



## Energías

O. de Melo

Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba; omelo@fisica.uh.cu

Recibido el 1/02/08. Aprobado en versión final el 1/4/08.

**Sumario.** En este trabajo se presentan las propiedades fundamentales de los diferentes tipos de energía y se aclaran algunos aspectos relacionados con las clasificaciones existentes. Se hace hincapié en la propiedad que posee la energía de conservarse en los procesos naturales así como en la existencia de sólo tres tipos de interacción en la naturaleza: la gravitatoria, la electro- débil y la nuclear. Se analizan críticamente algunas definiciones de energías con la intención de contribuir a que el lector pueda identificar qué es y qué no es una energía. Por último se valoran los adelantos esperados en el futuro en relación con el tema.

**Abstract.** In this work the main properties of different kind of energies are presented; some aspects related with existing energy classifications are clarified as well. Importance is conferred to the property of energy of being conserved in natural processes and also to the existence of only three types of interactions in nature: gravitational, electro- weak and nuclear. Some definitions of energy are analyzed to help the reader to identify what is and what is not an energy. Lastly, advances expected in the future in connection with the topic are evaluated.

**Palabras clave:** Energy conservation 45.20.dh, energy conversion 84.60.-h, mechanical energy 45.20.dg.

### 1 Introducción

El término energía, habiéndose originado dentro de la física, presenta hoy un uso muy extendido en el lenguaje cotidiano. Pero, ¿qué es en realidad la energía?

Es frecuente escuchar muy variadas denominaciones de lo que parecen ser tipos diferentes de energía: eólica, cinética, potencial, gravitatoria, química, nuclear, electromagnética, solar, hidráulica, etc. Estas denominaciones que efectivamente clasifican las energías, sin embargo mezclan diferentes maneras de hacerlo. Por ejemplo la energía eólica, es también cinética; la energía química es también electromagnética; la energía hidráulica puede ser también energía gravitatoria y también potencial. Porque como veremos más adelante las energías se pueden clasificar en un selecto y pequeño grupo de diferentes tipos.

Esta gran cantidad de nombres y esta confusión en las clasificaciones se presta a equívocos y pudiera llegar a pensarse, erróneamente que casi cualquier cosa puede considerarse como energía.

En este trabajo espero contribuir a que exista mayor

claridad en el tema de la energía, sus clasificaciones, sus orígenes, sus características fundamentales y sus transformaciones.

### 2 Una ley infalible

El concepto de energía surge dentro de la física esencialmente porque cumple con una propiedad muy importante: se conserva. Esto se traduce en que, para cualquier proceso natural, la energía en un dado momento del proceso es igual a la energía en cualquier otro. O siguiendo otra formulación: “en un sistema cerrado la energía permanece constante.” Hoy esto constituye lo que se conoce como un primer principio que es uno que no depende de ningún otro anterior. Se conoce también como uno de los dos Principios de la Termodinámica. Hasta hoy, ha resultado infalible, y su misma postulación es una consecuencia de cientos de años de observación del comportamiento de la naturaleza.

Cuando la conservación de la energía no estaba todavía establecida como ley, muchos inventores y hombres de ciencia realizaron propuestas de máquinas que fun-

cionaban violando el principio de conservación de la energía. Estas máquinas se llamaron máquinas de movimiento continuo.

En muchos casos, era muy difícil explicar en detalle por qué las máquinas no podrían funcionar por lo que las oficinas de patentes tenían un arduo trabajo cada vez que uno de estos inventos se presentaba. Actualmente no es así y en general las oficinas de patentes rechazan a priori todo invento o propuesta que suponga funcionar violando la conservación de la energía.

La energía sirve entonces sobre todo para contabilizar: lo que desaparece de energía aquí, debe encontrarse en algún otro lugar. Debido a esta ley de conservación, cuando estudiamos procesos naturales siempre aparece la necesidad de considerar las transformaciones de la energía. En ellos la energía continuamente se transforma de un tipo a otro y es inevitable cuando observamos que en cierto lugar “aparece” una energía, considerar de donde proviene, en que otro lugar se perdió, de que tipo es y como se transformó para llegar a su estado actual. En esto abundaré en el próximo epígrafe.

Por cierto, existen muchas magnitudes en la física que también se conservan como la carga eléctrica y el momento lineal por ejemplo. Existen otras que no se conservan. Por ejemplo, la entropía, que también aparece en la termodinámica es una magnitud que aumenta continuamente en vez de mantenerse constante. Esta última magnitud también ha ganado espacio en el lenguaje cotidiano últimamente y se usa a veces para significar desorden.

