

Física Estadística y Termodinámica



► Física
Estadística
y
Termodinámica
[Teoría cinética de los gases](#)
[Fórmula de la estadística clásica](#)
[Niveles discretos de energía](#)
[Experimento de Stern-Gerlach](#)
[Vibración de las moléculas diatómicas](#)
[Modelo simple de atmósfera](#)
[Distribución de las velocidades de las moléculas](#)
[Termodinámica](#)
[Índice](#)
[adiabático de un gas](#)
[El ciclo de Carnot](#)
[Segundo principio](#)

[Bibliografía](#)

La Termodinámica se ocupa del estudio de sistemas físicos con un número muy grande de partículas, del orden del número de Avogadro. El gran número de grados de libertad implica que la resolución de las ecuaciones del movimiento de todas las partículas es imposible, ya que no solamente tenemos un número inmenso de ecuaciones diferenciales, sino que además, las condiciones iniciales son imposibles de determinar.

Para conocer el estado de un mol de gas perfecto, no necesitamos conocer el estado microscópico del sistema, sino magnitudes como la presión, la temperatura y el volumen que describen el sistema desde un punto de vista macroscópico.

Se introduce fenomenológicamente el concepto de temperatura, y se muestra a los estudiantes que muchas propiedades de un cuerpo (longitud, volumen, presión, resistencia eléctrica, etc.) varían con la temperatura. Entonces la temperatura se mide con un aparato llamado termómetro, utilizando una escala de temperatura con puntos de referencia tales como los puntos de congelación y de ebullición del agua a la presión normal de una atmósfera.

El calor se define empíricamente como la energía transferida desde un cuerpo más caliente a otro menos caliente como consecuencia de su diferencia de temperatura. [La conducción del calor a lo largo de una barra](#) cuyos extremos se mantienen a una temperatura fija es una situación relevante, que permite establecer con claridad la diferencia entre calor y temperatura y establecer analogías con otras partes de la Física como el establecimiento de una corriente eléctrica, o con los fluidos.

El [equilibrio térmico entre dos recipientes](#) que se ponen en contacto inicialmente a distinta temperatura, es otra situación que permite distinguir entre calor y temperatura. La analogía eléctrica o hidráulica es también importante reseñarla.

El equivalente mecánico del calor, también nos permite conectar con otras partes de la Física, en la que una determinada cantidad de energía mecánica, eléctrica o radiación se transforma en calor.

Introducir la multiplicidad de los estados, la probabilidad de una distribución, la distribución más probable, la función de partición, y cómo se relaciona dicha función con la energía interna y la entropía parece excesivo a este nivel introductorio.

Más que una deducción matemática elaborada, se busca la creación de modelos, como el que describe un gas ideal, que permita conectar propiedades macroscópicas como la presión y la temperatura con el movimiento de las partículas constituyentes del gas en equilibrio.

La estadística de Maxwell-Boltzmann puede ser introducida en el marco de un programa de ordenador o applet, que examine la tendencia al equilibrio de un conjunto pequeño, pero suficiente de partículas que experimentan choques entre sí. El programa tiene los siguientes objetivos

- Comprender el mecanismo de la tendencia de un sistema de partículas hacia el equilibrio y conocer la fórmula que describe la distribución de las partículas entre los distintos estados, en la situación de equilibrio.
- Comprender el concepto de temperatura, relacionándola con la energía media y la agudeza de la curva que representa la distribución de equilibrio.
- Comprender el concepto de fluctuación a partir de la observación de que la situación de equilibrio es dinámica.

Como aplicaciones de la estadística de Maxwell-Boltzmann se pueden estudiar:

1. La distribución de las partículas de un sistema entre sus niveles de energía accesibles (dos o tres), a una determinada temperatura. Trazando el gráfico de la proporción de partículas que ocupan cada nivel de energía en función de la temperatura. Como caso particular, se completa la experiencia de Stern-Gerlach que se describe en el capítulo dedicado a la Mecánica Cuántica, estudiando la distribución de átomos entre los dos niveles de energía accesibles.
2. La distribución de moléculas de un gas entre sus estados vibracionales, un conjunto infinito de estados, separados un determinado intervalo de energía.
3. Un modelo de atmósfera, en el que las moléculas se distribuyen en un conjunto continuo de niveles de energía. Determinaremos la variación de la densidad de un gas con la altura a temperatura constante.

