El primer principio

Dario Moreno O.
Exprofesor Departamento de Física

El método de enseñanza personalizado Keller, aplicado en algunas universidades extranjeras y chilenas durante la década de los años setenta, sirvió para que muchos profesores crearan documentos para la enseñanza – aprendizaje de varias áreas de la Física. En esos escritos los autores intentaban llamar la atención de los lectores estudiantes, motivándolos para aprender y continuar con el estudio del tema. En este artículo les presentamos uno de ellos escrito por el profesor Darío Moreno (1928 – 2007) en el que explica socarronamente el primer principio de la termodinámica y su relación con el principio de conservación de la energía. Este artículo se utilizó en asignaturas de Física General y de Termodinámica en la formación de profesores de ciencias.

Hay muchas maneras de decir el primer principio de la termodinámica. No las revisaremos todas, pero sí algunas.

Empecemos con algunas ilustraciones familiares, recordando ciertas frustraciones de este mundo en que hay tantas cosas imposibles. Por ejemplo lo que ilustramos en la figura siguiente (Figura 1).

Eureka, Enseñanza de las Ciencias Físicas, diciembre 2013

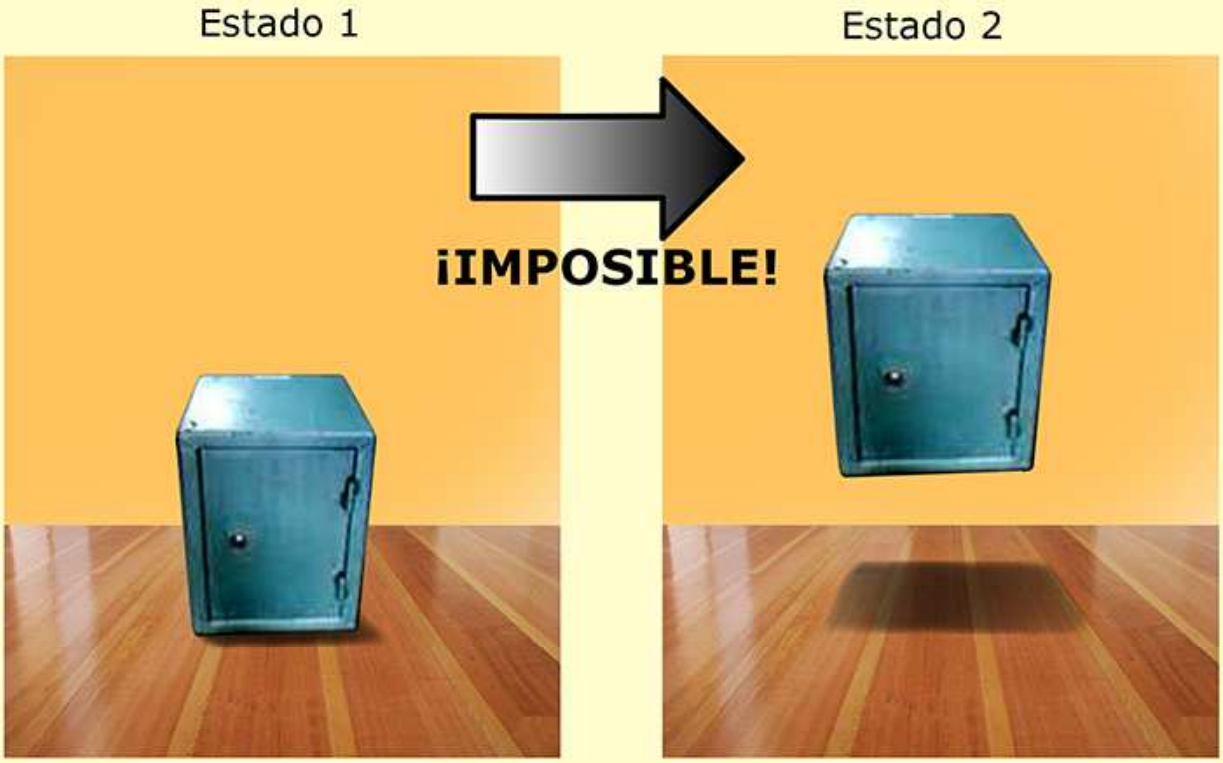


Figura1

Hemos pretendido dibujar una caja de fondos, que en el estado inicial se encuentra en el suelo. Es imposible que ésta suba "sola" hasta cierta altura.

