

Ciencia y Tecnología Aeronáutica

Investigación indiscutible de La Naturaleza a un experimento genial olvidado La Equivalencia Mecánica del Calor

Francia María Cabrera Castro²

ABSTRACT

Experiments with gasses established: theories, concepts and relations between temperature and pressure that were confirmed by Scientifics' like Boyle- Mariotte, Joseph Black, Lavoisier, Gay Lussac, Thompson and Mayer. One of the criticized and forgotten experiments was performed by Gay-Lussac: Free expansion of a gas in an empty space and the mystery with the temperature. This phenomenon didn't have an explanation neither by him nor by any of the Scientifics' of that time.

Thirty years after, Robert Julius Mayer gave a simple explanation saying that work produces heat and heat is work. If there isn't heat, simple, in thermometers scale, there is not a record of an increase in temperature. This explanation allowed calculates the value of equivalent between work and heat, opening the way to thermodynamics'.

The foundation for this research is the line of research "Scientific concepts elaboration" of the Institutional program of Doctorate of Universidad Pedagógica Nacional, directed by Dr. Fabio Vélez Uribe. Starting from scientific theories and concepts and revealing its crisis in an historical moment. The discussion and solution to some problems of scientific activities, that today aren't explained, allow us innovate in the academic activity towards a conscience and analytical learning of science.

KEYWORDS

Caloric, temperature, gases, expansion, mechanical equivalent, conservation, specific heat at a constant pressure, specific heat at a constant volume, heat capacity, education in science, scientific concepts.

RESUMEN

Los experimentos con los gases establecieron: teoría, conceptos y relaciones para la temperatura y la presión, nos lo confirmaron científicos como Boyle- Mariotte, Joseph Black, Lavoisier, Gay Lussac, Thompson y Mayer entre otros. Uno de los experimentos críticos y olvidados fue el realizado por Gay-Lussac: La expansión libre de un gas en el vacío y el misterio con la temperatura.

Experimento, que no presento una explicación, ni por él, ni por ninguno de los científicos de la época y fue olvidado.

Después de treinta años, se requirió de la intuición genial de un médico: Robert Julius Mayer, quien dará una explicación simple, afirmando: si no hay calor entonces en la escala del termómetro, no hay registro de disminución de temperatura. El trabajo es el calor y el

2. Estudiante del Programa de Doctorado Interinstitucional de la Universidad Pedagógica Nacional. Línea de investigación: La elaboración de los conceptos científico. Director: Dr. Fabio Vélez Uribe. Jefe de investigación de desarrollo tecnológico aeronáutico de la Escuela de Suboficiales. CT. Andrés M. Díaz, Fuerza Aérea Colombiana. e-mail:franciamcc@yahoo.com

calor es el trabajo. Explicación que posteriormente permitió, calcular el valor de la equivalencia entre el trabajo y el calor, abriendo el camino a la termodinámica. Visión transformadora del modelo sustancialista a mecanicista del calor, como alternativa para la comprensión de estos fenómenos del siglo XIX en occidente. Esta teoría será comprobada experimentalmente por James Prescott Joule, quien aportará las bases para el desarrollo de una nueva técnica del calor para ser aprovechada en la naciente era industrial y en la ciencia física por: la termodinámica.

Esta investigación, se fundamenta en la línea de investigación que lleva el nombre de elaboración de los conceptos científicos del Programa interinstitucional de Doctorado de la Universidad Pedagógica Nacional, línea que dirige el Dr. Fabio Vélez Uribe, partiendo de las teorías y conceptos de la ciencias y develando a través experimentos particulares la crisis de la teoría en un momento histórico – temporal, estableciéndose como un método en la elaboración de los conceptos científicos de la ciencia .

La discusión, solución y aportes a estos problemas de la actividad científica, que hoy en día no se contemplan: ni en la formación académica, ni en la investigación y menos en los libros de texto, nos permite innovar den la actividad académica hacia un aprendizaje consciente y analítico de la ciencia.

PALABRAS CLAVES: calórico, temperatura, equivalente mecánico, conservación, calor específico a presión constante, calor específico a volumen constante, capacidad calorífica, educación en ciencias, conceptos científicos.

