

Propuesta de enseñanza de los conceptos de Trabajo y Energía Mecánica, fundamentada en la Teoría de Ausubel

MAGDALENA ROA
Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires, Argentina

Introducción¹

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de actividades fundamentada desde una teoría psicológica. Se entiende que optar por un referente psicológico no supone que sea posible aislar los supuestos epistemológicos y didácticos con los que se acuerda. La idea es mostrar de que manera la selección de los objetivos, de las preguntas, y de los ejercicios; así como también la secuencia desarrollada durante la unidad, están influidas por el referente teórico.

Se elabora una propuesta de actividades para el bloque de contenidos de *Trabajo (mecánico) y energía*, fundamentada psicológicamente desde la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Significativo de Ausubel (Ausubel, 1976). La unidad seleccionada está pensada para ser desarrollada en primer año de Polimodal de cualquier modalidad.

La teoría psicológica de Ausubel

Presta especial atención al aprendizaje verbal, en particular, al aprendizaje de conceptos. Se ocupa específicamente de los procesos de aprendizaje y de enseñanza de los conceptos científicos a partir de la estructura psicológica del sujeto. En la estructura cognitiva del sujeto, no todos los conceptos tienen la misma importancia, variando desde los más inclusivos hasta los más subordinados (Gutiérrez, 1989). La reestructuración de esta estructura se produce en la interacción de la información nueva y la que ya posee el sujeto. La instrucción formal es la encargada de ayudar a los alumnos a movilizar los conocimientos pertinentes en cada caso y conectar con ellos los nuevos aprendizajes (Pozo y Gómez Crespo, 1998). *El resultado de la interacción que tiene lugar entre el nuevo material que va a ser aprendido y la estructura cognoscitiva existente es una asimilación entre los nuevos y viejos significados para formar una estructura*

¹ Agradezco a la Prof. Adriana Rocha y a la Dra. Carmen Peme por los aportes realizados, así como también a la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA en la que me desempeño como becaria.

cognoscitiva más altamente diferenciada (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978, pp. 67-68, en García Madruga, 1990).

El proceso de asimilación cognoscitiva puede realizarse de tres formas diferentes de acuerdo a la relación jerárquica entre las ideas nuevas y las que ya posee el sujeto: mediante la subsunción o aprendizaje subordinado, mediante el aprendizaje supraordenado y el combinatorio (Pozo, 1989).

El *aprendizaje subordinado* se produce cuando las nuevas ideas son relacionadas subordinadamente con ideas relevantes de mayor nivel de abstracción, generalidad e inclusividad. El *aprendizaje supraordenado* es aquel en que las ideas o conceptos existentes en la estructura cognoscitiva del sujeto son de menor nivel de abstracción, generalidad e inclusividad que los nuevos conceptos a aprender. El sujeto integra conceptos ya aprendidos dentro de un nuevo concepto (*op. cit.*, p. 219). El *aprendizaje combinatorio* está caracterizado por el hecho de que los nuevos conceptos no pueden relacionarse de forma supraordenada o subordinada con ideas relevantes específicas en la estructura cognoscitiva del sujeto. Estos nuevos conceptos pueden relacionarse de una forma más general con la estructura cognoscitiva (*op. cit.*, p. 220).

El aprendizaje ocurre por dos procesos: la *diferenciación progresiva* y la *reconciliación integradora*. A medida que tiene lugar el aprendizaje significativo, los conceptos inclusores se modifican haciéndose cada vez más diferenciados. Este proceso de diferenciación progresiva, produce una estructura cognoscitiva organizada jerárquicamente, aumentando las ideas relevantes en las que se pueden anclar los nuevos conceptos. Por su parte, el proceso de reconciliación integradora se refiere a que en el curso del aprendizaje significativo supraordenado o combinatorio, las modificaciones producidas en la estructura cognoscitiva permiten el establecimiento de nuevas relaciones entre conceptos, evitando la compartimentación excesiva (García Madruga, 1990).

Algunas consideraciones para la enseñanza según la teoría psicológica de Ausubel

La tarea del docente consiste en organizar y secuenciar los contenidos de forma que el alumno pueda realizar un aprendizaje significativo, integrando los nuevos conocimientos en su estructura cognitiva previa (García Madruga, 1990). La teoría de Ausubel propone el aprendizaje significativo por recepción y por lo tanto los métodos de exposición, tanto orales como escritos, como formas de enseñanza, teniendo en cuenta algunas pautas esenciales:

- Presentar ideas básicas unificadoras de una disciplina antes de conceptos periféricos.
- Atender a las limitaciones generales sobre el desarrollo cognitivo de los sujetos.
- Usar definiciones claras y precisas y explicitar similitudes y diferencias entre conceptos relacionados.
- Que los alumnos trabajen en la reformulación de los nuevos conocimientos en sus propias palabras, como criterio de comprensión adecuada.

El docente debe determinar lo que el alumno ya sabe y organizar los conocimientos que desea que aprenda de acuerdo con la estructura jerárquica de la disciplina a enseñar (Aranega, 1989). La idea clave

residiría en identificar cuáles son los conceptos de mayor nivel de generalidad, los inclusores, que deben ser activados para lograrlo.

