

TERMODINÁMICA Y MEDICINA

Dolores Esther Villanueva Zambrano¹

¹Medico Pediatra, Docente Universitaria en áreas de Ciencias Dinámicas, de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Ricardo Palma

dolores.villanuevaz@urp.pe

RESUMEN

El término "termodinámica" fue usado por primera vez por W. Thomson en 1850 y se origina de las palabras griegas "thermos" (calor) y "dinos" (poder o fuerza). La termodinámica estudia los procesos de intercambio de energía en sus diversas formas, la relación entre estos procesos y la temperatura.

Las leyes de la termodinámica se aplican a todos los campos de la ciencia, lo que hace que su interpretación parezca difícil, sin embargo se considera que la termodinámica es el recurso científico más ampliamente utilizado, porque su entendimiento permite al ser humano una adecuada comprensión de la existencia en relación a su entorno y al universo.

El conocimiento de la termodinámica se hace indispensable para el estudiante de medicina, considerando que el estudio del ser humano implica el estudio de la estructura de la materia en relación con el ecosistema incluyendo el universo.

PALABRAS CLAVE: Termodinámica, Procesos termodinámicos, Principio de Margalef, Termodinámica Estadística

ABSTRACT

The term "thermodynamics" was first used by W. Thomson in 1850 and originates from the Greek words "thermos" (heat) and "dinos" (power or force). Thermodynamics studies the processes of energy exchange in its various forms, the relationship between these processes and temperature.

The laws of thermodynamics apply to all fields of science, which makes its interpretation difficult, but thermodynamics is considered the most widely used scientific resource, because its understanding allows the human being an adequate understanding of the existence in relation to its environment and the universe.

The knowledge of thermodynamics becomes indispensable for the medical student, considering that the study of the human being involves the study of the structure of matter in relation to the ecosystem including the universe.

KEY WORDS: Thermodynamics, Thermodynamic Processes Principle of Margalef, Statistical Thermodynamics

1. INTRODUCCION

El presente documento es un artículo de revisión académica, que tiene por finalidad facilitar los conceptos de temas que pudieran ser considerados como complejos por el estudiante que ingresa a la carrera de medicina humana.

La Termodinámica es un área de la ciencia que interpreta fenómenos naturales estableciendo la relación entre materia y energía. La termodinámica surgió en los siglos XVIII como consecuencia de la búsqueda de la eficiencia de las maquinas a vapor, se dice que la termodinámica, ha sido estudiada históricamente en un total de 250 años, aunque inicialmente no tuviera ese nombre. El término "termodinámica" es de origen griego y proviene de dos palabras de raíz: "termo", que significa calor y "dinámicos", que significa la energía en movimiento.

La termodinámica es la ciencia que se ocupa del estudio de la transformación de la energía en relación al calor y se expresa mediante sus principios o leyes, desarrolladas en sistemas macroscópicos, sin embargo la termodinámica ha ido evolucionando de acuerdo al avance de la ciencia y la tecnología generando el estudio en sistemas microscópicos a nivel de moléculas y subpartículas atómicas, mediante la termodinámica estadística y mecánica cuántica.

Este trabajo lleva consigo informes de revisión e interpretación así como deducciones propias, que permiten al estudiante una visión panorámica del comportamiento de la ciencia tratando de dar respuesta a las interrogantes de la humanidad consciente.

2. CUERPO DEL ARTÍCULO

La termodinámica es un área de la ciencia explicada desde la física y la biofísica, de mucha importancia para entender a los seres vivos en cuanto a su origen, su función y las diversas fases de su desarrollo vital, esa es la razón por la cual se convierte en uno de los temas base de la carrera médica, permitiendo que el estudiante evalúe el panorama de la vida desde un enfoque científico, más aun cuando se integra con química y biología.

La termodinámica estudia a la energía, su almacenaje y sus diferentes transformaciones; en particular, la transformación de la energía calorífica en otras formas de energía y viceversa. En la actualidad existen dos enfoques para el estudio de la Termodinámica que permiten una comprensión integral de las relaciones de masa y energía.

El enfoque macroscópico que estudia la materia sin ocuparse demasiado de su composición de partículas. Esto se conoce generalmente como "Termodinámica clásica", porque sus contenidos son principalmente son los que se desarrollaron en las primeras

etapas de esta ciencia. Y por supuesto la mayor parte de los textos básicos de Termodinámica exponen la Termodinámica clásica.

El enfoque microscópico en cambio que se ocupa de la composición de la materia esto es en cuanto a sus partículas y, con la ayuda de la mecánica estadística y otras técnicas, elabora modelos de los agentes termodinámicos que se usan principalmente en la estimación de las propiedades de sustancias puras.

Con respecto a la termodinámica existe históricamente, un proceso evolutivo que se remonta a explicar la aparición de algunos conceptos como: el calor, la temperatura, la calorimetría o la termometría. Sin embargo la llamada Termodinámica Clásica suele tomarse en 1824, cuando Carnot publica su obra, "Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia", donde aporta la idea del ciclo termodinámico y su optimización, posteriormente una serie de brillantes científicos aporta avances importantes entre ellos: Ericson, Mayer y Joule, Kelvin, Clausius, Bunsen, Rankine, Maxwell, Boltzmann, Gibbs.



(París, 1796-id., 1832) Ingeniero y científico francés. Describió el ciclo térmico que lleva su nombre (ciclo de Carnot).