INTRODUCCIÓN

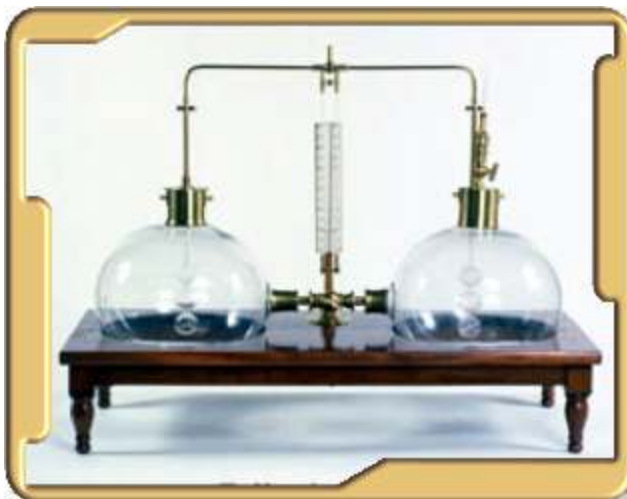
La ciencia física representa el saber natural, lo que podemos usar directamente

en la práctica y la base para develar otros conceptos y principios. Si los físicos del siglo XVIII hubiesen comprendido mejor la mecánica, entonces la confusión del calórico y el surgimiento de la energía hubiesen sido diferentes.

La situación con el calor se complicaba al siglo XVIII en occidente, por que no se podían explicar y comprender muy bien muchos resultados, lo que causaba desequilibrio en la validez de dicha teoría. En el presente artículo, se destaca un experimento crítico y misterioso que motivo a muchos físicos y químicos en la búsqueda de respuestas. Pero fue Robert Mayer un médico, quien explicó y argumento desde nuevos conceptos aquellos fenómenos misteriosos que la teoría del calórico no podían explicar, logrando aportar una nueva elaboración del concepto de calor, modelo que establece el calor como movimiento y una equivalencia entre el trabajo y el calor.

¿QUÉ ERA EL CALÓRICO?

La teoría del calórico estableció que el calor es una sustancia material, sutil transparente, que pesa y a la vez susceptible de movimiento, y llena todos los cuerpos. La transfe-



rencia de calor era el resultado del movimiento, al poner en contacto un cuerpo caliente con otro frío, «fluía» calor del cuerpo caliente al frío. Al introducir más calórico en una sustancia ésta se calentaba, hasta que finalmente el calórico rebosaba y fluía en todas direcciones. Joseph Black caracterizó otras propiedades para el calor como la capacidad calorífica y las formas en que se presenta el calor, la forma latente y la forma sensible existiendo siempre una misma cantidad de calor, el sensible se percibe, el latente está ahí pero no se percibe. Por eso, la calidez de un objeto se percibía a una distancia y su mejor cuantificación estaba en la temperatura.

EXPERIMENTO CRÍTICO DE GAY-LUSSAC ¿POR QUÉ SI HAY CALOR, NO SE OBSERVÓ CAMBIO EN LA TEMPERATURA?

En la problemática de configuración del cuerpo teórico de los gases y su dinámica el famoso científico francés Gay-Lussac en el año 1807, propuso un experimento devastador que generó una crisis seria y definitiva para la teoría del calórico, similar al trabajo de Peltier en la misma época al presentar que una corriente que pasa por un conductor de cobre no genera calor, sino que disminuye la temperatura.

El experimento considera dos recipientes iguales A y B aislados térmicamente, conectados mediante un tubo, en cuyo centro se

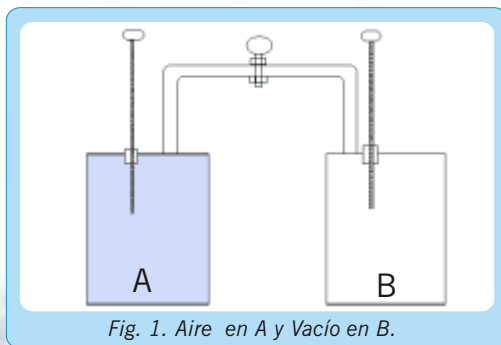


Fig. 1. Aire en A y Vacío en B.

ha colocado una válvula de paso cerrada. El recipiente A se llena de aire y el recipiente B se hace el vacío y en cada recipiente se ha colocado un termómetro.

Se abre la llave y el gas se expande pasando del recipiente A al recipiente B, sin transferencia de calor del exterior al interior o del interior al exterior.

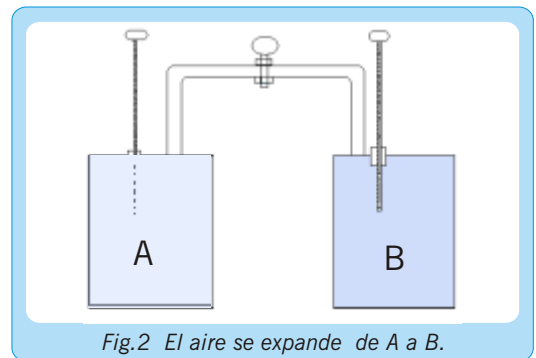


Fig.2 El aire se expande de A a B.

