precise in TB. It was discovered that the ambiguity regarding the identification of the displacement involved in the operational definition of work is not explicitly addressed. Although these definitions produce identical numerical results for the work when the objects involved can be considered as point particles, this is not self-evident for a novice reader of Physics TB.

To consider the conservation of energy as another method of problem solving and derived as a theorem of Newton's second law hinders the understanding of it as a universal law, which transcends the scope of Newtonian Physics.

INTRODUCCIÓN

Se sostiene que el libro de texto (LT) es una de las decisiones curriculares más importantes que toman los docentes. Resultados de investigaciones educativas mostraron que el material de lectura condiciona fuertemente el aprendizaje y alertaron que ciertos conceptos complejos, tales como la energía, presentan dificultades para su aprendizaje.

Algunos autores conciben a la energía como una magnitud definible y otros, como un concepto primitivo indefinible, pero que puede ser caracterizado. Feynman, Leighton y Sands (1987) sostienen que se desconoce qué es la energía, sólo se sabe que es una idea abstracta –dado su status de principio matemático– que se conserva en múltiples fenómenos naturales. Una postura opuesta es la asumida por aquellos que sostienen que el hecho de que se pueda hablar de una densidad de energía y de un flujo de energía es una de las pruebas a favor de su conceptualización como una cosa real y tangible en lugar de un mero dispositivo de contabilidad. No obstante, se alerta que el otorgar a la energía aspectos cuasi materiales es fuente de complicaciones futuras (Duit, 1987).

Las dificultades detectadas en los estudiantes para su conceptualización motivaron el interés de investigadores sobre la forma más apropiada de introducir el concepto en las aulas. Por otro lado, la complejidad intrínseca del concepto pone de manifiesto lo controvertido del tema y la multiplicidad de enfoques para su enseñanza. Existen posturas contrapuestas acerca de si conviene introducir la noción de energía antes o después de haber estudiado el concepto de trabajo. Warren (1982), plantea que dada su abstracción, debería evitarse su definición en los niveles inferiores del sistema educativo y reservar su estudio para los niveles superiores cuando sea posible realizarlo en concordancia con su acepción científica, en caso contrario todo lo que se enseñe es ambiguo y en gran medida carece de sentido. Otros investigadores llegan

incluso a proponer que debería eludirse la cuestión de su definición y aproximarse al concepto en forma operativa a través de su conservación en diferentes situaciones (Sexl, 1981 y Trumper, 1991, citados por Mendoza y Abelenda, 2010). Otros sugieren no definirla en términos de trabajo, porque restringe el concepto de energía a la mecánica y porque contradice las leyes de la termodinámica, dado que no contempla la degradación de la energía como uno de sus aspectos fundamentales. Es decir, si bien la energía se conserva, no toda la energía de un sistema puede transformarse íntegramente en trabajo, con lo cual la capacidad de hacer trabajo no se conserva (Lehrman, 1973). A pesar de las diferencias en las posturas asumidas, existe concordancia en que apropiarse de su significado implica comprender sus aspectos fundamentales: transformación, transferencia, conservación y degradación (Doménech, Gil, Gras, Torregrosa, Guisasola, y Salinas, 2001; Doménech, Gil-Pérez, Gras, Guisasola, Torregrosa, Salinas, Trumper, Valdés y Vilches, 2007; Solbes y Tarín, 1998; Solbes y Tarín, 2004).

En virtud de la complejidad esbozada en párrafos precedentes, en esta comunicación se pretende describir cómo se conceptualiza la energía en una muestra de LT universitarios de Física de uso frecuente en carreras científico-tecnológicas de la república Argentina. Asimismo, identificar la secuencia seguida en la presentación del tema y su relación con otros conceptos, y cuáles son las características que se enfatizan mayoritariamente en dichos LT.

MARCO TEÓRICO

Se asume que los LT son una modalidad específica de recurso didáctico, diseñados para el acto pedagógico de un nivel educativo particular teniendo en cuenta los lineamientos curriculares oficiales de un contexto específico. Y cuya lectura se supone se realizará en el orden propuesto por los autores (Moya Pardo, 2008).