4. La fórmula de la distribución de velocidades moleculares de Maxwell. Históricamente, esta ecuación fue introducida en el siglo XIX mucho antes del desarrollo de la Física Estadística.

Entramos ahora, en lo que es propiamente la Termodinámica, el estudio de los sistemas en equilibrio, compuestos por un número muy grande de partículas. Se establecerá una relación entre calor, energía interna, y trabajo del sistema como un todo. En primer lugar, se recordará los conceptos de energía y trabajo para una partícula, y para un sistema de partículas. La energía interna de un sistema de partículas como suma de la energías cinéticas de cada una de las partículas y de la suma de la energía potencial de interacción entre pares de partículas. A ésta, se le deben de añadir otros términos (rotacional, vibracional, etc.) si las "partículas" tienen estructura.

Cuando el sistema no está aislado, las fuerzas exteriores pueden variar la energía interna del sistema. Cuando se estudia en detalle el trabajo exterior en un sistema muy grande de partículas estamos efectuando la transición natural de la Mecánica a la Termodinámica. Se separa el trabajo exterior en dos componentes "trabajo mecánico" y "calor".

A este nivel, se puede definir el trabajo como la energía transferida desde los alrededores (o a la inversa) como resultado de un cambio o modificación del volumen del sistema por la acción de las fuerzas exteriores que actúan sobre el mismo.

El calor se debe definir como la transferencia de energía a través de la frontera (superficie) de un cuerpo (sistema) debida a las colisiones entre las moléculas del cuerpo y del medio cuando las temperaturas del cuerpo y del medio son diferentes. El calor implica multitud de intercambios microscópicos de energía debidos a las colisiones elásticas e inelásticas de las partículas externas con las partículas del sistema.

Queda ahora por definir con precisión los conceptos de equilibrio termodinámico, y procesos termodinámicos o transformaciones (reversibles) que llevan al sistema de un estado de equilibrio a otro estado también de equilibrio, distinguiéndolas de las transformaciones irreversibles que es lo que habitualmente observamos en la naturaleza. Se calculará el trabajo, el calor y la variación de energía interna de las transformaciones isócoras, isóbaras, isotermas y adiabáticas. Se interpretará geoméricamente el trabajo en un diagrama p-V del proceso.

El estudio de un ciclo reversible a un gas ideal es un problema completo que nos permitirá hallar:

1. Las magnitudes termodinámicas (presión volumen o temperatura) desconocidas a partir de los datos suministrados, aplicando la ecuación del gas ideal y las ecuaciones que describen cada una de las transformaciones.
2. El calor, el trabajo, la variación de energía interna y de entropía en cada proceso.
3. El calor absorbido, el calor cedido al medio y el trabajo realizado, comprobando el principio de conservación de la energía.
4. El rendimiento del ciclo.

Se ha diseñado un applet, que permite calcular

- El estado final, dado el estado inicial y la transformación
- El trabajo, el calor, y la variación de energía interna del proceso.

La entropía es un concepto difícil de comprender para los estudiantes. Tradicionalmente se introduce a partir de la definición de Clausius: el cambio de entropía en una transformación infinitesimal reversible es $dS=dQ/T$. Es difícil explicar que la entropía es una variable de estado, sin acudir a su definición estadística. El método de dividir el ciclo de Carnot en una serie de ciclos infinitesimales parece artificial y no muy convincente. Sin embargo, es la forma que es introducida en la mayoría de los libros de texto.