Al decir que es imposible el paso del estado 1 al estado 2, no pretendemos negar la posibilidad de levantar cajas de fondo, lo que aseguramos es que es imposible que la caja de fondo suba y no ocurra nada más. En la práctica, cada vez que levantamos algo, ocurre algo más: se gasta combustible en la grúa, o en cierta represa baja una cantidad de agua o la cantidad de azúcar en los músculos de alguien cambia, etc.

Nótese que tampoco es posible el proceso inverso 2 $\longrightarrow$ 1. Nos explicamos: sabemos que las cajas de fondo pueden caer, pero siempre que ocurre esto ocurre algo más. Puede que se rompa el piso, se doble la caja, haya ruido, la caja y el piso se calienten un poco, etc. El proceso inverso al ilustrado en la Figura 1 es: cae la caja de fondos y no ocurre nada más. Esto es imposible.

Así como son imposibles los procesos que implicarían "creación de energía", tampoco son posibles los que "destruyen energía". Lo único que podemos hacer es disponer las cosas para que ciertos sistemas intercambien energía entre sí y que este intercambio nos beneficie.

Todo el mundo científico acepta lo anterior, sin embargo todos los días aparecen inventores que pretenden torcerle la nariz al principio de conservación de la energía. Especialmente han proliferado ahora opiniones como que se trate de crisis energética encontrando eco en cierta prensa. He aquí un procedimiento atractivo que se les ha ocurrido a muchos, ilustrado en la Figura 2

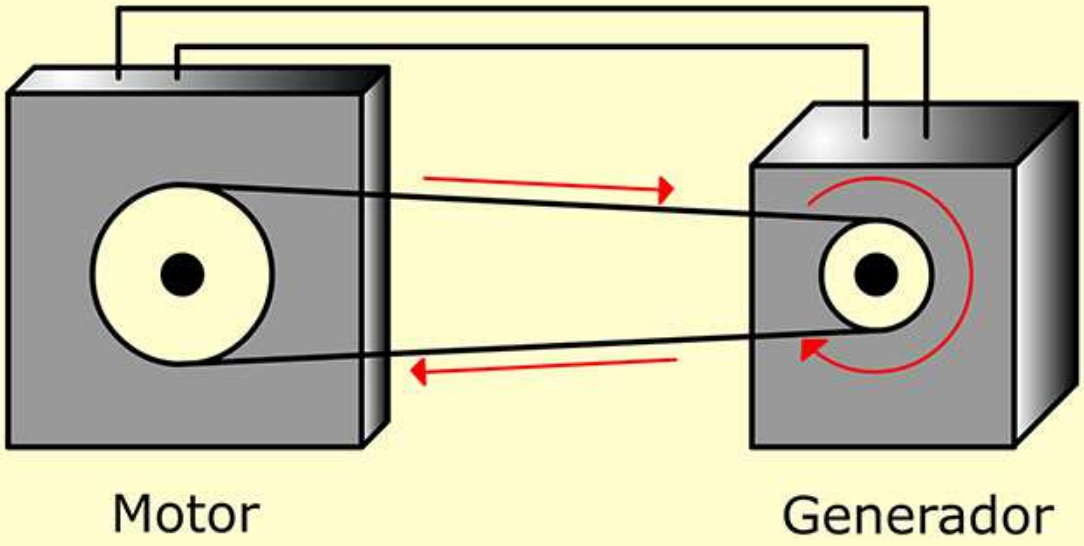
Acoplar un generador eléctrico a un motor eléctrico. La idea es la siguiente: el motor al girar hace funcionar el generador, de modo que si las conexiones de la salida del generador las unimos a los bornes de entrada del motor, después de empujarlo para que parta, el conjunto se automantendría en funcionamiento.

Hasta aquí la cosa no va mal, y de hecho se emplea este montaje para probar en la fábrica a los grandes generadores. Como es imposible eliminar completamente a los roces, al hacer estas pruebas hay que conectar una fuente de energía al conjunto. De todos modos al industrial esto le sale más barato que probarlos por separado.