Tras la revisión de la literatura vinculada al tema, Doménech y colaboradores (2001, 2007) reunieron en una serie de proposiciones los aspectos a tener en cuenta para lograr una buena comprensión del concepto por parte de los estudiantes de secundaria. En este trabajo se asumirá que la enseñanza de la energía en el nivel básico universitario deberá contemplar las mismas aristas que las que señalan dichos investigadores. Una buena aproximación a su significado requiere enfatizar que no es una especie de fluido, que puede asociarse a la configuración de los sistemas y a las interacciones que estas configuraciones permiten, asimismo que las transformaciones en las configuraciones de los sistemas pueden asociarse a variaciones de energía en el mismo. Por otra parte, debe recalarse el carácter sistémico y relativo de la energía, dado que no tiene sentido hablar de energía de objetos aislados ni pensarla como una magnitud absoluta. Es preciso vincularla con trabajo y calor, y discutir acerca de sus características de conservación, transformación y degradación.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para caracterizar el tratamiento dado en LT de Física de nivel universitario introductorio a la energía y conceptos afines corresponde a un estudio descriptivo de casos múltiples (Ander-Egg, 2010). Fueron seleccionados diez LT de uso frecuente en el ciclo básico de carreras científico-tecnológicas de universidades argentinas. La muestra intencional se eligió teniendo en cuenta que los LT: a) estén citados en los Programas Analíticos de diferentes asignaturas del área de Física vigentes en la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales dependiente de la Universidad Nacional de Misiones, b) su edición fuera lo más actual posible y c) el/los autores no se reitera/n.

Se utilizó la técnica de análisis de contenido (Bardín, 1996). En la Tabla I se muestra el código asignado y los datos de cada ejemplar. Como directrices del análisis se consideraron las siguientes preguntas orientadoras: ¿Cómo se define la energía? ¿Se explicitan las dificultades para su definición? ¿Cómo se define el trabajo? ¿Cómo se presenta el teorema de trabajo-energía? ¿Se expone su alcance? ¿Cómo se introduce la conservación? ¿Qué secuencia de presentación siguen los libros de texto? ¿Qué características se priorizan?

TABLA 1 – Código asignado y datos de libros de texto analizados

Código	Libros de texto analizados
T1	Alonso, E. y Finn, E. (1976) <i>Física. Vol. I. Mecánica</i> . Barcelona, España: Fondo Educativo Interamericano S.A.
T2	Gettys, E.; Keller, F. y Skove, M. (2005) <i>Física para ciencias e ingeniería. Tomo I</i> . México: McGraw Hill.
T3	Giancoli, D. (2009) <i>Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Volumen I</i> . 4ta Ed. México: Pearson Educación.
T4	Hewitt, P. (2004) <i>Física Conceptual</i> . (9ª ed.). México: Pearson Educación.
T5	Resnick, R.; Halliday, D. y Krane, K. (2011). <i>Física. Vol I</i> . (5ª ed.). México: Grupo Editorial Patria.
T6	Serway, R. y Jewett, J. (2009) <i>Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. I</i> . (7ª ed.). México: Cenage Learning Ed. S.A.
T7	Tipler, P. (1993) <i>Física. Tomo I</i> . (3a. ed.). España: Reverté S.A.
T8	Tippens, P. (2011) <i>Física, conceptos y aplicaciones</i> . (7ª ed.). Perú: McGraw Hill.
T9	Wilson, J., Bufo, A. y Lou, B. (2007) <i>Física</i> . (6ª ed.) México: Pearson Educación.
T10	Young, H. y Freedman, R. (2009) <i>Física universitaria. Vol.I</i> . (12ª ed.) México: Pearson Educación.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La secuencia de presentación y las características que se priorizan

La secuencia desarrollada es similar en todos los LT. Todos los ejemplares inspeccionados comienzan la presentación a través de la definición operacional del trabajo. Luego el orden de presentación de los temas varía levemente de un ejemplar a otro: en algunos (T1, T4) el concepto de potencia se introduce inmediatamente después de la definición de trabajo y en los demás en secciones más avanzadas del capítulo, generalmente luego de haber introducido las definiciones de energías cinética y potencial. En T8 se define la energía potencial de un objeto como el producto de su peso por la altura a la que se encuentra con respecto a algún punto tomado como referencia. Es decir, no se considera la posibilidad de otros tipos de energías potenciales más allá de la energía potencial gravitatoria.

