

EL TRABAJO DE LA FUERZA DE FRICCIÓN EN LIBROS DE TEXTO UNIVERSITARIOS

MILICIC, B. (1); JARDÓN, A. (2); FERNÁNDEZ, P. (3) y UTGES, G. (4)

(1) Dpto. de Física y Química. Universidad Nacional de Rosario beatriz_milicic@yahoo.com

(2) Universidad Nacional de Rosario. ajardon@fceia.unr.edu.ar

(3) Universidad Nacional de Rosario. patricia@fceia.unr.edu.ar

(4) Universidad Nacional de Rosario. graciela@fceia.unr.edu.ar

Resumen

Considerando una revisión de la literatura relacionada con la enseñanza de la física, estamos desarrollando una investigación que analiza cómo se presenta el trabajo de las fuerzas de roce y sus relaciones con el teorema de trabajo y energía, en libros de texto de nivel universitario básico. Si bien algunos artículos ampliamente citados destacan aspectos relevantes que deberían ser considerados en el tratamiento del tema y han sido publicados hace más de dos décadas, encontramos textos que no se han hecho eco de los mismos, otros que introducen modificaciones parciales y pocos que reflejan explícitamente los cambios sugeridos. Las tendencias mencionadas se ilustran considerando tres textos de uso muy difundido en nuestro ámbito.

Objetivos

En las últimas décadas, se han realizado diferentes observaciones sobre la presentación de temas relacionados con los conceptos de calor, energía y trabajo de la fuerza de roce en el nivel universitario básico. En el presente trabajo presentamos un análisis de cómo se trata el tema en las últimas ediciones de tres libros de texto de uso extendido a nivel universitario y en qué medida los textos tienen en cuenta las observaciones planteadas en la bibliografía.

Observaciones vinculadas al trabajo de la fuerza de roce en artículos de enseñanza de las ciencias.

Presentamos sintéticamente las observaciones más destacadas en la bibliografía:

- La ecuación de energía de centro de masa oseudotrabajo puede ser útil para resolver problemas sin abordar las complicaciones propias de un sistema de partículas (Penchina, 1978)

- Debe advertirse a los estudiantes que utilizar el modelo de partícula implica renunciar a cualquier consideración que involucre la estructura interna del sistema. (Legge y Petrolito, 2004)

- El teorema de trabajo y energía no es suficiente para analizar la energía de un cuerpo extenso no rígido. En cursos de mecánica básica, debería introducirse el primer principio de la termodinámica (Sherwood, 1983; Arons, 1989, 1999).

- Las relaciones entre trabajo y energía de un sistema de partículas deberían ser discutidas detalladamente (Michinel y D'Alessandro, 1994).

- Algunos autores (Arons, 1989, 1999), sugieren incluir en la energía interna diferentes *formas* para hacer plausible el tema con los estudiantes. Otros (Ellse, 1988) consideran ese enfoque una complicación innecesaria que dificulta la comprensión. Kaper y Goedhart (2002) lo interpretan como lenguaje intermediario útil si se lo utiliza de modo no contradictorio.

- *El trabajo de la fuerza de rozamiento no es $-f \cdot s$. Sherwood y Bernard (1984) proponen expresarlo como el producto de la fuerza de rozamiento por un desplazamiento efectivo, diferente del desplazamiento del centro de masa.*

- *En procesos de fricción, el pseudotrabajo no da cuenta de la elevación de temperatura. Arons (1989 y 1999) plantea la conveniencia de considerar el sistema bloque-superficie, en el que las fuerzas de roce son internas y no intercambian trabajo con el ambiente.*

Tratamiento del trabajo de la fuerza de rozamiento en ediciones recientes de tres libros de texto

El libro Física Universitaria 11^o Ed. (Sears, Zemansky, Young, Freedman, 2004) analiza el trabajo de la fuerza de roce en varios ejemplos, donde toma cuerpos extensos, pero lo calcula a partir de la expresión $-fs$, sin discutir que es el correspondiente al pseudotrabajo. Explica que la elevación de temperatura en las superficies en contacto es debida a un aumento en la energía interna. El empleo de la palabra "cuerpo" genera una confusión: en un primer momento lo considera como partícula, y luego le asigna energía interna.

El libro Física para la ciencia y la tecnología 5^o ed. (Tipler y Mosca, 2005) define el sistema como el bloque y la mesa, por lo cual las fuerzas de roce son internas, resultando nulo el trabajo de fuerzas externas. Relaciona la pérdida de energía mecánica con el trabajo de fuerza de roce, al cual calcula como $-fDs$, aclarando que es el pseudotrabajo, citando el artículo de Sherwood y Bernard. Respecto del aumento de la temperatura de las superficies en contacto, sostiene que "puede demostrarse que fDs es igual al incremento de energía térmica del sistema bloque-mesa debido a la disipación de energía mecánica del sistema." Sustituye en el teorema del trabajo y la energía, obteniendo que la ganancia de energía térmica es igual a la disminución de energía mecánica. No define energía térmica.

