

LECTURA SOBRE LAS LEYES DE LA TERMODINAMICA

Las leyes de la termodinámica

Primera y segunda leyes de la termodinámica y cómo se aplican a sistemas biológicos.

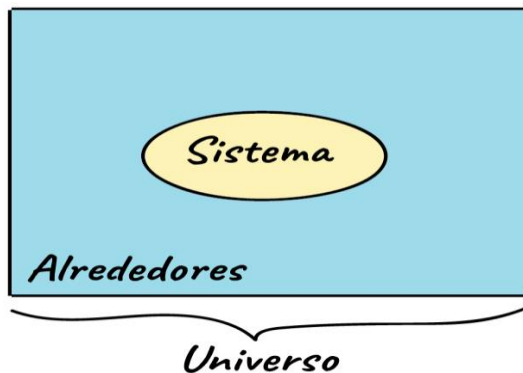
Introducción

¿Qué tipo de sistema eres: abierto o cerrado? Pues resulta que esta es una pregunta de física, no una filosófica. Tú, como todos los seres vivos, eres un sistema abierto, es decir, intercambias materia y energía con tu entorno. Por ejemplo, tomas energía química en forma de alimentos y realizas trabajo sobre tu entorno al moverte, hablar, caminar y respirar.

Todos los intercambios de energía que ocurren dentro de ti (como tus muchas reacciones metabólicas) y entre tú y tu entorno, pueden ser descritos por las mismas leyes de la física, como intercambios de energía entre objetos calientes y fríos o moléculas de gas o cualquier otra cosa que podrías encontrar en un libro de texto de física. Aquí, veremos dos leyes físicas —la primera y la segunda ley de la termodinámica— y veremos cómo se aplican a sistemas biológicos como tú.

Sistemas y sus alrededores

En la biología, la termodinámica se refiere al estudio de la transferencia de energía que se produce entre moléculas o conjuntos de moléculas. Cuando hablamos de termodinámica, el elemento o conjunto particular de elementos que nos interesa (que podría ser algo tan pequeño como una célula o tan grande como un ecosistema) se llama sistema, mientras que todo lo que no está incluido en el sistema que hemos definido se llama alrededores.



Por ejemplo, si calentaras una olla de agua en la estufa, el sistema podría incluir la estufa, la olla y el agua, mientras que los alrededores serían todo lo demás: el resto de la cocina, la casa, el vecindario, el país, el planeta, la galaxia y el universo. La decisión sobre qué es lo que se define como sistema es arbitraria (depende

del observador), y según lo que uno quiera estudiar, igual se podría considerar solo el agua, o toda la casa, como parte del sistema. El sistema y los alrededores en conjunto componen el universo.

Hay tres tipos de sistemas en la termodinámica: abierto, cerrado y aislado.

Un sistema abierto puede intercambiar energía y materia con su entorno. El ejemplo de la estufa sería un sistema abierto, porque se puede perder calor y vapor de agua en el aire.

Un sistema cerrado, por el contrario, solo puede intercambiar energía con sus alrededores, no materia. Si ponemos una tapa muy bien ajustada sobre la olla del ejemplo anterior, se aproximaría a un sistema cerrado.

Un sistema aislado es que no puede intercambiar ni materia ni energía con su entorno. Es difícil encontrarse con sistema aislado perfecto, pero una taza térmica con tapa es conceptualmente similar a un sistema aislado verdadero. Los elementos en el interior pueden intercambiar energía entre sí, lo que explica por qué las bebidas se enfrían y el hielo se derrite un poco, pero intercambian muy poca energía (calor) con el ambiente exterior. [¿Por qué se dice que una hielera es un sistema "cerrado"?)

Tú, como otros organismos, eres un sistema abierto. Estés o no consciente de ello, constantemente intercambias energía y materia con tu entorno. Por ejemplo, imagina que te comes una zanahoria o levantas una bolsa de ropa sucia o simplemente exhalas y liberas dióxido de carbono a la atmósfera. En cada caso, estás intercambiando energía y materia con tu entorno.

Los intercambios de energía que ocurren en seres vivos tienen que seguir las leyes de la física. En este sentido, no son diferentes de las transferencias de energía en, digamos, un circuito eléctrico. Veamos más de cerca cómo las leyes de la termodinámica (las reglas físicas sobre la transferencia de energía) se aplican a seres vivos como tú.