Propuesta de trabajo

Los contenidos conceptuales seleccionados corresponden al bloque 2 (El mundo Físico) de los CBC de Ciencias Naturales para la Educación Polimodal. Se desarrolla parte del bloque de contenidos relacionado con el concepto de energía, específicamente, aquellos que pueden ser implementados en la asignatura Física de primer año Polimodal de cualquier orientación. Si bien la energía es un concepto que lo abarca todo, aquí sólo se toma en cuenta una primera idea general, y se considera la energía mecánica, la conservación y no conservación de la misma, y el trabajo mecánico.

Se admite que el alumno ya ha desarrollado en clase algunos conceptos físicos como los de fuerza, masa, velocidad, gravedad, movimiento de los cuerpos, que servirán de anclaje para los nuevos conceptos. Incluso el mismo concepto de energía es desarrollado en el nivel educativo anterior, especialmente en Biología, y además se trata de un concepto que se utiliza cotidianamente. Además, los alumnos utilizan la relación proporcional entre variables, y operan con ecuaciones de primero y segundo grado.

Es necesario tener en cuenta también, las concepciones y dificultades que presentan el concepto de energía para los alumnos. Según algunos estudios (Capuano y otros, 2006; Wainmaier y Salinas, 2006; Doménech y otros, 2003), entre las dificultades halladas, aún en estudiantes universitarios, luego de aprobar la asignatura Física I, pueden mencionarse por ejemplo:

- Dificultades para diferenciar el concepto de fuerza y el de energía.
- Dificultades para diferenciar el significado del concepto de trabajo en el ámbito científico y en el cotidiano. Por ejemplo: se vincula el trabajo con la idea de esfuerzo.
- Uso de relaciones de causalidad inadecuada: Ej.: fuerza causante lineal del cambio de energía cinética (E_c); la E_c cambia sólo por el trabajo de fuerzas no conservativas.
- Dificultades para comprender el significado físico asociado al lenguaje formal. Ej.: para interpretar significado físico del signo negativo asociado a una magnitud vectorial.
- Dificultad para identificar la no conservación de la energía en sistemas mecánicos.
- Dificultades para distinguir entre tipos de energía y transformaciones de energía.
- Incorrecta conceptualización de la energía como un fluido material.

Objetivos de la unidad

- Diferenciar los conceptos de energía y trabajo.
- Explicar situaciones cotidianas utilizando los conceptos de trabajo y energía.

- Resolver problemas numéricos utilizando las leyes del trabajo y la energía.
- Identificar las transformaciones energéticas en un determinado proceso.
- Identificar las condiciones para que la energía mecánica se conserve.

La propuesta incluye:

- PREGUNTAS O PROBLEMAS DISPARADORES (PD) para introducir un tema o un concepto;
- EJERCICIOS DE APLICACIÓN (EA) que involucran conceptos ya institucionalizados; y
- UN TRABAJO PRÁCTICO (TP) (Anexo 1) a desarrollar en grupos pequeños o como tarea para el hogar que plantea una nueva revisión de los conceptos desarrollados. El docente será el encargado de decidir si realizarlo en forma paralela al tratamiento de los temas o al finalizar el bloque de contenidos. Se sugiere en la secuencia de actividades que aparece a continuación, que ejercicio del trabajo práctico correspondería realizar.
- COMENTARIOS ACERCA DE LA ACTIVIDAD: referidos a su propósito y a las posibles intervenciones que acompañarían el desarrollo de los temas según las respuestas e inquietudes de los alumnos.

PD 1 - ¿Qué es la energía? ¿Con qué fenómenos de la vida cotidiana asocian a la energía?

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Se inicia “la unidad” con el concepto de energía por ser la idea más general.

La energía es una propiedad asociada a la materia, y sólo se observa y se mide en forma indirecta cuando se producen cambios en un sistema. Probablemente ya se ha trabajado en bloques anteriores que los cambios son producidos por fuerzas, la energía es una medida del cambio.

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: A partir de los conceptos que forman parte de la estructura cognitiva del sujeto, y de la interacción entre pares y docente, construir el concepto físico de energía. El docente es el encargado de explicitar la conclusión, que constituye el saber institucionalizado, el cual, siempre que sea posible, debe surgir de lo discutido en clase.

IDEAS DE LOS ALUMNOS: “Los alimentos proporcionan energía”; “cuando se hace ejercicio se consume energía”; “el sol entrega energía a las plantas”, “hoy hay crisis energética”.

DISCUSIÓN POSTERIOR: El término energía está presente en muchas actividades de nuestra vida, pero en física tienen un significado específico.

¿Qué características comunes tienen las situaciones mencionadas por los alumnos?

- La energía de un sistema está relacionada con la capacidad de producir cambios en otros.
- Los sistemas pueden transferir energía a otros. En ese proceso, la energía puede transformarse.