El libro Física 5ª Ed (Resnick, Halliday y Krane, 2005), analiza diferentes ejemplos, definiendo el sistema en cada caso, variándolo para estudiar el bloque y la mesa solos o en conjunto, y apela a una extensión al concepto de conservación de energía, para incluir a la energía interna. Plantea que al disminuir la energía cinética del bloque, se incrementa la energía interna del sistema bloque+mesa, que podría observarse como un aumento en la temperatura de las superficies. También plantea que $-f D_s$ no es el trabajo de la fuerza de roce, citando el artículo de Sherwood y Bernard. Al analizar el bloque o la superficie por separado, argumenta que: "la magnitud de la energía que es transportada fuera del sistema debido al trabajo de fricción es menor que f_s porque parte de la energía permanece dentro del sistema como energía interna", pero no puede calcularse sin un modelo más detallado de la fricción. Para el sistema bloque-mesa, donde la fuerza de roce es interna, comenta que sólo se puede calcular el aumento total de la energía interna de cada uno a partir de un modelo complicado de las propiedades de las dos superficies. Explica el modelo microscópico de la fuerza de fricción. Plantea las ecuaciones del centro de masa y el primer principio, citando el trabajo de Arons (1989), pero no realiza un análisis detallado de la energía de un sistema de partículas.

Conclusiones

Los libros seleccionados en este trabajo son apenas una muestra que permite reflejar las diferencias halladas en el tratamiento del tema. Si bien las observaciones a la presentación de tema fuerza de roce en los libros de texto universitarios se realizan desde hace treinta años, se comprueba que algunos aún no se han hecho eco de las mismas (Sears et al., 2004), otros han comenzado tímidamente a introducirlas (Tipler y Mosca, 2005) y hay pocos en los cuales explícitamente se han reflejado (Resnick et al., 2005). El no tomarlas en cuenta puede llevar a los estudiantes a interpretar en forma errónea los conceptos relativos al trabajo de la fuerza de roce y, en forma más general, a la energía y a la ley de conservación. El introducir el primer principio de la termodinámica en el curso de mecánica hace que puedan analizarse en forma rigurosa situaciones que, de otra manera, llevarían a errores conceptuales en los estudiantes, muy difíciles de erradicar.

Referencias

ARONS, A.(1989). *Developing the energy concepts in introductory physics. Physics Teacher*, 27 (7), 506-517.

ARONS, A. (1999) *Development of energy concepts in introductory physics courses. Am.J.Phys.* 67, 12, 1063-1067.

ELLSE, M. (1988) *Transferring not transforming energy. School Sc. Review*, 69, 427-437

KAPER, W. H.; GOEDHART, M. J. (2002) *Forms of energy, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. Int. Jour. Sc. Educ.*, 24, 1, 81-95, 2002.

LEGGE, K. A.; PETROLITO J. (2004) *The use of models in problems of energy conservation. Am. J. Phys.* 72,4, 436-438

MICHINEL, J. ;D´ALESSANDRO, M. (1994). *El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo lenguaje. Ens. de las Cs., 12(3), 369-380.*

MUNGAN, C. (2007) *Thermodynamics of a Block Sliding Across a Frictional Surface. The Physics Teacher, 45, 288-291*

PENCHINA, C.M. (1978). *Pseudowork-energy principle. Am.J.Phys 46, 295-296*

RESNICK, R., HALLIDAY, D. y KRANE, K.(2005). *Física 5º Ed., México: Cía. Ed. Continental*

SEARS, F., ZEMANSKY, M., YOUNG, H., FREEDMAN, R.(2004). *Física Universitaria 11º Ed., México: Pearson*

SHERWOOD, B.(1983).*Pseudowork and real work. Am. J. Phys. 51 (7), pp 597-602*

SHERWOOD, B. y BERNARD, W.(1984). *Work and heat transfer in the presence of sliding friction. Am. J. Phys. 52 (11), 1001-1007*

TIPLER, P. y MOSCA, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología 5º ed. Vols. 1 A y 1C, Barcelona: Reverté*

CITACIÓN

MILICIC, B.; JARDÓN, A.; FERNÁNDEZ, P. y UTGES, G. (2009). El trabajo de la fuerza de fricción en libros de texto universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3606-3609
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3606-3609.pdf>