El "sueño del inventor" es doble: por una parte, eliminar completamente los roces y por otra, sacar "unos cablecitos" del generador para alimentar con ellos lo que queramos, ampolletas, planchas eléctricas, etc.

Lo que usted debe darse cuenta es que aún si eliminásemos completamente el roce, no podemos sacar del conjunto más energía de la que pusimos. En principio, el problema está en "*sacar unos cablecitos…*".

"Los Cablecitos"



La energía total se conserva. La energía total es constante. Estos podrían considerarse como dos enunciados bastante decentes del primer principio de la termodinámica, aunque hay algunos que piensan que el principio de conservación de la energía es algo más amplio que el primer principio de la termodinámica.

Este asunto de que la energía de un sistema se mantiene constante ya lo habíamos encontrado antes, al estudiar mecánica. ¿Cuál es pues la novedad que aporta la termodinámica? La novedad reside en que la termodinámica generaliza el principio que enunciáramos en mecánica, incluyendo formas de transferencia de energía que antes no habíamos considerado. Una de las más comunes formas de transferencia de energía está asociada con la palabra "calor".

Entonces, si queremos mantener el principio de conservación de la energía, debemos concluir que entre el sistema y lo que lo rodea debe haber ocurrido una transferencia de energía mediante un "mecanismo" nuevo, distinto de los procedimientos adiabáticos ya considerados.

La experiencia muestra que este nuevo "mecanismo de transferencia" de energía comienza a operar en cuanto el sistema no está rodeado de una envoltura adiabática y entre el sistema y lo que lo rodea haya una diferencia de temperatura.

Aunque no es forzoso hacerlo, por inercia histórica, llamaremos "cantidad de calor" (y lo designaremos con la letra Q), a la diferencia entre el cambio de energía interna del sistema y el trabajo realizado

$$Q(1,2) \overset{\text{def}}{=} [U(2) - U(1)] - W \quad (1)$$

(Este es un buen momento para tomarse un respiro y leer la "parábola de la laguna" que está en el número 1 de Eureka: Enseñanza de las ciencias físicas. Búsquela.)

La expresión (1) es un enunciado simbólico del primer principio de la termodinámica. Se ve que el primer principio contiene varias partes:
a) afirma la existencia de la función energía interna,
b) define a Q, y
c) reafirma la fe en que la energía se conserva.

Quisiéramos insistir en que el proceso fundamental es el intercambio de energía entre los diversos sistemas. Tengamos presente además, que la energía no es una cosa, por más que los economistas hablan de los recursos energéticos del país, del mismo modo que hablan de los recursos forestales, minerales, etc. La energía tampoco es un fluido, ni un jugo ni nada material. La energía es un concepto. Desgraciadamente es un concepto casi imposible de definir con toda generalidad, y las definiciones que circulan por ahí son erróneas, o restringidas o tautológicas. Por ejemplo, puesto que nosotros estamos empleando el trabajo como una medida de las transferencias de energía, salta a la vista lo poco de definición que tiene el afirmar

que la "energía es la capacidad de efectuar trabajo". Además, por ser la energía un concepto nebuloso para mucha gente, goza de un gran prestigio y se le atribuyen las propiedades más maravillosas. La otra noche, en un programa de TV, una nave interplanetaria se envolvía con un blindaje "de energía". Era un blindaje transparente pero muy eficaz: el jovencito quedaba inmune a los bombardeos y cañonazos. Hay personas que nunca han visto fantasmas pero creen que existen; como tampoco han visto (comprendido) a la energía, suelen pontificar gravemente: "Los espíritus son energía pura".