El Ciclo de Carnot es un ciclo reversible que consta de cuatro tramos: dos a temperatura constante (isotérmicos), y dos sin absorción ni cesión de calor (adiabáticos). La finalidad del planteamiento fue mantener la energía invertida al inicio del ciclo, evitando la pérdida de energía, sin embargo no se cumple, por lo cual motivo la deducción del 2do segundo principio de la termodinámica.

La termodinámica, como ciencia de la transformación de la energía, fue adaptada a diferentes áreas científicas como la química y la biología, cuyos investigadores entendían que las reacciones estudiadas o los cambios en los seres vivos implicaban una transformación de la energía, sin embargo en ese momento histórico, aún no se conocía que impulsaba una reacción o que determina su fin y no estudiaba mecanismos ni velocidades. La integración de la termodinámica en la química y la biología permitió la generación de nuevos estudios como la termoquímica y la bioquímica, con el uso de nuevos conceptos para ese momento como "reacciones endotérmicas y exotérmicas" o metabolismo, anabolismo y catabolismo. La termodinámica, como herramienta analítica de fenómenos naturales desde el punto de vista de las relaciones de materia y energía, generó modelos idealizados que permitieran la explicación de la transformación de la energía y sus relaciones:

Sistema termodinámico

Es un concepto abstracto, referido a una porción del universo escogido, para el estudio de la transformación de la energía, sería una parte del universo que deseamos conocer en cuanto a una consideración termodinámica: Ej. El sol, la Tierra, una persona, un órgano, una célula, etc. El sistema puede recambiar diversas formas de energía ya sea calor o materia con el entorno o medio ambiente y de acuerdo a la permeabilidad de su frontera los sistemas se clasifican en:

Un sistema abierto, es donde la materia, el calor y el trabajo pueden atravesar libremente.

Un sistema cerrado, impide el pasaje de materia y permite el pasaje de calor y trabajo.

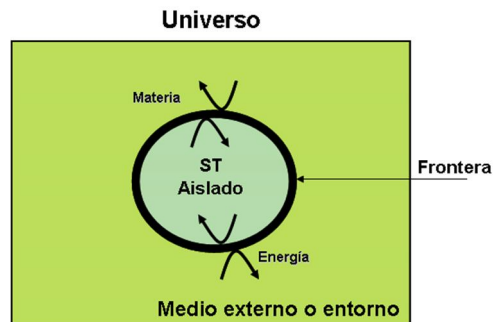
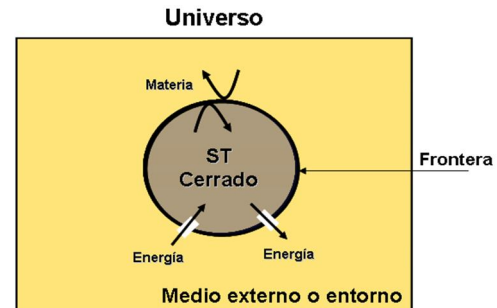
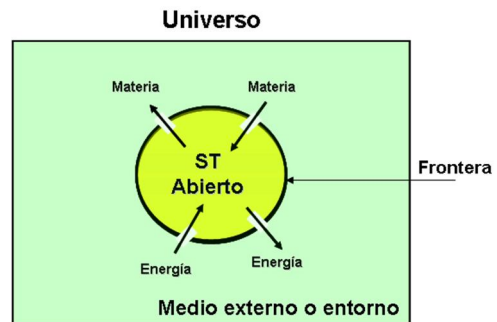
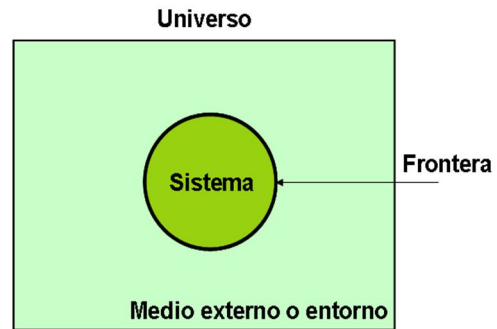
Un sistema adiabático, se permite el pasaje de trabajo y se impide el pasaje de calor y materia.

Un sistema aislado, impide el pasaje de materia, calor y trabajo.

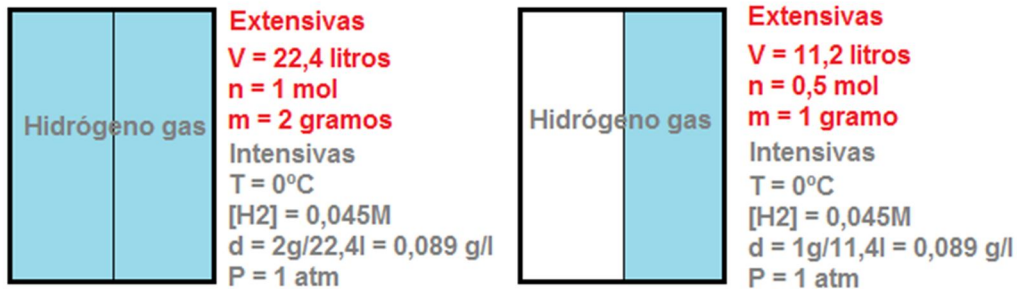
PROPIEDADES DEL SISTEMA

Propiedad es cualquier magnitud física evaluable de un sistema, es decir medible. Cada sistema puede ser referido en función de un pequeño número de variables de estado o propiedades. Solamente pueden ser clasificadas como propiedades aquellas características del sistema que no dependen de la forma en que fue adquirida. En otras palabras, una propiedad del sistema no depende de la historia del sistema ni de su entorno, sino de las condiciones del mismo en el momento de la medida. Las propiedades pueden ser extensivas o intensivas.