A 1: ¿En cuáles de las siguientes oraciones se utiliza la palabra energía con el significado que tiene para la física? Justificar la elección

- a) Óscar pone toda su energía para lograr éxito en su nuevo trabajo.
- b) Un helado de crema suministra más energía que una comida caliente.
- c) El corte de suministro de energía eléctrica dejó la ciudad a oscuras.

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Poner en juego las características comunes antes citadas. Se retoman las propiedades que definen a la energía y se diferencia el concepto físico de otras acepciones de la vida cotidiana.

Actividad 1 del TP

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Profundizar en la elaboración del concepto de energía y reconocer que en la vida cotidiana aparecen acepciones del concepto similares a la utilizada en ciencia y otras que no lo son tanto.

PD 2 - ¿Qué "tipos" de energía podrían mencionar en las situaciones de la vida cotidiana?

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Una característica de la energía es que se manifiesta de diferentes formas. La propiedad más importante que cumple es la conservación. Este principio es una idea muy abstracta pero gobierna todos los fenómenos de la naturaleza. En la transferencia y/o transformación de energía entre dos sistemas (o entre el sistema y su entorno), la cantidad total de energía permanece inalterada. Es decir, la cantidad de energía que cede un sistema es igual a la cantidad de energía que gana el otro.

IDEAS DE LOS ALUMNOS: Los alumnos podrían mencionar ejemplos tales como: nuclear; eólica; química; eléctrica; hidráulica; sonora; lumínica; etc. Además, pueden citarse casos en los que esta energía se manifiesta. Ejemplo, el sistema eléctrico de nuestro hogar recibe energía eléctrica desde el exterior. Ésta, hace funcionar una procesadora que permite cortar los alimentos mientras emite sonido.

DISCUSIÓN POSTERIOR: En el caso de la procesadora, la energía eléctrica se transfiere desde el sistema eléctrico a la procesadora y luego, al ambiente y los alimentos, y es la que se transforma en las otras formas de energía: sonora, movimiento (cinética) y calórica. La cantidad total de energía en que se transformó (sonora, cinética, calórica), es igual a la cantidad de energía eléctrica. La energía no se crea ni se destruye.

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: El docente tiene que introducir el principio de conservación y las formas en las que se intercambia la energía, porque no es posible que surja de posibles intercambios orales. Sin embargo, habrá que relacionar estas ideas abstractas y generales con otros conceptos para que puedan ser asimilados. Una posibilidad es a través de ejemplos como el mencionado.

Actividad 2 del TP

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: El objetivo es identificar las transferencias y transformaciones energéticas producidas en diferentes situaciones.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Aunque la energía se manifiesta de muchas maneras, el intercambio entre dos sistemas se realiza sólo mediante tres formas: calor, trabajo y radiación. En esta propuesta se hará especial hincapié en el trabajo mecánico.

PD 3 - ¿En qué situaciones de la vida cotidiana pueden decir que se realiza trabajo?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Introducir el concepto de trabajo mecánico. El propósito es relacionar un concepto físico con fenómenos de la vida cotidiana para que puedan existir elementos en los cuales anclar los conceptos nuevos.

IDEAS DE LOS ALUMNOS: "Cuando una persona va a trabajar", "Cuando se levanta algo pesado", "Cuando se empuja un objeto", entre otros. Aparecen ideas en las que el trabajo se asocia a la producción de cambio: "Se trabaja para lograr algo, para conseguir una transformación..." y otras en las que se asocia a la noción de fuerza: "El trabajo exige esfuerzo, es preciso hacer fuerza..."

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Es posible con los alumnos, conseguir una primera idea cualitativa de trabajo como podría ser: "la transformación de la materia por la acción de fuerzas" (Doménech y otros, 2005).

Frecuentemente, a esta altura de la formación, los alumnos aún no han desarrollado el bloque de trigonometría en Matemática. Por ello no se introduce la fórmula matemática para el cálculo del trabajo, que involucra el coseno del ángulo. Pero puede aclararse que cuando se habla de: "...la aplicación de una fuerza a lo largo de...", se está estableciendo que sólo contribuye al trabajo, la componente de la fuerza en la dirección de la distancia.

PD 4 - De acuerdo a la definición dada para el concepto de trabajo, ¿pueden mencionar de qué variables depende? y ¿de qué tipo será la dependencia?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Se pretende especificar las relaciones (matemáticas) que involucran al concepto de trabajo. Se apunta a que se produzca un aprendizaje subordinado por inclusión correlativa. Es decir, el concepto de proporcionalidad, que forma parte de la estructura del alumno cobrará un nuevo significado con otra connotación, modificando al concepto inclusor.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Los alumnos ya han trabajado, tanto en Matemática como en Física (densidad, velocidad, segunda Ley de Newton), el concepto de proporcionalidad. Éste, se retoma y se transforma a partir de los nuevos ejemplos: la proporcionalidad entre trabajo y la componente de la fuerza y entre trabajo y distancia.