A pesar de no ser la energía un ente material cósico (esta es una palabra nueva), como una representación pictórica de los acontecimientos se suele hablar del flujo de energía de un sistema a otro. A toda una gran familia de transferencias de energía las podemos medir a través del trabajo realizado, La termodinámica nos enseña qué hacer en esos casos de transferencias de energía a las cuales no podemos asociar fuerzas, ni torques, ni cargas eléctricas y diferencias de potencial. A ese tránsito de energía que ocurre en cuanto hay una diferencia de temperatura entre los sistemas en contacto, se lo llama "calor". La medida de la cantidad de energía transferida de este modo, se hace usando la relación

$$U_2 - U_1 = Q + W$$

Podría parecer que todo esto es un procedimiento curioso, circular, tautológico[1], inmoral. Algún escéptico podría decir ¡Muy bonito! Primero dogmáticamente se acepta que la energía se conserva. Luego definen el calor como aquello que hay que agregar de modo que "el balance semestral de las energías cuadre" y finalmente exclaman; ¡oh maravilla!, si incluimos el calor, la energía se conserva; ¡hemos descubierto una gran ley!"

A este escéptico podemos decirle que no está solo; lo acompaña al menos la opinión del famoso Henri Poincaré (ver su obra "Ciencia e hipótesis"). Ignoramos la opinión que hoy tendría Poincaré si siguiese vivo, pero en vida sostuvo (aproximadamente) que la energía es sólo una convención, construida para ajustarse a nuestra conveniencia y sin ningún significado más profundo.

Sin embargo, parece que hay algo más que una convención o que el hombre haya sido muy afortunado al formularla. Desde luego, el principio de conservación de la energía ha pasado por diversas crisis y de todas se ha salvado incólume.

El descubrimiento de la radioactividad produjo una de estas crisis. En un comienzo, cuando los Curie aún no habían medido la vida media del radium - al ver que la emisión de energía por éste no mostraba signo alguno de debilitarse – se dijo que el radium emitía en forma perpetua. Se usó precisamente esta palabra. Por otra parte, esta energía era bastante grande, sobre

1Tautología: Repetición de un mismo pensamiento expresado de distintas maneras (primera acepción de la RAE). Ver otra acepción en Wikipedia.

todo si se la compara con la energía liberada en las reacciones químicas. Aparentemente, pues, se estaba ante un proceso de creación de energía.

Pero los físicos son creyentes fieles. Para que vean hasta qué extremo los ha llevado la fe, Lord Kelvin llegó a sugerir que quizá había algún tipo de energía flotando por todo el espacio – energía que nosotros no podíamos detectar - pero que el radiun podía absorber y luego reemitir en forma detectable por nosotros.

Pero la crisis pasó. Se midió la vida media del radiun (más de mil años) y se conoció mejor el fenómeno de la radioactividad. El principio de conservación pasó la prueba, claro que con la ayuda decisiva del papelito que pasó Einstein ($E = c2\ \Delta m$), lo que parecería darle nuevas municiones a Poincaré.

Hubo otra crisis al descubrirse la radioactividad beta (emisión de electrones). Aquí el problema fue al revés; había una cierta cantidad de energía que no aparecía por ninguna parte. De nuevo los físicos llevaron su fe al extremo: para salvar el principio de conservación de la energía, inventaron (postularon es la palabra elegante y técnica) a unos fantasmas inaprensibles, los neutrinos. Eran estos, partículas sin carga eléctrica, masa cero y que se movían a la velocidad de la luz.

Pasaron muchos años en que esto de los neutrinos pareció solo un esfuerzo desesperado para conservar las conservaciones. Sin embargo, como homenaje al principio de conservación- mejor dicho a los físicos que los postularon, a y a los físicos que los "agarraron", ha de saberse que en la década de los 50 no solamente se detectó experimentalmente a estos esquivos fantasmas, sino que luego se mostró que los había de dos tipos: zurdos y no zurdos.

Un último comentario en esta discreción respecto al método de la física. Es cierto que cada vez que nos enfrentamos con una situación en que a primera vista falla el principio de conservación, el problema se resuelve inventando un "nuevo portador de energía". Hasta aquí nos ha ido bien. Además, siempre esta "nueva forma de energía" (no me gusta esta frase) ha encajado perfectamente en la estructura teórica vigente. Esto podría no ser una gran maravilla, pero lo que sí maravilla al menos un poco, es que de la existencia de la "nueva energía" se desprenden conclusiones verificables empíricamente, conclusiones que son independientes del principio de conservación mismo. Tomado en su totalidad, el principio de conservación de la energía y la noción misma de energía parecen ser algo más que una simple conveniencia, y parecen expresar una relación que está bajo nuestro control solamente en forma muy leve.