Propiedades extensivas, son aquellas que **dependen del tamaño del sistema**, por ejemplo: la **masa**, el **volumen**, y todas las clases de **energía**, son propiedades extensivas o aditivas, de manera que cuando las partes de un todo se unen, se obtiene el valor total. Para designar las propiedades extensivas se utilizan letras mayúsculas (la masa m es una excepción importante).



Las **propiedades intensivas** son aquellas que son propias del sistema, es decir **no dependen del tamaño del sistema**, si un sistema se divide en dos partes, una propiedad intensiva mantiene el mismo valor en cada parte que poseía en el total, por lo tanto se definen en un punto. Son independientes del tamaño, masa o magnitud del sistema: **por ejemplo la presión, temperatura, viscosidad y altura.**



Los sistemas además también se califican como **homogéneo y heterogéneo**:

Sistemas Homogéneos: Cuando el conformarte del sistema es uniforme y presenta un solo estado: Sólido, Líquido, Gaseoso, Solución

Sistemas Heterogéneos: Cuando el sistema presenta 2 o más fases homogéneas en su conformación



PROCESOS TERMODINÁMICOS

Un proceso termodinámico es el camino que conecta dos estados termodinámicos diferentes y debe transcurrir desde un estado de equilibrio inicial a otro final; es decir, que las magnitudes que sufren una variación al pasar de un estado a otro deben estar perfectamente definidas en dichos estados inicial y final.

Si el estado inicial y el estado final están infinitesimalmente próximos se dice que el cambio de estado es infinitesimal y cualquiera de los caminos que los une es un proceso infinitesimal. Si los estados inicial y final coinciden se dice que el proceso es cíclico. Los procesos disipativos, son los que transforman la energía mecánica en energía térmica si la energía de un sistema es degradada en forma de calor se dice que es disipativo.

Un proceso se dice que es cuasi estático no disipativo o reversible cuando es secuencia continua de estados de equilibrio. Son procesos ideales de modo que al invertirlos y regresar al estado inicial, tanto el sistema como el resto del universo vuelven a sus respectivos estados de partida sin ningún cambio. (Idealmente el ciclo de Carnot)

Se denomina proceso irreversible a todo aquel que no es reversible. Cualquier proceso real es irreversible. Se dice que un sistema pasa por un proceso termodinámico, o transformación termodinámica, cuando al menos una de las coordenadas termodinámicas no cambia.

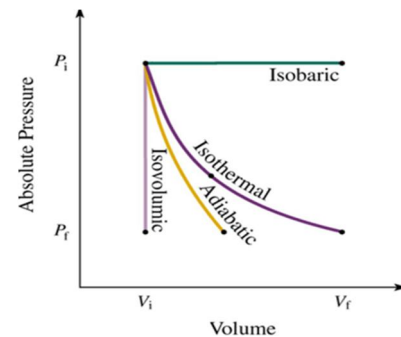
Los procesos más importantes son:

Isotérmico: a temperatura constante

Isobárico: a presión constante

Isocórico: a volumen constante

Adiabático: que no intercambia calor con su entorno

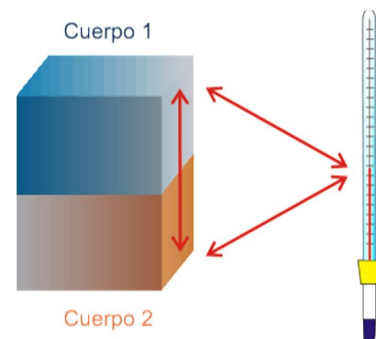


PRINCIPIOS DE LA TERMODINAMICA

EL PRINCIPIO CERO, de la termodinámica es una ley aplicada para sistemas que se encuentran en equilibrio térmico. Fue formulado por primera vez por Ralph H. Fowler. El principio establece que existe una propiedad, denominada temperatura empírica, que es común para todos los estados de equilibrio que se encuentren en equilibrio mutuo

“Si dos sistemas están por separado en equilibrio con un tercero, entonces también deben estar en equilibrio entre ellos”

Si tres o más sistemas están en contacto térmico y todos juntos en equilibrio, entonces cualquier par está en equilibrio por separado. El concepto de temperatura se basa en este principio cero



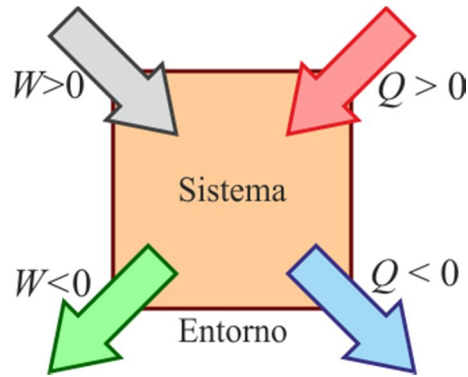
PRIMER PRINCIPIO, de la termodinámica o primera ley de la termodinámica, se basa en los estudios de James Prescott Joule, quien en 1840 desarrollo experimentos en el tema de la energía, y demostró la equivalencia entre el calor y la energía mecánica. Joule calculó además la relación numérica entre ambos, consiguiendo dar un enunciado muy sólido del principio de conservación de la energía, lo cual se sumó a los aportes de William Thomson, sirviendo de base para la formulación de la **ley de la conservación de la energía**, la que afirma que la cantidad total de energía en cualquier sistema físico aislado permanece invariable en el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía. En resumen, la ley de la conservación de la energía afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, sólo se puede cambiar de una forma a otra y en termodinámica, constituye el primer principio de la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica, es la aplicación a procesos térmicos de este principio y relaciona el trabajo y el calor transferido intercambiado en un sistema a través de una nueva variable termodinámica, la energía interna. Dicha energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma.