Gay-Lussac esperaba que en el momento de abrir la llave, el gas se expandiera rápidamente hacia B, el termómetro en B registrará una disminución de la temperatura. El resultado fue sorprendente e inesperado pues, no se encontró ninguna variación notable en la temperatura. El experimento se repitió varias veces y no tenía ninguna explicación ni para él, ni para sus colegas científicos. Cabe preguntarse por qué este experimento en especial entre otros presentó la tensión contradictoria a las relaciones entre el volumen y la temperatura. Continuaría siendo el vacío una misteriosa y poderosa propiedad para la expansión de los gases? Quedan estas y otras preguntas sin resolver por los científicos más destacados de comienzos del siglo XIX.

MÉDICO REALIZA APORTE A LA TEORÍA FÍSICA

Robert Mayer, médico de la Universidad de Tübingen en Alemania, presenta un constante interés en la física, observa un hecho curioso no determinado por ningún científico



Fig.3. Portada del libro sobre la equivalencia mecánica del calor.

en su tiempo, durante un viaje a Java notó la diferencia de color y brillo entre la sangre arterial y la sangre venosa en climas tropicales y climas templados. Observación que lo condujo a reflexionar sobre el hecho de que a temperaturas elevadas del cuerpo humano, se cede menos calor por combustión y esto lo condujo a la hipótesis: lo que se pierde en calor se gana en trabajo exterior, es decir, existe una equivalencia entre el calor en los organismos y el trabajo mecánico que estos realizan.

ARGUMENTACIÓN DE MAYER AL EXPERIMENTO CRÍTICO

Mayer da explicación al experimento de Gay-Lussac de forma muy simple, cuando el gas esta encerrado se encuentra a una presión atmosférica, para desplazarse lo hace en contra de la presión atmosférica realizando para ello un trabajo, el cual se puede calcular fácilmente en relación con la presión y volumen. Por que se presenta un descenso en la temperatura? La temperatura descien- de porque se efectúa trabajo a expensas de una parte del calor suministrado al cuerpo.

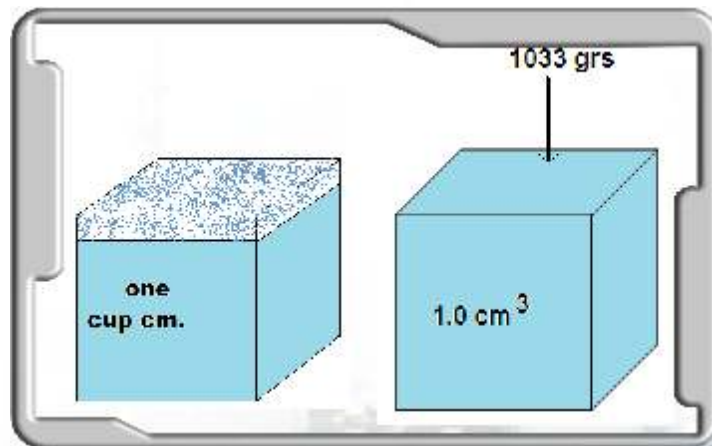
Mayer explica la permanencia de la temperatura en el experimento de Gay –Lussac, debido a la expansión, la cual se realiza en el vacío por consiguiente el gas no realiza trabajo exterior, al no realizar trabajo exterior, no requiere de calor y por lo tanto éste permanece constante y no se registra cambio en la temperatura. Iniciando de esta manera su genial aporte de relación entre el calor y el trabajo, los cuales serán demostrados y corregidos por los científicos de las academias de ciencias.

EJERCICIO DE MAYER PARA EL CÁLCULO DEL EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR

Mayer Parte de la siguiente consideración: Un centímetro cúbico de aire atmosférico a 0°C y 0.76 metros.

Sí se suministra calor elevando la temperatura del aire 1°C, el aire se expande en 1/274 parte del volumen y al mismo tiempo se incrementa la columna de mercurio de 1.0 cm. Cuadrado y 76 centímetros de alto por 1/274 cm. El peso (masa) de esta columna es de 1033 grs.

Tomando el valor del calor específico del aire a presión constante 0.267 Cal/ grs. (valor dado por Delaroché y Berard). Para el caso



del cubo de aire, se observa que presenta dos calores específicos uno a presión constante y otro a volumen constante:

El calor específico a presión constante (C_p), lo define como la cantidad de calor que toma un centímetro cúbico de aire para elevar su temperatura de 0°C a 1°C esta igualmente de acuerdo con el calor, por el cual (0.0013 grs.) (0.267 cal/grs.) $=0.000347\text{cal}$, de agua podría tener esta misma temperatura incrementando 1°C .

El calor específico a volumen C_v constante, lo define como la cantidad de calor a la cual 1 cm. cúbico de aire toma para elevar la temperatura en 1°C , esta en un radio de $1:1.421$. Si nosotros mismos realizamos este calculo del calor necesario para $1 \text{ centímetro cúbico}$ aire elevar su temperatura en 1°C , a volumen constante tendremos: $0.000347/1.421 = 0.000244$.