La primera ley de la termodinámica

La primera ley de la termodinámica piensa en grande: se refiere a la cantidad total de energía en el universo, y en particular declara que esta cantidad total no cambia. Dicho de otra manera, la Primera ley de la termodinámica dice que la energía no se puede crear ni destruir, solo puede cambiarse o transferirse de un objeto a otro.



Crédito de imagen: OpenStax Biología. Crédito de la fotografía "Helado": modificación de la obra de D. Sharon Pruitt; crédito de la fotografía "Niños en bicicletas": modificación de la obra de Michelle Riggen-Ransom y crédito de la fotografía "Hoja": modificación de la obra de Cory Zanker.

Esta ley puede parecer algo abstracta, pero si empezamos a ver los ejemplos, encontraremos que las transferencias y transformaciones de energía ocurren a nuestro alrededor todo el tiempo. Por ejemplo:

Los focos transforman energía eléctrica en energía luminosa (energía radiante).

Una bola de billar golpea a otra, lo que transfiere energía cinética y hace que la segunda bola se mueva.

Las plantas convierten la energía solar (energía radiante) en energía química almacenada en moléculas orgánicas.

Tú estas transformando la energía química de tu última comida en energía cinética cuando caminas, respiras y mueves tu dedo para desplazarte hacia arriba y hacia abajo por esta página.

Lo importante es que ninguna de estas transferencias es completamente eficiente. En cambio, en cada situación, parte de la energía inicial se libera como energía térmica. Cuando la energía térmica se mueve de un objeto a otro, recibe el nombre más familiar de calor. Es obvio que los focos de luz incandescente generan calor además de luz, pero las bolas de billar en movimiento también lo hacen (gracias a la fricción), como lo hacen las transferencias de energía química ineficientes del metabolismo vegetal y animal. Para ver por qué la generación de calor es importante, sigue leyendo sobre la segunda ley de la termodinámica.

La segunda ley de la termodinámica

A primera vista, la primera ley de la termodinámica puede parecer una gran noticia. Si la energía nunca se crea ni se destruye, eso significa que la energía puede simplemente ser reciclada una y otra vez, ¿cierto?

Pues... sí y no. La energía no puede ser creada ni destruida, pero puede cambiar de formas más útiles a formas menos útiles. La verdad es que, en cada transferencia o transformación de energía en el mundo real, cierta cantidad de energía se convierte en una forma que es inutilizable (incapaz de realizar trabajo). En la mayoría de los casos, esta energía inutilizable adopta la forma de calor.

Aunque de hecho el calor puede realizar trabajo bajo las circunstancias correctas, nunca se puede convertir en otros tipos de energía (que realicen trabajo) con una eficiencia del 100%. Por lo que cada vez que ocurre una transferencia de energía, cierta cantidad de energía útil pasa de la categoría de energía útil a la inútil.

El calor aumenta lo aleatorio del universo

Si el calor no realiza trabajo, entonces ¿qué hace exactamente? El calor que no realiza trabajo aumenta la aleatoriedad (desorden) del universo. Esto puede parecer un gran salto de lógica, así que vamos a dar un paso atrás y ver cómo puede ser.

Cuando tienes dos objetos (dos bloques del mismo metal, por ejemplo) a diferentes temperaturas, tu sistema está relativamente organizado: las moléculas están separadas por velocidad, en el objeto más frío se mueven lentamente y en el objeto más caliente se mueven rápidamente. Si fluye calor del objeto más caliente hacia el objeto más frío (como sucede espontáneamente), las moléculas del objeto caliente disminuyen su velocidad, y las moléculas del objeto frío aumentan su velocidad, hasta que todas las moléculas se estén moviendo a la misma velocidad promedio. Ahora, en lugar de tener moléculas separadas por su velocidad, simplemente tenemos un gran conjunto de moléculas a la misma velocidad, una situación menos ordenada que nuestro punto de partida.

El sistema tenderá a moverse hacia esta configuración más desordenada simplemente porque es estadísticamente más probable que la configuración de temperaturas separadas (es decir, hay muchos más estados posibles que corresponden a la configuración desordenada). Puedes explorar más este concepto en los videos de este tutorial o en este sencillo video de física.