### 3 Los “apellidos” de la energía

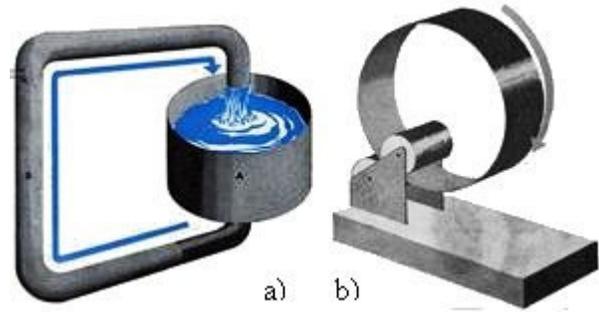
Cuando añadimos un “apellido” a la palabra energía, desde luego que la estamos especificando mejor. Por ejemplo el término cinética se refiere a la energía que tiene que ver con el movimiento. Un cuerpo que tiene una velocidad  $V$  y una masa  $M$ , posee una energía cinética  $E_c$  igual a:

$$E_c = \frac{1}{2} MV^2$$

También se presentan en la naturaleza las energías potenciales. Estas están siempre asociadas a un campo de fuerzas determinado. Aquí es preciso detenerse en un punto importante; en la naturaleza existen sólo tres tipos de fuerzas o interacciones diferentes: la gravitatoria, la electro-débil y la nuclear.

La interacción gravitatoria fue la primera descubierta allá por el siglo XVII. La teoría de esta interacción fue desarrollada por Isaac Newton (1642-1727)<sup>1</sup>; ella es la que explica la atracción universal debida a la masa de los cuerpos. Por razón de esta interacción los cuerpos caen sobre la tierra. También debido a esta interacción es que La Tierra y los demás planetas giran alrededor del Sol y la Luna y los satélites alrededor de La Tierra. Es una interacción más bien débil porque sólo alcanza valores apreciablemente altos para cuerpos inmensamente grandes como son por ejemplo el Sol y los planetas. Esta in-

teracción de lugar a la llamada energía potencial gravitatoria.



**Figura 1.** a) Supuesta máquina de movimiento continuo. El autor suponía que el agua podía subir por capilaridad a través de la tubería y caer en el recipiente lo que garantizaba la continuidad del proceso. Durante la caída del agua está podría mover unas aspas y generar energía ¡a costa de nada! b) Esta máquina consistía en un aro que tratando de caer hacia delante hacía rotar los dos cilindros que la sostenían.

La interacción actualmente llamada electro-débil es la unión de dos interacciones que fueron durante mucho tiempo consideradas independientes: la electromagnética y la débil. La teoría electromagnética se desarrolló mayormente durante la segunda mitad del siglo XIX gracias a los trabajos de muchos científicos entre los que sobresalen Michael Faraday (1791- 1867) y James Clerk Maxwell<sup>2</sup> (1831- 1879). De las tres interacciones es esta probablemente con la que más frecuentemente tenemos que ver. Es de este tipo la fuerza con que se atraen o repelen los cuerpos cargados eléctricamente, y también los imanes o los conductores con corriente. Es también la interacción que explica todas las fuerzas de contacto. En efecto, cuando un cuerpo presiona o golpea a otro, la fuerza que aparece es electromagnética debida a las interacciones entre los átomos que conforman cada uno de los cuerpos. Es también esta energía la que entra en juego en las reacciones químicas de cualquier tipo. Por eso es la que regula las funciones del cuerpo humano y los procesos que ocurren a nivel celular. Es también de origen electromagnético la energía de las radiaciones como la luz por ejemplo.

Al contrario de lo que sucede con las interacciones gravitatoria y electro- débil, la interacción nuclear no se aprecia en el mundo cotidiano con el que la mayoría de las personas estamos en contacto. Este tipo de interacción es la que explica la producción de energía a partir de la división (o fisión) de los núcleos de átomos pesados como el Uranio o también la debida a la unión (o fusión) de los núcleos de átomos ligeros como el Hidrógeno. Esa es la energía que se obtiene en las centrales nucleares, o la que se desprende en las llamadas armas atómicas. La teoría de esta interacción fue desarrollada a partir de los inicios del siglo XX y tiene mucho que ver con la famosa relación entre masa y energía primero encontrada por Albert Einstein (1879- 1955) en 1905<sup>3</sup>:

$$E = Mc^2.$$

En ella  $M$  representa la masa de una partícula y  $c$  la

velocidad de la luz. Como el valor de  $c$  es tan grande como 300 000 km/s, entonces de esta relación resulta que incluso de una masa muy pequeña puede obtenerse una inmensa cantidad de energía.