IDEAS DE LOS ALUMNOS: Los alumnos posiblemente establezcan que esta dependencia es directamente proporcional, argumentando: "Se realiza mayor trabajo cuanto mayor sea la fuerza ejercida, y

también cuanto mayor sea la distancia recorrida". Si bien es correcto, no siempre que las dos variables aumenten a la vez, existe entre ellas una relación de proporcionalidad directa.

A 2: Se requiere trabajo para levantar una caja. ¿Cuánto más trabajo se realiza para levantarla a una altura tres veces mayor? ¿Por qué?

A 3: ¿Qué requiere más trabajo: levantar una carga a cierta altura, o, levantar la mitad de carga hasta el doble de altura? ¿Por qué?

INTENCIÓN DE LAS ACTIVIDADES / TIPO DE APRENDIZAJE: aplicar el concepto de trabajo y las relaciones entre las variables. Estas actividades contribuirían a reforzar las relaciones entre los conceptos que pertenecen a la estructura cognitiva y los conceptos nuevos.

PD 5 - ¿Qué ocurre con la energía de un cuerpo cuando sobre éste se ejerce trabajo?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Establecer relaciones entre conceptos de la estructura cognitiva que parecían, hasta aquí, no tener relación alguna, así como ampliar el significado de los mismos. Se intenta que el alumno relacione el concepto de trabajo con el de energía para posibilitar una mayor comprensión del mismo (Aprendizaje combinatorio: los nuevos conceptos pueden relacionarse de una forma más general con la estructura cognoscitiva existente). Las modificaciones producidas en la estructura cognoscitiva evitan la compartimentación excesiva.

IDEAS DE LOS ALUMNOS: Los alumnos podrían dar ejemplos: "al ejercer una fuerza para levantar un cuerpo a cierta altura, este estará a más distancia del suelo y por lo tanto tendrá mayor energía"; o "al empujar con cierta fuerza un objeto y moverlo en forma horizontal, estaba en reposo y adquiere velocidad. Por lo tanto su energía aumentará".

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Se podrá analizar que si sobre un cuerpo se ejerce una fuerza, que actúa a lo largo de una cierta distancia, la energía del cuerpo sobre el que se realiza trabajo, necesariamente varía.

PD 6 - ¿Es posible que un cuerpo o un sistema realice trabajo negativo?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: La cuestión tiene como propósito analizar nuevamente el concepto de trabajo. Se apunta a que el alumno consiga un aprendizaje subordinado, que se daría por inclusión correlativa; es decir, a la vez que el trabajo es el concepto inclusor, resulta modificado por los nuevos ejemplos.

Es necesario retomar los conceptos de fuerza y desplazamiento. Podría esperarse que también ocurra aprendizaje combinatorio. Los conceptos de desplazamiento y fuerza, introducidos antes, podrían ser parte de una reestructuración. En tal sentido, los alumnos podrían considerar que el producto de la fuerza por el desplazamiento será negativo si una de estas magnitudes lo es.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Habiendo trabajado ya los bloques de interacción y movimiento, deben analizar en qué circunstancias estas magnitudes pueden ser negativas. Para que la fuerza sea neg-

tiva tiene que ser opuesta a lo que fue considerado en el sistema de referencia como desplazamiento positivo. Si el desplazamiento es negativo (según el sistema de referencia), la fuerza tendrá que ser opuesta a él.

PD 7 - ¿Qué ocurre con la energía si se ejerce un trabajo negativo?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Aquí se estarían relacionando los conceptos trabajo y energía (y sus propiedades, relaciones, formas de manifestarse), con la intención de que la estructura cognitiva logre una mejor estructuración.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Evidentemente la energía debe cambiar. Los alumnos podrían buscar algún ejemplo conocido en el que la fuerza y el desplazamiento sean opuestos. Por ejemplo: un auto que frena antes de alcanzar un semáforo. La fuerza de roce realiza un trabajo negativo sobre el sistema y la energía del coche evidentemente disminuye. Si se realiza trabajo negativo sobre un sistema, éste disminuye su energía.

A 4: Analizar las siguientes situaciones y determinar en qué casos se realiza trabajo mecánico. Fundamentar los casos en los que no se realiza trabajo.

- a) Un levantador de pesas sostiene con sus brazos extendidos una barra sobre su cabeza.
- b) Una patinadora después de adquirir movimiento, se deja deslizar sobre sus patines.
- c) Un señor sube cuatro pisos de una escalera con una caja en los brazos.
- d) El mismo señor, una vez que llega al cuarto piso entra en el departamento con la caja en los brazos.
- e) Un obrero baja bolsas al hombro a un sótano.

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Aplicar el concepto de trabajo mecánico y las relaciones entre las variables. Se hace necesaria una revisión de la definición física del concepto. El aprendizaje sería subordinado porque las nuevas ideas (reconocimiento de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento y análisis de la realización de trabajo) se relacionarían subordinadamente con ideas relevantes de mayor nivel de abstracción, generalidad e inclusividad (trabajo). Este aprendizaje se daría por inclusión correlativa ya que la diferenciación modificaría a su vez el significado del concepto incluso supraordinado. Es decir, el hecho de que sea necesario revisar cada una de las variables intervinientes provocaría una transformación en la concepción del concepto ya elaborada por los alumnos.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Esta actividad merece ser discutida con toda la clase. Se deben analizar varias cuestiones: ¿Hay una fuerza actuando? ¿Se recorre cierta distancia ejerciendo esa fuerza? ¿Existe una componente de la fuerza en la misma dirección que el movimiento?