La energía interna, de un sistema es una caracterización macroscópica de la energía microscópica de todas las partículas que lo componen. Un sistema está formado por gran cantidad de partículas en movimiento. Cada una de ellas posee energía cinética, por encontrarse a una determinada velocidad, energía potencial gravitatoria por encontrarse en determinadas posiciones unas con respecto a otras, energía potencial elástica por vibrar en el interior del sistema. Existen, además, otros tipos de energía asociadas a las partículas microscópicas tales como la energía química o nuclear. En definitiva, en el interior de un sistema conviven distintos tipos de energía, asociadas a las partículas microscópicas que los componen y que forman su energía interna.

En termodinámica la **energía interna** de un sistema (U) es una variable de estado y representa la suma de todas las energías de las partículas microscópicas que componen el sistema. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el julio (J).

La primera ley de la termodinámica establece una relación entre la energía interna del sistema y la energía que intercambia con el entorno en forma de calor o trabajo. Esta ley determina que la energía interna de un sistema aumenta cuando se le transfiere calor o se realiza un trabajo sobre él. El calor y el trabajo no se refieren a estados del sistema, sino a procesos que transforman un estado en otro, por ello no son funciones de estado. El calor y el trabajo son expresiones algebraicas, por ello el trabajo, es negativo cuando es realizado por el sistema y positivo cuando se realiza sobre el sistema, asimismo el calor es positivo si es absorbido por el sistema desde el ambiente y negativo si es cedido al ambiente.



- $Q > 0$ el sistema recibe calor del entorno
- $Q < 0$ el sistema cede calor al entorno
- $W < 0$ el sistema cede energía en forma de trabajo al entorno
- $W > 0$ el sistema recibe energía en forma de trabajo del entorno

- ΔU : Incremento de energía interna del sistema ($\Delta U = U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}}$). Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el julio (J)
- Q : Calor intercambiado por el sistema con el entorno. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el julio (J), se suele usar la caloría (cal). $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$
- W : Trabajo intercambiado por el sistema con el entorno. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el julio (J)

Al igual que todos los principios de la termodinámica, el primer principio se basa en sistemas en equilibrio. En un sistema aislado, en el que no se intercambia energía con el exterior, nos queda: $\Delta U=0$, el universo en su totalidad se podría considerar un sistema aislado, y por tanto, su energía total permanece constante.

La energía interna es una función de estado donde la variación de energía interna solo depende de los estados inicial y final, $\Delta U = U_f - U_i$, y no del camino que siguió el proceso.

SEGUNDO PRINCIPIO, de la termodinámica o segunda ley de la termodinámica, establece que, si bien todo el trabajo mecánico puede transformarse en calor, no todo el calor puede transformarse en trabajo mecánico y la explicación se basa en el concepto de irreversibilidad y al de entropía. La segunda ley de la termodinámica se expresa en varias formulaciones equivalentes:

Kelvin - Planck

No es posible un proceso que convierta todo el calor absorbido en trabajo.

Rudolf Clausius

No es posible ningún proceso cuyo único resultado sea la extracción de calor de un cuerpo frío a otro más caliente.

La segunda ley de la termodinámica nos habla que ninguna transformación de energía es 100% eficiente, en cada transformación hay pérdida de energía, en forma de calor por tanto, la energía se va perdiendo cada vez más en forma irre recuperables.

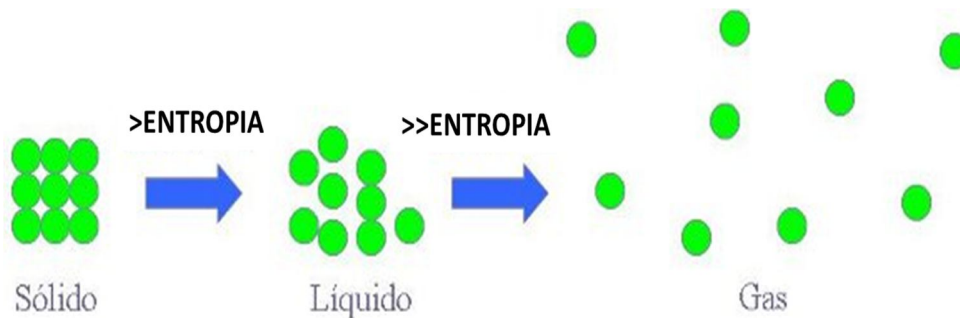
Irreversibilidad, concepto que se aplica a procesos no reversibles en el tiempo. Desde esta perspectiva termodinámica, todos los procesos naturales son irreversibles. El cambio de estado de un sistema termodinámico implicaría la variación de su estructura atómica, molecular y en dicho cambio existe un trabajo que al efectuarse comprende cierta pérdida o disipación de energía calorífica, atribuible al rozamiento intermolecular y a colisiones, dicha energía no es recuperable.