Por otra parte, en todos se deriva el teorema de trabajo-energía a partir de la segunda ley de Newton. En la mayoría se desarrolla el concepto de fuerzas conservativas (sólo T8 no aborda este tema) y su relación con la energía potencial. Luego se analizan los intercambios energéticos que tienen lugar entre un sistema y su entorno a través de ampliar la ecuación de trabajo-energía mediante la adición de términos para las nuevas situaciones encontradas.

En todos los textos se destina un mayor número de páginas a la conservación de la energía y a las transformaciones de energía que ocurren dentro de un sistema (conversiones de energía cinética a potencial y viceversa). Se desarrolla en menor medida la transferencia de energía, principalmente por trabajo. La degradación se expone en un ejemplar (T5), se presume que en los demás se la aborda en capítulos no sujetos a revisión (en termodinámica).

Acerca de la definición de energía

En la mitad de los LT no se define energía (T1, T2, T6, T7, T10). Varios explicitan las dificultades para definirla. Al respecto, Serway y Jewett (2009, pp. 163-164) indican que "Todo proceso físico que ocurra en el universo involucra energía y transferencias o transformaciones de energía. Por desgracia, a pesar de su extrema importancia, la energía no es fácil de definir. [...] La noción de energía es más abstracta" y Giancoli (2009, p. 172) afirma que "La energía es uno de los conceptos más importantes de la ciencia. Sin embargo, no podemos dar una definición general simple de la energía en unas cuantas palabras. No obstante, cada tipo específico de energía puede definirse fácilmente". Por otra parte, en T2 se advierte al lector sobre las dificultades que existen para formular buenas definiciones que a su vez sean buenas descripciones de los

fenómenos. La complejidad de las definiciones de energía y trabajo queda expuesta en el siguiente fragmento:

En los libros elementales de ciencia se encuentra frecuentemente la energía definida como "la capacidad de realizar trabajo", y el trabajo como "una fuerza que actúa durante una cierta distancia". Al igual que la definición de Platón estas definiciones son descriptivas, pero poco rigurosas [...] No debe esperarse que la definición de una magnitud como el trabajo, sirva también como una descripción de ella o que proporcione una visión intuitiva del concepto. Más bien la comprensión debe derivarse de la práctica adquirida al aplicar la definición rigurosa a situaciones diversas. Con cada explicación el concepto se hace más claro y la comprensión más madura (Gettys, Keller y Skove, 2005, p. 180).

En T1, si bien la cuestión de la definición no se contempla explícitamente, de la transcripción que se muestra a continuación puede inferirse que la postura de los autores está próxima a la de Feynman *et al.* (1987), dado que afirman que se presentarán otras técnicas matemáticas que conducirán a definir los conceptos de trabajo y energía:

Sin embargo, en los problemas importantes que surgen en la física, la fuerza sobre una partícula no se conoce como función del tiempo, sino como función de la posición especificada por \mathbf{r} o x, y, z ; es decir como $\vec{F}(\vec{r})$ o $\vec{F}(x, y, z)$. Por tanto, no podemos evaluar la integral de la ec. (8.1) hasta conocer x, y, z en función del tiempo; vale decir, hasta haber resuelto precisamente el problema que estamos por resolver con la ec. (8.1). Para salir de este aparente círculo vicioso debemos recurrir a otras técnicas matemáticas que nos conducirán a definir dos conceptos nuevos: trabajo y energía. Estos métodos nos permitirán resolver problemas aún en los casos que desconozcamos la fuerza, pero podamos formular suposiciones razonables sobre sus propiedades (Alonso y Finn, 1976, pp. 202-203).

En todos aquellos LT en que se presenta una definición para el concepto (T3, T4, T5, T8, T9) se dice que es la capacidad de efectuar trabajo. Por ejemplo: "En Física, como en la vida cotidiana, cuando algo tiene energía, puede efectuar trabajo" (Wilson, Bufa y Lou, 2007, p. 140). En algunos de éstos se explicita que es un concepto difícil de definir. Así, por ejemplo, puede leerse: "Aunque la energía nos es familiar, es difícil de definir, porque no sólo es una "cosa", sino es cosa y proceso a la vez, como si fuera a la vez un nombre y un verbo..." (Hewitt, 2004, p. 104).