No habrá dificultad seguramente para responder que se realiza trabajo en c), pues la fuerza la ejerce el hombre sobre la caja hacia arriba y las escaleras también se recorren hacia arriba. En e) no es tan

sencillo, porque si bien la fuerza está dirigida hacia arriba, el desplazamiento es hacia abajo. En a) claramente no hay desplazamiento, por tanto tampoco trabajo. Pueden aparecer aquí dificultades asociadas a que sí se realiza esfuerzo físico. Algo similar ocurre en el ítem d): la fuerza presente está dirigida hacia arriba y el desplazamiento es horizontal. En muchos casos los alumnos creen que se ejerce trabajo argumentando que se ejerce fuerza y existe un desplazamiento. El error reside en no considerar que la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento sea nula.

PD 8 - Analizando la definición de trabajo determinen en qué unidades se mide

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Si el trabajo es el producto de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento, la unidad de trabajo es la unidad de fuerza por la unidad de desplazamiento, que en el SI es: Newton por metro (N*m). El docente debe indicar que a esta unidad se la denomina Joule y se la abrevia J. Un Joule es el trabajo efectuado por una fuerza de 1 N cuando un cuerpo se desplaza un metro por acción de esa fuerza.

IDEAS DE LOS ALUMNOS: Los alumnos podrían preguntar “¿Qué es entonces la caloría ó la kilocaloría?”, unidad en que se mide la energía cuando se habla de los alimentos. Es necesario indicar que se trata de otra unidad para medir la energía y que existe una equivalencia entre ambas.

Es el docente el que introduce el nombre de la unidad de la energía (y trabajo) en el Sistema Internacional, pero los alumnos están habituados a considerar unidades energéticas en otros contextos. Es necesario, si no surge espontáneamente en la clase, establecer tal diferenciación.

A 5: ¿Cuál es el trabajo que realiza una persona sobre una valija de 100 N cuando:

- a) La sostiene durante 3 minutos mientras espera el colectivo?
- b) Corre con ella una distancia horizontal de 10 metros a velocidad constante para alcanzarlo?
- c) La levanta 60 centímetros para subir al colectivo?
- d) La mantiene en el piso del colectivo mientras recorre 3 km con aceleraciones, frenadas, tramos curvos, etc.?
- e) La baja del colectivo por la puerta trasera?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Que los alumnos realicen cálculos relacionados al concepto de trabajo. Se profundiza así en el concepto de trabajo, en este caso principalmente en la relación entre interpretación matemática e interpretación física. Se produciría aprendizaje por subsunción, del tipo inclusión derivativa. El concepto de trabajo sería el inclusor y a partir de los cálculos y su análisis surgirían las ejemplificaciones del mismo.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: los ejercicios propuestos merecen el análisis físico más que el matemático, y por lo tanto es importante realizar la corrección con la clase.

Actividad 3 del TP

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD: Que los alumnos apliquen la fórmula de trabajo y analicen la relación de este con la energía en algunos cálculos.

PD 9 - a) El camionero de un camión que circula a mucha velocidad por una avenida hace una maniobra brusca al observar delante de él a un perro y se sube a la acera. Rompe una planta, y un cartel que se encontraba apoyado sobre la acera, sale disparado. ¿Cómo es posible que se deforme la planta? ¿De dónde proviene el movimiento del cartel?

b) Cae una maceta del balcón de un quinto piso y rompe una baldosa de la acera. ¿Cómo explican que se rompa la baldosa?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Que los alumnos identifiquen las transformaciones energéticas para luego introducir la energía cinética y la energía potencial. Se profundiza en el concepto de energía introducido inicialmente.

El aprendizaje se daría por subsunción de tipo inclusión derivativa, a través de la transmisión verbal. Es decir, a los tipos de energía se agregan dos ejemplos particulares, la energía cinética y la potencial, que constituyen la energía mecánica de un sistema.