Cualquier interacción que apreciemos, cualquier energía de las que existen hoy, está asociada a alguna de estas tres interacciones. ¡No existe otra! Al menos a la luz de nuestro conocimiento actual. ¿Y a que responden entonces los otros apellidos de la energía? Pues responden a otro tipo de clasificación. Cuando nos referimos a la energía solar, o a la hidráulica o a la eólica por ejemplo estamos usando una clasificación que diferencia las energías de acuerdo a la fuente que las produce, pero no a su esencia misma. La energía solar es de origen electromagnético, la hidráulica proviene de la energía cinética del agua que a su vez en una cascada o caída de agua proviene de la interacción gravitatoria. La energía eólica procede de la energía cinética del movimiento ordenado de las moléculas de aire que al golpear las aspas de un molino les aplican una fuerza de origen electromagnético.

### 3 Definiciones

¿Qué hace falta para definir una energía de modo que esta definición sea útil para estudiar los procesos que la involucran? Tomemos el siguiente ejemplo.

Energía potencial gravitatoria. La energía potencial gravitatoria de un sistema formado por dos partículas esféricas cuyos centros se encuentran a una distancia  $R$  se define como:

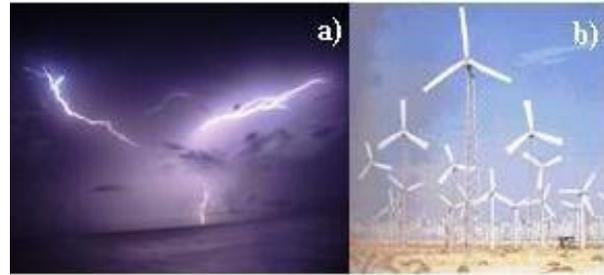
$$-\frac{GM_1M_2}{R} + U_0$$

donde  $M_1$  y  $M_2$  son las masas de las partículas,  $G$  es la constante de Cavendish y  $U_0$  es una constante arbitraria. La constante  $G$  fue determinada por primera vez por Lord Cavendish (1731- 1810) en 1798 usando una balanza de torsión y su valor es según resultados más actuales  $6,673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}$ .

Esta definición es de gran utilidad. Por ejemplo si se considera que sobre un cuerpo sólo actúa la fuerza gravitatoria (cosa que ocurre con muy buena aproximación en el movimiento de los satélites y planetas) entonces debe cumplirse que la suma de la energía potencial gravitatoria y la energía cinética del cuerpo se mantiene constante, o sea, se conserva. Esta consideración es la que permite predecir el movimiento de los satélites, de los planetas y de las naves espaciales. Por medio de esta ecuación se pueden predecir también con una sorprendente exactitud la posición de los planetas en un determinado momento; por medio de ella se puede colocar un satélite en órbita o un cohete en la luna o en otro planeta.

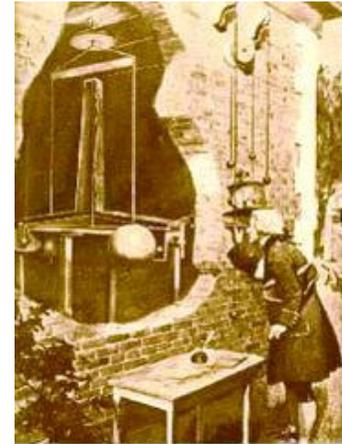
Observemos con atención nuestra definición. Puede no ser perfecta pero contiene algunos elementos esenciales como son los siguientes. En primer lugar posee una ecuación matemática. En segundo lugar da la posibilidad de medir su efecto, de detectar su presencia con algún instrumento. En tercer lugar se refiere a una de las tres

interacciones conocidas. En cuarto lugar permite considerar su transformación en otra.



**Figura 2.** a) Los rayos son una manifestación de energía de tipo electromagnética. Se producen debido a la presencia de nubes cargadas eléctricamente que producen una descarga eléctrica ya sea entre ellas mismas o con regiones en la superficie de la tierra que tienen carga opuesta. b) Los molinos de viento aprovechan la energía cinética de las moléculas del aire en movimiento ordenado, que gracias a una interacción electromagnética provocan una fuerza en sus aspas que las hace girar.

**Figura 3.** Lord Cavendish observando su experimento con la balanza de torsión. Este experimento fue considerado entre los 10 experimentos más bellos de la física según una encuesta realizada por la revista Physics World en 2002. ▶



Consideremos como contraparte una definición que he encontrado en Internet referente a una supuesta energía piramidal y que ha sido luego citada en publicaciones registradas oficialmente en Cuba.