Entropía (S), palabra procedente del griego, significa evolución o transformación. Rudolf Clausius, le dio el nombre en 1850 y Ludwig Boltzmann, en 1877, encontró la manera de expresar matemáticamente. La entropía es una variable de estado, asociada a la probabilidad de que un determinado estado ocurra en un sistema. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos. La entropía es un proceso irreversible: No implica que el sistema no pueda volver a su estado inicial, solo que no es posible volver por el mismo camino.

El concepto de “entropía” es equivalente al de “desorden”. Así, cuando decimos que aumentó la entropía en un sistema, significa que creció el desorden en ese sistema y a la inversa: si en un sistema disminuye la entropía, significa que disminuyó su desorden. La entropía también es una magnitud que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para realizar un trabajo.

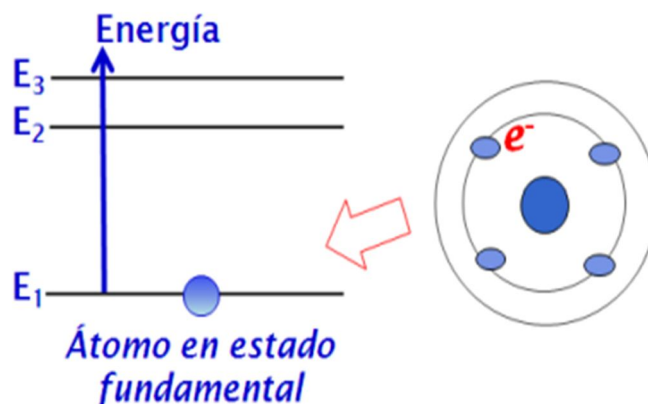
La medida de la entropía permite establecer el “orden” que posee un sistema en determinada instancia, respecto al que poseía o pudo haber poseído en otra. Por lo que la entropía es el cambio de condiciones de un sistema. Así, podría determinarse la diferencia de “entropía” para la formación o constitución de un sistema a partir de sus componentes desagregados, y también para cualquier proceso que pueda ocurrir en un sistema ya constituido. El grado de desorden que poseen las moléculas de un cuerpo, se obtiene $S = S_{\text{inicial}} - S_{\text{final}}$

El concepto de entropía, también es tratado por otras ramas de la física, sobre todo por la mecánica estadística y la teoría de la información, queda ligado al grado de desorden de la materia y la energía de un sistema.



TERCER PRINCIPIO de la termodinámica, o tercera ley de la termodinámica, fue desarrollada por el químico Walther Nernst durante los años 1906-1912 y se considera como una extensión de la segunda ley, al relacionarse con la determinación de los valores de la entropía, así pues en un sistema gaseoso por ejemplo, las moléculas estarán en máximo movimiento y en el mayor desorden, pero si comenzamos enfriar el gas, las moléculas disminuirán su movimiento y perderán su capacidad de desorden, si lo seguimos enfriando, las moléculas del gas seguirán perdiendo entropía, cada vez tendrán menos movimiento y en el cero absoluto dejaran de moverse. Luego en ese punto la $S=0$. De acuerdo con el tercer principio de la termodinámica un sistema a temperatura de cero absoluto se encuentra en su estado fundamental, ya que su entropía se determina por la degeneración del estado fundamental. Según la tercera ley de la termodinámica, el cero absoluto es un límite inalcanzable.

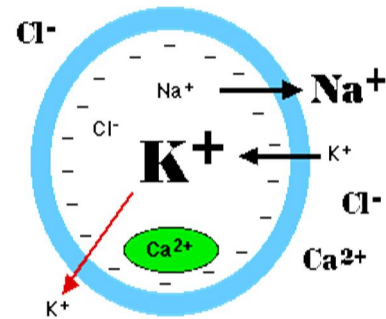
Estado fundamental de un sistema, representa su estado de energía más bajo posible; la energía del estado fundamental se conoce también como la energía de punto cero del sistema. Por estado excitado se entiende a cualquier estado con energía superior a la del estado fundamental. El estado fundamental en teoría cuántica de campos se conoce comúnmente como vacío cuántico o vacío.



TERMODINAMICA EN SERES VIVOS: EL HOMBRE Y EL ECOSISTEMA

Desde la termodinámica la vida es un proceso irreversible y el ser humano, es un sistema abierto, que intercambia materia y energía con su entorno mediante un proceso isotérmico, porque consume energía en forma de nutrientes y desarrolla un trabajo interno y externo respecto al sistema. El trabajo interno lo realiza mediante el metabolismo cumpliendo funciones de reacción química, para degradar moléculas en el catabolismo o para conformar moléculas en el anabolismo y en ambos casos se libera calor hacia el entorno, dicho calor permite mantener su temperatura constante en 37°C .