IDEAS DE LOS ALUMNOS: Se espera que los alumnos reconozcan que para que se rompa la planta y para que el cartel salga disparado, el camión tiene que haber tenido energía que fue transferida durante el choque. Esa energía se debe al movimiento. En cuanto a la maceta, la energía que fue transferida a la baldosa también provenía de su movimiento. Y éste ¿de dónde? Es aquí donde los alumnos deben reconocer que el movimiento lo adquirió mientras caía desde cierta altura.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Es necesario introducir la energía mecánica de un objeto: la que se debe a su movimiento (energía cinética) y a su posición (energía potencial). Estos tipos de energía resultan útiles para resolver situaciones problemáticas en Física (Mecánica). Puede analizarse junto con los alumnos las variables de las que depende la energía cinética y la energía potencial gravitatoria (que será la estudiada en este caso). Con respecto a la energía cinética, no habrá dificultad en identificar mediante ejemplos la dependencia con la masa del cuerpo. Lo mismo harán con la velocidad ó rapidez, pero el docente debe aclarar, que la energía en este caso es proporcional al cuadrado de la velocidad. En cuanto a la energía potencial es necesario esclarecer que un cuerpo posee o almacena energía potencial en virtud de su posición. Por ejemplo, una banda elástica estirada posee energía potencial elástica. Si se la suelta es capaz de realizar trabajo. Aquí, como ya se mencionó, consideraremos solo la energía potencial de tipo gravitatoria. Como ya se desarrolló el bloque de interacción gravitatoria podrán retomarse algunos conceptos y será una nueva posibilidad de integración.

Un objeto posee energía potencial gravitatoria si se encuentra dentro de un campo gravitatorio, y dependerá del valor de ese campo (g). Como los valores de campo sólo se perciben para masas grandes, la energía potencial gravitatoria sólo se considerará para objetos que se encuentren en las proximidades de la Tierra, la Luna, etc., las demás serán despreciadas. Un cuerpo a cierta altura posee energía potencial gravitatoria, pues si cae, realiza trabajo.

Actividad 4 del TP

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Se introducen las fórmulas: $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ y $E_p = m \cdot g \cdot h$. En ambas, m es la masa del objeto al que se le calcula la energía (en kg), v la velocidad (en $\frac{m}{s}$), h la altura ó distancia a la masa que genera el campo (en m) y g el valor del campo gravitatorio ó aceleración de la gravedad (en $\frac{m}{s^2}$).

A 6: Suponer que un automóvil tiene una energía cinética de 2000 J. ¿Cuál será su energía cinética si se duplica la velocidad? ¿Y si se triplica?

A 7: Un tanque de agua posee 50000 J de energía cuando se encuentra a cierta altura. ¿Cuál sería la energía si estuviera a la mitad de altura?

A 8: ¿Cuál será la energía cinética de una flecha proveniente de un arco con una energía potencial de 50 J?

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Se aplican relaciones matemáticas para resolver situaciones problemáticas. Esto implica que se profundice en el concepto de energía, que se refuerce la idea de que el lenguaje de la física es el matemático, y la potencia de esta ciencia para modelizar situaciones reales. Se define luego la energía mecánica de un sistema como la suma de la energía cinética y la energía potencial gravitacional.

INTENCIÓN DE LAS ACTIVIDADES / TIPO DE APRENDIZAJE: Profundizar en la relación entre las variables. El aprendizaje sería de tipo combinatorio, en lo que respecta a matemática. Subordinado por inclusión correlativa, en lo que respecta a la aplicación de las fórmulas a situaciones problemáticas, siempre y cuando se realice el análisis posterior correspondiente, de modo que permita una modificación en los conceptos inclusores.

Actividades 5, 6 y 7 del TP

INTENCIÓN DE LAS ACTIVIDADES: Profundizar en el estudio de la energía mecánica.

PD 10 - Analizando las fórmulas de energía cinética y potencial muestren que la unidad de la energía es el Joule

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TIPO DE APRENDIZAJE: Se pretende lo mismo que cuando se analiza la unidad de Trabajo.

A 9: ¿Cuánto trabajo es necesario realizar sobre una bandera de 1 kg de masa para izarla de modo que su altura aumente en 8 metros? (Se desprecian las "pérdidas" de energía en forma de calor)

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD: Aplicación integrada de conocimientos desarrollados.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Ya se mencionó que en todo proceso de transferencia de energía de un sistema a otro y en toda transformación posible, la energía total se conserva. La energía no se crea ni se destruye. Aquí merece importancia la conservación de la energía mecánica. La energía mecánica de un sistema se conserva si no se aplican fuerzas adicionales sobre el mismo, es decir si no se produce trabajo mecánico sobre el cuerpo. Es necesario analizar varios ejemplos en los que pueda manifestarse la conservación de la energía mecánica si se despreciaran los efectos de rozamiento en el sistema o si la energía mecánica no se transforma en otros tipos de energía. También hay que discutir, que ocurre si se involucra al rozamiento y si se considera a la energía calórica o a otros tipos de energía. Debería concluirse que: si un sistema se encuentra aislado, la energía mecánica se conserva. Pero, si sobre el sistema se realiza trabajo, el trabajo es igual a la variación de la energía mecánica del sistema.

Actividades 8, 9, 10 y 11 del TP

INTENCIÓN DE LAS ACTIVIDADES: Profundizar en el análisis de la conservación de la energía mecánica, tanto en forma cualitativa como cuantitativa.

PD 11 - Mencionen las conversiones energéticas producidas al encender un foco. ¿Se conserva la energía?

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD: Aplicación integrada de conocimientos desarrollados.