*“Energía piramidal. Es la energía biocósmica acumulada en el centro de la pirámide. Esta energía se origina en su forma, surgiendo dentro, alrededor de su estructura y directamente de la misma, de muy diversas maneras. Estas vibraciones energéticas se van convirtiendo, juntas, en frentes de ondas. Por adición del ritmo o compás, surge la resonancia, la cual crea un movimiento de moléculas dentro de cualquier materia colocada en este campo energético, prolongándose por períodos indefinidos en dependencia de la consistencia de la materia.”*

Aún soslayando defectos de redacción, esta definición sufre de serios problemas que la hacen por lo menos inútil. En ella no aparece ninguna relación matemática que caracterice la energía que se está definiendo. Es cierto que la matemática no lo es todo. Pero es que la energía es un concepto físico que sin una definición matemática que lo respalde pierde la mayor parte de su interés. Por otra parte, el único atisbo que puede encontrarse a una transformación de la cual aparezca esta energía es la

mención de otra energía, la biocósmica, cuya definición tampoco es clara. Para ninguna de las dos supuestas energías se aclara con que tipo de interacción están relacionadas. ¿Serán de origen electromagnético?, ¿gravitatorio?, ¿nuclear? Nada se dice. Uno se queda pensando como se pudiera detectar la presencia de esta energía, pero esto tampoco aparece. ¿Servirá un detector de radiación electromagnética?; ¿una simple balanza?; ¿un contador Geiger? Nada se aclara. Nos encontramos delante de un conjunto de palabras que tal vez pudieran ser literatura, pero no ciencia. Lo que además de inútil puede calificar de dañina a esta definición es la inclusión de determinadas frases (vibraciones energéticas, frentes de onda, resonancia, moléculas y campo energético) escritas sin ningún concierto, que no quieren decir absolutamente nada. Estas frases tienen toda la apariencia de haber sido colocadas para dar una cierta imagen de credibilidad ante los ojos de las personas que no conocen la física con determinado nivel de profundidad. Esto generaría confusión y engaño, cosas más graves que la inutilidad desde luego, pero cuyo análisis se aparta de los objetivos específicos de este trabajo.

## 4 El futuro

El ejemplo de la energía piramidal no es único. Últimamente aflora con frecuencia la afición a la palabra energía como instrumento para explicar diferentes procesos, procedimientos, terapias, estados de ánimo, etc. Otro ejemplo son las llamadas energías positivas y negativas a las que supuestamente algunos achacan su estado de ánimo. Por cierto, anoto como una curiosidad que en general en la física el signo de una energía significa bastante poco ya que lo importante son las variaciones y no su valor mismo el cual es en general arbitrario. En todo caso “menos” y “mas” no tienen nada que ver con la calidad de la energía. Algunos de los que tratan de estas energías extrañas a la física sugieren que tal vez son los conocimientos físicos los que no son suficientes y las técnicas actuales las que no son capaces de detectar tales energías que son de un nuevo tipo no conocido anteriormente. En relación con esto deseo terminar el trabajo con algunos comentarios de lo que se pudiera esperar o no en el futuro próximo de la investigación en materia de energía.

Los problemas relacionados con el agotamiento de los recursos energéticos con que cuenta el hombre han dado lugar a una intensa investigación en torno a los temas energéticos desde hace ya algunas décadas. En ese sentido sería lógico esperar que en el futuro próximo continúen reportándose adelantos tanto científicos como tecnológicos en relación con el descubrimiento de formas más eficientes de obtener energía de las interacciones que ya se conocen.

Por otra parte ya desde comienzos de este siglo existe un profundo interés en la construcción de una teoría que abarque como un todo único las tres diferentes interacciones. Esto se conoce como unificación. Una unificación ya ocurrió en fecha relativamente reciente entre la interacción electromagnética y la interacción débil. Es muy difícil saber si estos esfuerzos culminarán o no con el éxito. Pero existe siempre la posibilidad de que alguno de los grupos que se dedican al tema lo logren.

El otro asunto sobre el cual se puede especular es el posible descubrimiento de un nuevo tipo de interacción, no conocida hasta ahora, no detectable con los medios actuales. Tal resultado implicaría una revolución gigantesca, no sólo en la física sino en la ciencia en general. Sobre esto me gustaría apuntar que: i) la última de las interacciones conocidas, la nuclear, se descubrió hace 100 años; y ii) no conozco de grupos científicos que esperen algo así; más bien la tendencia actual es a que se reduzcan y no a que se incrementen las interacciones diferentes conocidas.

## Referencias

- 
1. I. Newton, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687)
  2. J. C. Maxwell, *Treatise on Electricity and Magnetism*, Clarendon Press, Oxford (1873)
  3. A. Einstein, *Annalen der Physik*, 18, pp. 639-41 (1905)