La primera ley de la termodinámica nos dice que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma y al igual que todos los principios de la termodinámica, se basa en sistemas en equilibrio. Pero **los seres vivos no son sistemas en equilibrio**, así lo demuestra la célula que para estar en funciones de vida requiere de condiciones diferenciadas entre los compartimentos del intra y extracelular

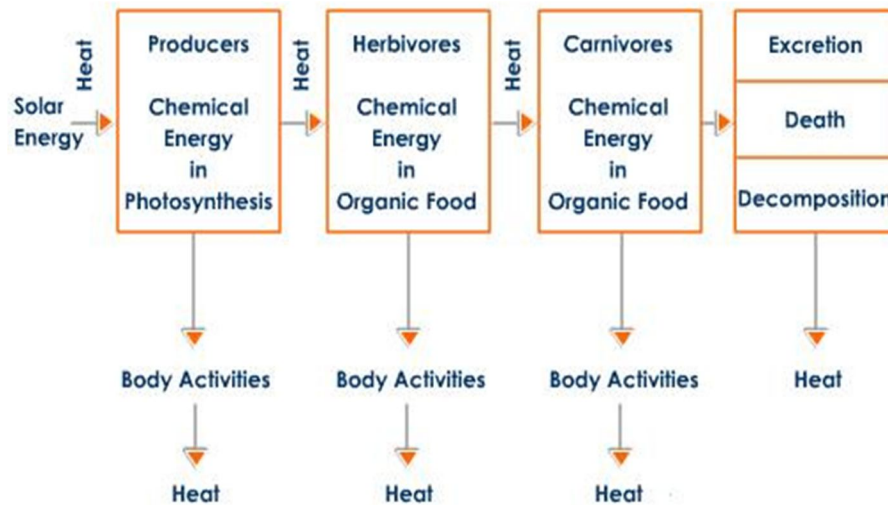


Debemos tener en cuenta a partir de la aplicación conceptual de la termodinámica en los seres vivos se considera que:

- La energía no está contenida en el sistema
- El concepto de energía solo indica la capacidad del sistema para transformar otras formas de energía en trabajo útil
- La célula es un sistema abierto, heterogéneo, que no se encuentra en equilibrio cuya forma útil de energía es la Energía Libre y la forma menos útil es el Calor
- La célula es una maquina química que transforma energía en condición isotérmica (y de alguna manera también en condición Isobárica)
- Salud: manejo óptimo de la energía por la célula.
- Enfermedad: manejo inadecuado de la energía.
- Muerte: Pérdida del manejo de la energía por la célula.

La primera ley de la termodinámica se aplica al flujo de energía de los ecosistemas los que presentan intercambios de materia y energía en los organismos y plantas. La fuente de energía que sostiene el planeta tierra es el sol, y son las plantas verdes (con clorofila), las que transforman la energía lumínica en energía química. La energía química en forma de glucosa almacenada por las plantas, es utilizada por la misma planta para su respiración celular y en este proceso se rompen enlaces y la energía se libera en forma de calor, lo cual correlaciona con la segunda ley de la termodinámica cuando dice que la energía se va perdiendo cada vez más en forma irrecuperable, sin embargo la energía dispersada es utilizada y no desperdiciada así por ejemplo es utilizado en los invernaderos para mantener una temperatura adecuada y en el planeta permite el clima adecuado para todos los procesos biológicos, físicos, bioquímicos para mantener toda organización estructural, así el calor, es la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para la vida.

Con respecto al planeta, podemos decir que la energía utilizada por el ecosistema se transforma en calor, que se disipa y sale del planeta sin poder volver a ser utilizada de nuevo como fuente energética. Ningún proceso de transformación de energía es totalmente eficaz.

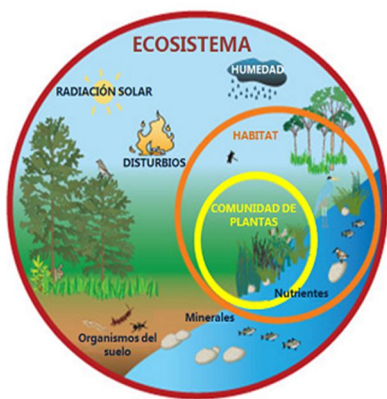


Energy Flow in an Ecosystem

De la energía solar que llega a la superficie de un ecosistema se aprovecha sólo un 1 % aproximadamente, porque las pérdidas son considerables hasta llegar a la producción primaria. En efecto, sólo el 45% de la luz disponible es absorbible por los orgánulos fotosintéticos; una parte de la radiación potencial es reflejada; otra parte es transmitida por los órganos vegetales, ósea, que pasa por ellos, y la energía absorbida es transformada en calor.

En el mismo ecosistema hay pérdida de energía, porque cerca de la mitad de la producción primaria bruta es gastada por los productores en su metabolismo y se pierde como calor, y sólo la otra mitad está disponible para los consumidores como alimento (carbohidratos, celulosa, lignina, grasas, proteínas, etc.).

En la cadena trófica, al pasar de un eslabón a otro, hay más pérdida de energía a través de la respiración y los procesos metabólicos de los individuos, porque el mantener vivo un organismo implica gastar, en forma de calor, parte de la energía captada; las sustancias no digeribles, que son excretadas o regurgitadas y descompuestas por los detritívoros; y la muerte de individuos, que ocasiona pérdidas, pero la energía es devuelta, en parte, por los desintegradores.



Sin la energía solar no sería posible la vida, y el día en que el Sol cese de producir energía, también se acabará la vida en nuestro planeta indefectiblemente, al menos en forma generalizada. Naturalmente esto sucederá dentro de unos 7000 millones de años.