La entropía y la segunda ley de la termodinámica

El grado de aleatoriedad o desorden en un sistema se llama entropía. Puesto que sabemos que cada transferencia de energía resulta en la conversión de una parte de energía en una forma no utilizable (como calor) y que el calor que no realiza trabajo se destina a aumentar el desorden del universo, podemos establecer una versión relevante para la biología de la segunda ley de la termodinámica: cada transferencia de energía que se produce aumentará la entropía del universo y reducirá la cantidad de energía utilizable disponible para realizar trabajo (o en el caso más extremo, la entropía total se mantendrá igual). En otras palabras, cualquier proceso, como una reacción química o un conjunto de reacciones conectadas, procederá en una dirección que aumente la entropía total del universo.

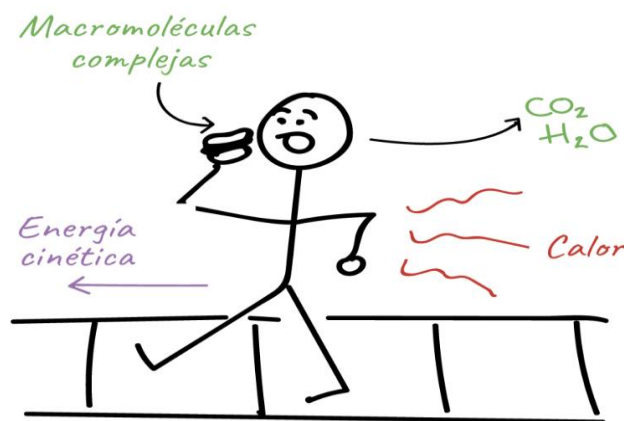
[Haz clic aquí para ver algunas implicaciones alucinantes de la segunda ley!]

Para resumir, la primera ley de termodinámica habla sobre la conservación de la energía entre los procesos, mientras que la segunda ley de la termodinámica trata sobre la direccionalidad de los procesos, es decir, de menor a mayor entropía (en el universo en general).

La entropía en los sistemas biológicos

Una de las implicaciones de la segunda ley de la termodinámica es que, para que un proceso se lleve a cabo, de algún modo debe aumentar la entropía del universo. Esto inmediatamente puede plantear algunas preguntas cuando se piensa en organismos vivos, como tú. Después de todo ¿acaso no eres un conjunto de materia bastante ordenado? Cada célula de tu cuerpo tiene su propia organización interna; las células se organizan en tejidos y los tejidos en órganos; y todo tu cuerpo sostiene un cuidadoso sistema de transporte, intercambio y comercio que te mantiene vivo. Así, a primera vista, puede no ser claro cómo tú o incluso una simple bacteria representan un aumento en la entropía del universo.

Para aclarar esto, revisemos los intercambios de energía que ocurren en tu cuerpo cuando caminas, por ejemplo. Al contraer los músculos de las piernas para mover tu cuerpo hacia delante, estás utilizando energía química de moléculas complejas, como la glucosa, y la conviertes en energía cinética (y, si estás caminando cuesta arriba, energía potencial). Sin embargo, esto lo haces con eficiencia muy baja: una gran parte de la energía de tus fuentes de combustible simplemente se transforma en calor. Parte del calor mantiene tu cuerpo caliente, pero gran parte se disipa en el ambiente circundante.



Esta transferencia de calor aumenta la entropía del entorno, al igual que el hecho de que tomas grandes y complejas biomoléculas y las conviertes en muchas pequeñas moléculas simples, como dióxido de carbono y agua, cuando metabolizas el combustible para poder caminar. Este ejemplo utiliza a una persona en movimiento, pero lo mismo sería válido para una persona, o cualquier otro organismo, en reposo. La persona u organismo mantendrá cierta tasa basal de actividad metabólica que causa la degradación de moléculas

complejas en otras más pequeñas y numerosas junto con la liberación de calor, lo que aumenta la entropía del entorno.

Dicho en términos más generales, los procesos que disminuyen localmente la entropía, como aquellos que construyen y mantienen los altamente organizados cuerpos de los seres vivos, sí pueden ocurrir. Sin embargo, esta disminución local de la entropía puede ocurrir solamente con un gasto de energía y parte de esa energía se convierte en calor u otras formas no utilizables. El efecto neto del proceso original (disminución local de la entropía) y de la transferencia de energía (aumento en el entorno de la entropía) es un incremento global en la entropía del universo.

En resumen, el alto grado de organización de los seres vivos se mantiene gracias a un suministro constante de energía y se compensa con un aumento en la entropía del entorno.

TOMADO DE:

<https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/cellular-energy/a/the-laws-of-thermodynamics>