Limitaciones de la definición de energía

En dos de los ejemplares (T3, T4) que presentan la definición de energía en términos de trabajo, se explicita las limitaciones de dicha enunciación bajo el formato de nota al pie. "Este 'algo' que permite a un objeto realizar trabajo es *energía*..." (Hewitt, 2004, p. 106). El autor salva la aparente contradicción entre la conservación de la energía y la no conservación de la capacidad de hacer trabajo aclarando al pie de página que: "Hablando con propiedad, lo que permite que un objeto efectúe trabajo es su energía disponible, porque no toda la energía de un objeto se puede transformar en trabajo" (Hewitt, 2004, p. 106). En T3 puede leerse:

[...] definimos la energía en la manera usual como "la capacidad para realizar trabajo". Esta simple definición no es muy precisa, ni es realmente válida para todos los tipos de energía.*¹ Sin embargo, funciona para la energía mecánica que estudiaremos en este capítulo y el siguiente" (Giancoli, 2009, p. 172).

La nota al pie dice: "La energía asociada con el calor a menudo no está disponible para efectuar trabajo, como veremos en el capítulo 20" (Giancoli, 2009, p. 172).

Acerca de la definición de trabajo

En la mayoría (T2, T3, T4, T5, T6, T7, T9, T10) se diferencian los significados del término trabajo en el contexto científico y el cotidiano (en T1 y en T8 no se realiza esta distinción). Se consideran las eventuales concepciones alternativas del lector proponiendo ejemplos en los que se requiera la realización de un esfuerzo por parte del agente que ejerce la fuerza y sin embargo no se efectúa trabajo. Por ejemplo, en T2, puede leerse:

Aunque el trabajo realizado por la fuerza que se aplica a un objeto sea cero o negativo, la fatiga muscular que experimenta es igual que si el trabajo realizado sobre el objeto fuera positivo. Por tanto, la fatiga muscular no es un buen indicador del signo o de la cantidad de trabajo que se realiza sobre un objeto (Gettys, Keller y Skove, 2005, p. 165).

En todos se inicia el desarrollo de los temas del capítulo con una definición operacional de trabajo, entendiéndolo como el producto entre el desplazamiento y la componente de la fuerza paralela al desplazamiento. Sin embargo, esta definición

no está libre de ambigüedades dado que no siempre se explicita cual es el desplazamiento involucrado en la misma. En la mayoría (T1, T2, T3, T4, T9, T10) se indica que se trata del desplazamiento del objeto. En algunos (T5, T6, T7), se señala que se trata del desplazamiento del punto de aplicación de la fuerza. En un ejemplar (T8) no se especifica que es lo que se desplaza sin embargo, a través de una imagen que aporta información adicional y que no se desarrolla en el texto, puede inferirse que se trata del desplazamiento del punto de aplicación de la fuerza. En T10 se advierte al lector que definir el trabajo en términos del desplazamiento del objeto es válido sólo para partículas puntuales o para cuerpos rígidos en movimiento de traslación.

Acerca del teorema de trabajo y energía y sus limitaciones

En todos los ejemplares se deduce el teorema de trabajo y energía, que vincula el trabajo neto con la variación de energía cinética, a partir de la segunda ley de Newton. Existen diferencias en la manera de obtener el trabajo neto al que hace mención el teorema: puede obtenerse como la suma de todos los trabajos que producen cada una de las fuerzas involucradas o bien como el trabajo que realiza la fuerza neta. En la mayoría (T1, T2, T3, T5, T8, T9, T10) se lo define según la primera vía. En otros (T4, T6, T8), según la segunda. Aun cuando no se lo diga explícitamente, en la simbología propuesta por los autores subyace la noción del trabajo neto como el realizado por la fuerza neta, ello se infiere de las deducciones del teorema a partir de la segunda ley de Newton que involucra la fuerza neta. En T4 no se define el trabajo neto, pero cuando se aborda el teorema de trabajo-energía puede leerse: "fuerza total x distancia=energía cinética" (Hewitt, 2004, p.105) con lo cual estaría en la línea de la segunda de las acepciones. En Resnick, Halliday y Krane (2011, p. 239) se afirma:

El primer objetivo es determinar el trabajo neto proveniente de todas las fuerzas que operan sobre el cuerpo. Esto podemos hacerlo en dos formas: 1) Calcular la fuerza neta $\vec{F}_{neta} = \sum \vec{F}_i$, y luego calcular el trabajo $W_{neta} = \vec{F}_{neta} \cdot \vec{s}$, hecho por ella en el cuerpo a que éste recorre un desplazamiento \vec{s} , o 2) Calcular el que realizan las fuerzas individuales ($W_1 = \vec{F}_1 \cdot \vec{s}$, $W_2 = \vec{F}_2 \cdot \vec{s}$, etc.), sumando después para encontrar el trabajo neto: $W_{neta} = W_1 + W_2 + \dots$. Los dos métodos producen resultado idéntico, y la elección entre ellos se basa principalmente en la facilidad con que se aplican.

Tal como mencionan los autores, ambos producen resultado idéntico, pero esto no es un resultado generalizable, sólo será cierto si todos los desplazamientos son iguales (esto se cumple para partículas puntuales o para cuerpos rígidos y no rotantes). En T1 se procede de manera análoga, explicitándose que el desplazamiento es el

mismo para todas las fuerzas por actuar sobre la misma partícula, deduciéndose que el trabajo neto es igual al trabajo realizado por la fuerza neta. En T8, aun cuando se siga un planteo similar, se expone este resultado como algo de validez general pues no se indica que se verifica sólo para partículas puntuales.

Las limitaciones del teorema se establecen mediante enunciados que resaltan el procedimiento de obtención a partir de las leyes de Newton y su restricción a partículas puntuales. La delimitación de su alcance puede inferirse de afirmaciones como las siguientes "Puesto que usamos las leyes de Newton para deducir el teorema de trabajo-energía, sólo podemos usarlo en un marco de referencia inercial" (Young y Freedman, 2009, p. 188) y

El principio del trabajo y la energía puede aplicarse a una partícula, y también a un objeto que puede aproximarse como una partícula, como un objeto rígido cuyos movimientos internos no son considerables. Como veremos en los siguientes ejemplos, este principio es muy útil en situaciones sencillas. El principio del trabajo y la energía no es tan poderoso ni tan incluyente como la ley de conservación de la energía que veremos en el siguiente capítulo y no debería considerarse como un enunciado de conservación de energía (Giancoli, 2009, p. 173).

Conservación de la energía mecánica: Método de resolución de problemas

Mediante la combinación del teorema de trabajo y energía con la expresión que vincula el trabajo de fuerzas conservativas con el opuesto de la variación de la energía potencial, se obtiene la ley de conservación de la energía mecánica para sistemas aislados.

Pueden leerse afirmaciones que subrayan su potencial como método para la resolución de problemas, subestimando su poder explicativo en las transformaciones que ocurren en la naturaleza. Por ejemplo: "El hecho de que existan cantidades que se conservan no sólo nos ofrece una noción más profunda de la naturaleza del mundo, sino también otra manera de enfocar la resolución de problemas prácticos" (Giancoli, 2009, p. 163); "Vamos a examinar otro método basado en uno de los conceptos verdaderamente fundamentales y universales de la física: la energía" (Resnick *et al.*, 2011, p. 229); "El nuevo método que vamos a presentar usa las ideas de trabajo y energía. La importancia del concepto de energía surge del principio de conservación de la energía..." (Young y Freedman, 2009, p. 181).

REFLEXIONES FINALES

La elaboración de una definición satisfactoria parece ser un problema asociado con la complejidad intrínseca del concepto de energía, que no siempre es explicitada por los autores de los LT. Con respecto a la definición de trabajo, se detectó que la ambigüedad en la identificación del desplazamiento no es abordada explícitamente. Si bien las definiciones presentadas producen resultados numéricos idénticos cuando los objetos involucrados pueden ser considerados como partículas puntuales, esto no resulta autoevidente para un lector que recién se inicia en el estudio de la Física.

Presentar la conservación de la energía como un método más de resolución de problemas y derivada como teorema de la segunda ley de Newton, dificulta la comprensión de la misma como una ley universal, cuya validez trasciende el ámbito de la física newtoniana.