PRINCIPIO DE MARGALEF

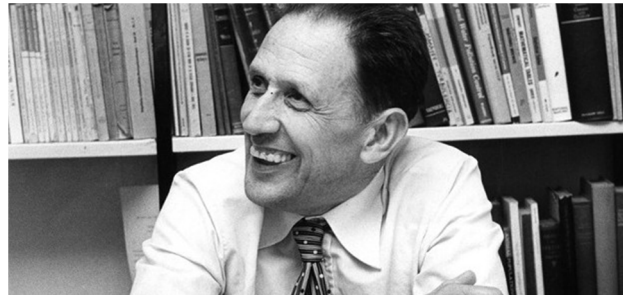
Un concepto importante que permite comprender la termodinámica de los seres vivos, es el llamado principio de Margalef:

“Los seres vivos son sistemas físicos complejos, integrados por un sistema disipativo y uno auto organizativo acoplados entre sí”.

Dicho principio se explica en los siguientes puntos:

- Los seres vivos son integrados a su vez por sistemas menores, una suerte de "sistemas subsumidos en sistemas“.
- Ningún sistema, salvo el de los seres vivos, es capaz de recuperar la energía que disipa como información. Recuperar la energía disipada como información, es la gran diferencia.
- La auto organización puede definirse como la capacidad del sistema para generar y/o modificar su propia estructura, a partir de la información que recupera de la propia energía disipada.
- No todos los sistemas auto organizativos son a su vez, homeostáticos. La homeostasis en física se define como la "capacidad de un sistema físico para sortear perturbaciones

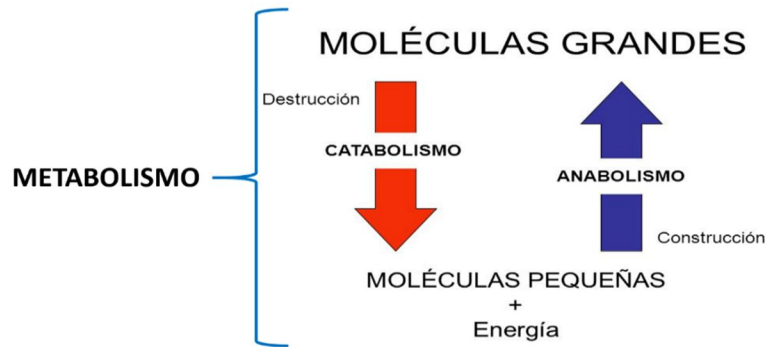
Principio de Margalef dice que “los seres vivos son sistemas físicos complejos, integrados por un sistema disipativo y uno auto-organizativo acoplados entre sí”



El Principio se explica desde el conocimiento de que los seres vivos cumplen, al igual que todos sistemas conocidos con las leyes físicas. Pero, a diferencia de los sistemas inertes, que presentan procesos “disipativos” y cada vez más desordenados y menos reutilizables. Los seres vivos han desarrollado la capacidad de “reutilizar” la energía conformando estructuras moleculares a pesar de disipar energía mientras realizan esta actividad.

La complejidad de la organización de los seres vivos se observa en el desarrollo de “sub-sistemas” que usan energía para construir estructuras moleculares que le permiten cumplir sus funciones y durante el proceso disipan energía desde el sistema principal y así mantener o mejorar la organización de todo el ser vivo en su conjunto. El secreto de la vida, desde la perspectiva termodinámica, ha consistido en acoplar en una misma entidad dos subsistemas con distinto sentido, en el llamado metabolismo: el sistema disipativo que “consume” y transforma energía en el catabolismo, y el sistema auto-organizativo, con el anabolismo con capacidad de integrar y formar moléculas simples y complejas

incluidas células, tejidos órganos y sistemas. Este es el motivo por el cual se dice que el sistema auto-organizativo recupera la energía disipada por el sistema principal como información (codificación genética) y luego la formación de un nuevo ser vivo. Y esa información codificada se va a ir utilizando de forma continuada para reponer o generar nueva estructura, aumentando la complejidad y eficiencia del sistema biológico (célula, organismo, ecosistema).



Así, la energía obtenida por los seres vivos es utilizada mediante su metabolismo para diferentes fines de la célula y una de ellas es conformar moléculas para integrar genes y así mantener un sistema codificado de información (herencia genética), que permitirá la reproducción, perpetuación y crecimiento del sistema biológico de que se trate (célula, organismo, ecosistema). Por tanto, el gran éxito de la vida, que se ha perpetuado, evolucionado y adquirido una creciente complejidad frente a la supuestamente ineludible llamada al desorden y la degradación que dictan las leyes de la termodinámica.



TERMODINÁMICA ESTADÍSTICA

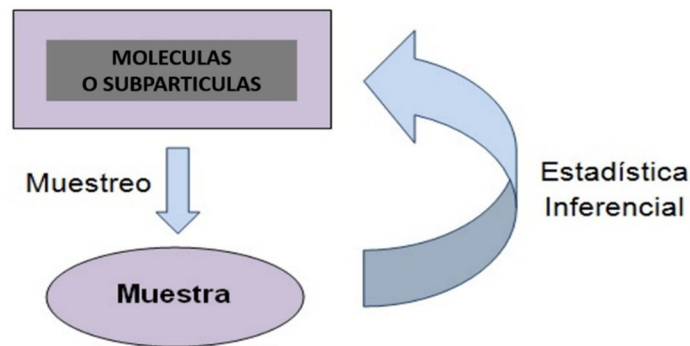
Hemos de mencionar que la termodinámica estadística es un tema bastante amplio de la física pura y las matemática estadística, sin embargo hacemos referencia limitada, de algunos conceptos, por ser de mucha importancia para la explicación e interpretación de múltiples procedimientos que emplea el medico durante su ejercicio profesional.