El Segundo Principio de la Termodinámica es mejor introducirlo a través de ejemplos y simulaciones. Diremos que un sistema aislado que no está en equilibrio evoluciona hasta que finalmente alcanza la configuración o estado más probable o estable, compatible con la estructura, fuerzas internas y energía del sistema. Se puede ilustrar con ejemplos y programas de ordenador o applets

- Cuando [dos recipientes iguales que contienen distinto número de partículas](#) se comunican a través de un orificio.
- Cuando [dos recipientes a distinta temperatura](#) se ponen en contacto térmico, se alcanza una temperatura de equilibrio.
- Un [sistema aislado de muchas partículas](#) que interactúan entre sí, al cabo de un cierto tiempo alcanza el equilibrio, maximizando la entropía.

Bibliografía

M. Alonso, Finn. *Física*. Addison-Wesley Iberoamericana (1995).

Capítulo 15, 16 y 17. El capítulo 15, los gases, el 16 desarrolla la Termodinámica, el 17 la Mecánica Estadística.

Mellisinos A. C., Lobkowicz. W. B. *Physics for Scientist and Engineers*. Saunders and Co. (1975)

Capítulos 14, 15, 16 y 17. Quizá el mejor tratamiento de la Termodinámica para este nivel.

Serway. *Física*. Editorial McGraw-Hill (1992).

Capítulo 19, 20, 21 y 22. Es interesante el ensayo al final de la unidad sobre las energías alternativas.

Tipler. *Física*. Editorial Reverté (1994).

Capítulo 15, 16, 17.

Artículos y libros de divulgación

Alonso M., Finn E. J. *Un enfoque integrado de la Termodinámica en el curso de Física General (Primera parte)*. Revista Española de Física V-10, nº 2 1996, pp. 25-31.

Alonso M., Finn E. J. *Un enfoque integrado de la Termodinámica en el curso de Física General (Segunda parte)*. Revista Española de Física V-10, nº 3 1996, pp. 30-37

La Termodinámica se enseña como un tema independiente con una conexión mínima con la Mecánica a excepción de las referencias al trabajo y la energía. Se da un gran énfasis a las máquinas térmicas y en la interpretación, por razones históricas, de los ciclos que describen dichas máquinas. Las ideas de la Física Estadística no aparecen salvo una referencia al gas ideal, para explicar cualitativamente los conceptos de calor y temperatura.

Los autores afirman que la mejor forma de impartir este capítulo es el de combinar el enfoque empírico de la Termodinámica clásica con el estructural de la Mecánica Estadística, que trata de relacionar las propiedades térmicas de un sistema con las propiedades de las "partículas", o unidades constituyentes que componen el sistema y sus interacciones.

Baierlein R. *Entropy and the second law: A pedagogical alternative*. American Journal of Physics, 62 (1) January 1994, pp. 15-26.

La parte más original del artículo es la que conecta la multiplicidad de los estados, es decir, el número de microestados que corresponden a un estado macroscópico particular, con la entropía de una forma sencilla e intuitiva.

Edelnán V. *Cerca del cero absoluto*. Colección Física al alcance de todos, editorial Mir (1986).

Propiedades de la materia cerca del cero absoluto, la superfluidez, la superconductividad, y otros temas.

Lurié D., Wagensberg J. *Termodinámica de la evolución biológica*. Investigación y Ciencia, nº 30, Marzo 1979, pp. 102-113.

Después de introducir el concepto de entropía y su relación con el orden, estudia los seres vivos como sistemas termodinámicamente abiertos, que intercambian materia y energía con el mundo exterior. Trata también de la aparición del orden en los sistemas de no equilibrio como la reacción de Zhabotinski-Belousov.

Smorodinski Ya. *La temperatura*. Colección Física al alcance de todos, editorial Mir (1983).

Cuenta en forma amena los principios de la Termodinámica y de la Física estadística, desde el ciclo de Carnot, hasta el movimiento browniano pasando por el cuerpo negro.

Wilson S. S. *Sadi Carnot*. Investigación y Ciencia, nº 61, Octubre 1981, pp. 102-116.

Su principal contribución a la Termodinámica es la introducción del concepto de reversibilidad. Sadi Carnot fue ante todo un ingeniero preocupado por el diseño y la eficiencia de las máquinas de vapor.

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/teoria/A_Franco/estadistica/estadistica.htm