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: La energía eléctrica que llega al foco se transforma parte en luz y parte en calor. Se desea que la mayor parte sea utilizada para alumbrar. El docente puede preguntar "¿Y esa energía en forma de calor, en qué tipo de energía se transforma luego?". Aquí los alumnos podrían decir que "se pierde", pero esto contradice el principio de conservación.

Es necesario aclarar que la energía en todo proceso de transferencia de un cuerpo a otro o de transformaciones de un tipo en otro, se conserva en su totalidad, pero cambia a formas de energía que tienen menos utilidad. Se dice que la energía se degrada.

Actividades 12, 13 y 14 del TP

INTENCIÓN DE LAS ACTIVIDADES: profundizar en los conceptos de conservación y degradación de la energía.

Actividades 15, 16 y 17 del TP

INTENCIÓN DE LAS ACTIVIDADES: Permiten la vinculación de estos conceptos físicos con los de otras disciplinas como la Biología.

Actividad 18 del TP

IDEAS CENTRALES Y COMENTARIOS: Se retoman dos problemas que los propios alumnos pueden haber resuelto previamente contando con herramientas de cinemática para que, en este caso, puedan resolverse trabajando en términos de energía.

INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD: Esto permitiría mostrar la unicidad de resultados por ambos caminos, a la vez que se manifiesta la coherencia de la Física.

Con el principio de conservación de la energía se completan los aspectos que definen a este concepto en esta instancia. A los años posteriores le corresponderá el desarrollo de otros temas en los que la energía continúa ampliando su significado: la energía electromagnética y la energía en el nivel atómico (cuantizada), que conducirá a una reestructuración mayor de la estructura cognitiva del sujeto.

A medida que se desarrollan los temas se sugiere la lectura del bloque 1, "La energía: formas y propiedades" de Editorial Estrada (Rubinstein y Tignanelli, 2000); y del capítulo 8, "Energía" de Editorial Addison-Wesley Iberoamericana (Hewitt, 2000). En los dos capítulos de los textos sugeridos, se introduce el concepto de energía de un modo diferente a como se presentó en esta propuesta, pero la diferencia entre este planteo y la lectura recomendada es intencional.

La lectura de los textos sugeridos y su discusión posterior, puede constituir otra instancia de aprendizaje por recepción, en este caso a partir de la información escrita.

Una manera de finalizar el bloque, independientemente de la evaluación que se considere, es proponer que los alumnos realicen un mapa conceptual involucrando los contenidos conceptuales desarrollados. Esto permite revisar cómo fueron estructurados los conceptos y cuáles son las relaciones que establecen entre los mismos. Si los mapas son discutidos en clase y reelaborados en forma posterior, permiten nuevas reestructuraciones en la estructura cognitiva. En el Anexo 2 se presenta un posible mapa conceptual que se esperaría que construyan los alumnos.

Al finalizar el estudio de la Física en el nivel Polimodal, sería deseable que los alumnos identifiquen que la idea de conservación es más amplia que la de energía y por lo tanto se encuentre como un concepto inclusor, y la energía, la masa, la carga, la cantidad de movimiento, en una jerarquía inferior. También será posible establecer mayor cantidad de relaciones con los otros tipos de energía que se desarrollarán en forma posterior a este bloque introductorio de trabajo y energía mecánica.

Bibliografía

ARANEGA, Carmen Peme de (1989): "Un marco teórico referencial para la Didáctica. Teorías psicológicas contemporáneas y actuales del aprendizaje." *Trabajos de Educación en Ciencias*. N.º 2. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. UNC.

AUSUBEL, David Paul (1976): *Psicología educativa*. Un punto de vista cognoscitivo. México. Editorial Trillas.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph, y HANESIAN, Helen (1978): *Educational Psychology*, 2nd. Ed. Holt, Rinehart y Winston. N. York. Traducción al castellano de M. Sandoval: *Psicología educativa*. México. Editorial Trillas. (1983).

CAPUANO, Vicente; BOTTA, Ivana; FOLLARI, Beatriz; DE LA FUENTE, Ana María; GUTIÉRREZ, Elena; PERROTA, María Teresa, y DIMA, Gilda (2006): "Análisis de un pre test y un post test sobre el tema energía en un curso universitario de Física Básica." *Memorias Sief 8*.