FUNDAMENTOS MICROSCÓPICOS DE LA TERMODINÁMICA

El avance de la ciencia y la tecnología demostró que toda materia está conformada por moléculas, átomos y subpartículas. Asimismo permitió el estudio e investigación a niveles de partículas y subpartículas, lo cual dio una base microscópica a la termodinámica.

Esta área de ciencia surge del trabajo de Maxwell, Boltzmann quienes plantearon una distribución de probabilidad de las velocidades de un gas asociada a la estadística de Maxwell-Boltzmann para dicho sistema, desarrollada para modelar el comportamiento de sistemas físicos regidos por la mecánica clásica.

Es conocido que los objetos de dimensiones normales, a escala humana, contienen cantidades inmensas de moléculas y su estudio se desarrolla mediante cálculos que se basan en un modelo de molécula o lon individual y se emplean principios estadísticos para predecir y describir el movimiento de las partículas y obtener así los valores medios de las variables mecánicas de las moléculas de un sistema y deducir de ellos las características generales del sistema que resultan ser precisamente las variables termodinámicas macroscópicas. El tratamiento estadístico de la mecánica molecular se denomina mecánica estadística, y proporciona a la termodinámica una base mecánica.



La mecánica estadística proporciona el nexo de unión entre la descripción de la Mecánica Cuántica y termodinámica de un sistema macroscópico. Su objetivo es deducir las propiedades macroscópicas de un sistema (entropía, capacidad calorífica, tensión superficial, viscosidad) a partir de las propiedades microscópicas (geometría molecular, interacciones intermoleculares, masas moleculares).

La mecánica estadística se asienta sobre tres pilares: el punto de partida (la mecánica), el punto de llegada (la termodinámica) y el camino entre ambos (la estadística).

La Termodinámica estadística, en su aplicación, le ha dado base científica a multiplicidad de procedimientos médicos, de los cuales mencionare algunos: por ejemplo los estudios e investigación desarrollados en la muestra biológica de un paciente ya sea sangre, orina u otros, da resultados que luego son atribuidos al sistema total (el paciente). Así también los medicamentos cuyas prueban pruebas científicas de sus beneficios, se realizan en pequeños grupos de seres humanos voluntarios y al tener resultados adecuados, son luego recién distribuidos y comercializados al total de seres humanos dependiendo de las indicaciones médicas.



3. CONCLUSIONES

Finalmente, podemos concluir que la termodinámica para el estudiante de medicina, inicialmente podría considerarse complicada y debemos aceptar que es un tema que requiere de su dedicación, pero que una vez entendidos los conceptos base, estos permiten facilitar la comprensión de infinitas aplicaciones del conocimiento con respecto a la relación de la materia y la energía ampliando así, el panorama de su formación profesional y de uso inclusive en el ejercicio de su carrera.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Gerald Holton - **Ley de la conservación de la energía** - Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas. Cap.17 Ed. Reverte, pág. 389, Barcelona, 1989
<http://pioneros.puj.edu.co/lecturas/iniciados/JouleMayer.pdf>
2. Alejandro Medina Domínguez y Jesús Ovejero Sánchez - **Tema 8. Termodinámica - Física I**. Curso 2010/11- Dpto de Física. ETSII de Béjar. Universidad de Salamanca
http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/fisica/i/contenidos/temas_por_separado/8_ap_termo1011.pdf
3. Germán Raúl Gómez Palacio - **Termodinámica de Ecosistemas: Una Aproximación** - Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin. Vol.51 No. 1.p. 147 – 158. 1998
<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28903>
4. Julio Gratton – **Termodinámica e Introducción a la Mecánica Estadística** - Buenos Aires, enero de 2003
<http://www.lfp.uba.ar/es/notas%20de%20cursos/notastermodinamica/Termodinamica.pdf>
5. Jorge A. Rodríguez **introducción a la Termodinámica con algunas aplicaciones de ingeniería** - Universidad Tecnológica Nacional - México
<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Curso%20Mabe%20Termo/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Termodinamica.pdf>
6. Sánchez S., Barragán J. **El peso metabólicamente activo: entre la ley de Kleiber y la segunda ley de la termodinámica** - Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo - Vol. 48 - N° 3
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30342011000300002
7. Jorge Barragán, Sebastián Sánchez - **Principio de Margalef y Ley de Kleiber: su consistencia con la segunda ley de la termodinámica y la deriva natural** – Revista Investigación y Ciencia - Número 54, (17-21) Enero-Abril 2012
<http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista54/Articulo%203.pdf>
8. J. Terradas **El pensamiento evolutivo de Ramón Margalef Ecosistemas** 24(1): 104-109 Doi.:10.7818/ECOS.2015.24-1.17
<http://www.ub.edu/laubdivulga/margalef/docs/2015%20Terradas,%20Ecosistemas%20Evoluci%C2%A6%20i%20ecologia.pdf>
9. Salvador Robles - **Calidad y Simplificación Normativa. Una mirada desde la Biología** - Boletín No Oficial de Ciencia y Administración Pública
<http://www.lagacetasideal.com/Normativa.php>