REFERENCIAS

Alonso, E., & Finn, E. (1976). *Física. Vol. I. Mecánica*. Barcelona, España: Fondo Educativo Interamericano S.A.

Ander-Egg, E. (2010). *Métodos y técnicas de investigación social: Cómo organizar el trabajo de investigación*. Vol. III. España: Lumen.

Bardin, L. (1996). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.

Doménech, J., Gil, D., Gras, A., Torregrosa, J., Guisasola, G., & Salinas, J. (2001). La enseñanza de la energía en la escuela secundaria. Un análisis crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 14(1), 45-60.

Doménech, J., Gil-Pérez, D., Gras, A., Guisasola, G., Torregrosa, J., Salinas, J., Trumper, R., Valdés, P., & Vilches, A. (2007). Teaching of Energy Issues: A Debate Proposal for a Global Reorientation. *Science & Education*, 16(1), 43-64.

Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.

Feynman, R., Leighton, R., & Sands, M. (1987). *Física, vol. I*. Bogotá: Adison Wesley Iberoamericana.

Gettys, E., Keller, F., & Skove, M. (2005). *Física para ciencias e ingeniería. Tomo I*. México: McGraw Hill.

Giancoli, D. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Volumen I*. (4ª ed.). México: Pearson Educación.

Hewitt, P. (2004). *Física Conceptual*. (9ª ed.). México: Pearson Educación.

Lerhman, R. (1973). Energy is not the ability to do Work. *The Physics Teacher*, 11, 15-18.

- Mendoza, J., & Abelenda, N. (2010). Didáctica de la energía en la educación secundaria. *Revista Innovación Educativa*, 20, 37-48.
- Moya Pardo, C. (2008). Aproximación al concepto y tratamiento de texto escolar. *Cuadernos de Lingüística Hispánica*, 11, 133-152.
- Resnick, R., Halliday, D., & Krane, K. (2011). *Física, Vol 1*. (5ª ed.). México: Grupo Editorial Patria.
- Serway, R., & Jewett, J. (2009). *Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. 1*. (7ª ed.). México: Cenage Learning Ed. S.A.
- Solbes, J., & Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 387-397.
- Solbes, J., & Tarín, F. (2004). La enseñanza del principio de conservación de la energía: una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 185-194.
- Warren, J. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education*, 4(3), 295-297.
- Wilson, J., Bufo, A., & Lou, B. (2007). *Física*. (6ª ed.). México: Pearson Educación.
- Young, H., & Freedman, R. (2009). *Física universitaria. Vol. 1*. (12ª ed.). México: Pearson Educación.

Los dos volúmenes de la obra "*Investigaciones sobre libros de texto y medios de enseñanza. Contribuciones desde América Latina*" cumplen el objetivo de difundir una parte de la vasta producción científica latinoamericana en materia de libros de texto y otros recursos educativos, que ha permanecido oculta en estudios de revisión realizados en otros países y regiones. Los textos permiten evaluar temas, materias y enfoques que interesan a esta comunidad científica, tanto los tradicionales como los emergentes. Esperamos que la experiencia de este proyecto estimule las asociaciones y la cooperación, especialmente entre los países de nuestra sufrida, pero fuerte y resistente América Latina. Y que los libros, las bibliotecas y las escuelas sigan estando presentes en nuestro imaginario, en nuestros compromisos éticos, políticos y científicos y también en nuestras acciones educativas.

Comité Editorial

Os dois volumes da obra "*Investigaciones sobre libros de texto y medios de enseñanza. Contribuciones desde América Latina*" cumprem o objetivo de divulgar parte da vasta produção científica latino-americana sobre a temática dos livros escolares e de outros recursos educativos, que tem permanecido oculta em estudos de revisão realizados em outros países e regiões. Os textos permitem avaliar temas, assuntos e focos que interessam a esta comunidade científica, sejam os tradicionais ou os emergentes. Esperamos que a experiência desse projeto estimule parcerias e cooperações, especialmente entre países de nossa sofrida, mas forte e resistente América Latina. E que os livros, as bibliotecas e as escolas continuem presentes em nossos imaginários, em nossos compromissos éticos, políticos, científicos e também em nossas ações educadoras.

Comité Editorial

ISBN: 978-65-84565-33-3