- DOMÉNECH, José Luis; GIL PÉREZ, Daniel; GRAS, Alberto; GUIASOLA, Jenaro; MARTÍNEZ TORREGROZA, Joaquín; SALINAS, Julia; TRUMPER, Ricardo, y VALDÉS, Pablo (2003): "La enseñanza de la energía: Una propuesta de debate para un replanteamiento global." *Cuaderno Brasileiro de Enseñanza de la Física*. Vol. 20 (3): pp. 285-310.
- DOMÉNECH, José Luis; GIL PÉREZ, Daniel; MARTÍNEZ TORREGROZA, Joaquín, y VALDÉZ, P. (2005): ¿Cómo profundizar en el estudio de los cambios que ocurren a nuestro alrededor? Introducción de los conceptos de energía y trabajo. Capítulo 10. En GIL PÉREZ, D.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SIFREDO, C.; VALDÉZ, P., y VILCHES, A. (Eds.): *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. OREAL/UNESCO - Santiago. Década de la educación para el desarrollo sostenible.
- GARCÍA MADRUGA, Juan Antonio (1990): Aprendizaje por descubrimiento frente a aprendizaje por recepción: la teoría del aprendizaje verbal significativo. En COLL, C.: *Desarrollo psicológico y educación II. Psicología de la Educación*. Madrid. Editorial Alianza.
- GUTIÉRREZ, R. (1989): "Modelos de aprendizaje en la Didáctica de las Ciencias." *Investigación en la escuela*. 9, pp.17-24.
- HETCH, Eugene (2001): *Física 1. Álgebra y Trigonometría*. Thompson Editores.
- HEWITT, Paul (2004): *Física conceptual*. Ed. Addison-Wesley.
- POZO, Juan Ignacio (1989): *Teorías cognitivas de aprendizaje*. Madrid. Ediciones Morata. Reedición 1996.
- POZO, Juan Ignacio, y GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998): *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid. Ediciones Morata.
- RUBINSTEIN, Jorge, y TIGNANELLI, Horacio (2000): *Física I*. Buenos Aires. Editorial Estrada.
- TIPLER, P. (1978): *Física*. (Tomo 1). España. Ed. Reverté.
- WAINMAIER, Cristina, y SALINAS, Julia (2006): *Mecánica Newtoniana: Dificultades en estudiantes universitarios*. <http://www.fisica.ucr.ac.cr/varios/ponencias>. [Consulta: Marzo 2007]

Anexo 1

PRÁCTICO: Trabajo y energía

TP 1. a) Seleccionar cinco artículos, noticias o propagandas publicadas en diarios ó en revistas de interés general en los que se emplee la palabra energía. Escribir el significado que se le otorga a la energía en ellos. Describir similitudes y diferencias entre ellos.

b) ¿Son coincidentes los significados con el concepto de energía que plantea la Física?

TP 2. Completar el siguiente cuadro:

Convertor de ENERGÍA	Convierte	En	Convertor de ENERGÍA	Convierte	En
Automóvil	ENERGÍA ...	ENERGÍA ...	Celda solar	ENERGÍA...	ENERGÍA ...
Árbol			Invernadero		
Cocina			Radio		
Generador eléctrico			Estufa a leña		

TP 3. Un balde de 15 kg es levantado 4 m, aplicándole una fuerza vertical F cuyo módulo constante es 18 Kgf. Determinar: a) El trabajo que realiza la fuerza F ; b) El trabajo que realiza la fuerza peso.

TP 4. Mencionar un ejemplo para cada caso:

- Un cuerpo cuyas energías cinéticas y gravitatorias aumenten.
- Un cuerpo que posea energía elástica y gravitatoria, pero no posea energía cinética.
- Un cuerpo cuya energía gravitatoria se transforme en calor.

TP 5. Determinar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas, justificar la elección:

- Un cuerpo ubicado a un metro de altura en la Luna tiene menos energía gravitatoria que el mismo cuerpo ubicado a un metro de altura sobre la superficie terrestre.
- Cuando un cuerpo cae, aumenta al mismo tiempo su energía gravitatoria y su energía cinética.
- Si un cuerpo duplica su velocidad, su energía cinética también se duplica.

TP 6. ¿Por qué, antes de lanzarse a una pileta desde un trampolín, los atletas que realizan saltos ornamentales dan varios saltos sobre la tabla?

TP 7. Comparar las energías cinéticas de dos objetos A y B, idénticos en todo, salvo en los aspectos mencionados en cada caso:

- A se mueve en el mismo sentido que B, con el doble de velocidad.
- A se desplaza hacia la derecha, mientras que B lo hace hacia la izquierda, con velocidades de igual intensidad.

La tasa metabólica de una persona depende de factores como el peso, la actividad, rendimiento. Se estima que unas 3500 kcal de energía equivalen a una pérdida de unos 450 g en la masa de una persona. Con esta información intentar resolver las siguientes cuestiones:

- Un hombre de 90 kg sube a pie una montaña de 1000 m. Si su cuerpo convierte la energía de los alimentos en energía mecánica con un rendimiento del 20%. ¿Cuántas kcal quema?, ¿cuál es el equivalente respecto del peso que perderá?
- Una mujer corre sin moverse del sitio (con los pies sobre una cinta sin fin) consumiendo un litro y medio de oxígeno por minuto. ¿Cuál es su tasa metabólica?
- Para una persona de 70 kg la tasa metabólica es de 120 W. Estime ese valor en kcal diarias.

TP 17. Buscar en artículos periodísticos alguna problemática en el mundo con relación al abuso en el consumo de energía y/o a la búsqueda de energías alternativas.

TP18. Resolver con herramientas de cinemática y con herramientas energéticas las siguientes cuestiones:

- Un cuerpo cae desde 3 metros de altura, cuál es la velocidad justo en el instante en el que toca el suelo.
- Se lanza hacia arriba un objeto, ¿hasta qué altura llegará?

Anexo 2