La diferencia entre el calor específico a presión constante y el calor específico a volumen constante nos da la relación de la cantidad de calor.

$$R = C_p - C_v$$

$$R = 0.000347 - 0.000244 = 0.000103$$

unidades o grados de calor

Siendo este el calor consumido en la realización de trabajo al expandirse.

El trabajo requerido esta dado por la fuerza por la distancia, siendo $1033 \times (1/274) = 3.77 \text{ grs. cm.}$

Mayer establece para este cociente que una caloría corresponde a 365 Kgrs-m. Valor que después intenta corregir en otros papers y que sólo serán reconocidos por los experimentos y comprobaciones realizadas por

James Prescott Joule en una camino experimental y teórico hacia el planteamiento del equivalente mecánico del calor.

CONCLUSIONES

El realizar el estudio, elaboración y comprensión XVIII y XIX de los conceptos desde los documentos originales de los científicos plantea: una transformación en el campo de la enseñanza y conocimiento de la ciencia física, Observamos como la equivalencia mecánica del calor, en cuya formulación y cálculo podemos fue el resultado de las crisis de las teorías aceptadas y validadas en las grandes sociedades científicas XVIII y XIX, así como la continuidad de sus enseñanzas. La difícil comprensión y aceptación de sus resultados y la búsqueda de nuevas direcciones hacia el crecimiento de una nueva teoría diferente a la mecánica, útil que permitió dar explicación a muchos fenómenos en el campo de las ciencias y que hasta ese momento no se habían explicado y sólo había quedado en el olvido.

El determinar las diferencias entre las formulaciones teóricas bajo intuiciones geniales de un médico y las estructuras de los físicos con relación a la formulación, planteamientos, teorías y la experimentación como comprobación, enriquecen las experiencias novedosas tanto de los campos de la ciencia física como el de la pedagogía.

Para la educación en ciencias, especialmente la ciencia física en relación con el calor y trabajo y su equivalencia y conservación, se da un aprendizaje tanto en el profesor como en el estudiante con una comprensión superior en la teoría, en la formulación de los fenómenos físicos y la comprensión de ellos en situaciones útiles en la tecnociencia como: los motores, máquinas a vapor, termómetros, etc.

De innovación para los textos guías de física tanto de secundaria como universitarios, por que en los actuales no se contemplan profundizaciones en cuanto a la elaboración de los conceptos, formulaciones y experimenta-

ciones estas son consideradas bajo un método algorítmico y escasamente comprensivo; resaltando los enunciados, descripciones y dejando de lado lo valioso para el aprendizaje y dominio del saber de la física.

BIBLIOGRAFÍA

Black Joseph, M.D. Lectures on the Elements of Chemistry delivered in the University of Edinburgh, M.D. published from his manuscripts by John Robison (1803).

MAYER, J.R. The Motions of organisms and their relation to metabolism. Lindsay. Pergamon press, Oxford. 1973.

Benjamin Thompson (Count Rumford) Heat is a Form of Motion: An Experiment in Boring Cannon *Philosophical Transactions* (vol. 88), 1798.

Joule, J. P.: 1963, *Scientific Papers, Vol. I*, Dawsons of Pall Mall, London.

GAY LUSSAC, JOSEPH LOUIS Essai pour déterminer les variations de températures qu'éprouvent les gaz en changeant de densité, et Considérations sur leur capacité pour le calorique 15 septembre 1806- *Mémoires de la Société d'Arcueil, tome 1er*.

Lindsay, R.B., *Julius Robert Mayer: Prophet of Energy*. New York: Pergamon Press, 1973.

Caneva, K. L.: 1993, *Robert Mayer and the Conservation of Energy*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Cardwell, D. S. L.: 1989, *James Joule: A Biography*, Manchester University Press, Manchester and New York.

Cardwell, D. S. L.: 1971, *From Watt to Clausius*, Cornell University Press, Ithaca, New York.

Turner, R.S., Mayer, Julius Robert. *Dictionary of Scientific Biography*. Vol.?, (C.C. Gillespie, ed.) Chas. Scribner's Sons, 1970-1980. pp. 235-240.

Rukeyser, M., *Willard Gibbs*. Garden City, NY: Doubleday, Doran, and Co., 1942. (Poet).

The Correlation and Conservation of Forces: A Series of Expositions. (E.L. Youmans ed.). New York: D. Appleton and Co., 1865.

Tyndall, J., *Heat Considered as a Mode of Motion*. New York: D. Appleton and Co., 1863.

Rilke, R.M., *Poems from the Book of Hours* (tr. B. Deutsch). New York: New Directions Pub. Corp., 1941.

Annalen der Chemie und Pharmacie, **43**, 233 (1842) as translated by G. C. Foster, *Phil. Mag.* [4] **24**, 371 (1862) and reprinted in William Francis Magie, ed., *A Source Book in Physics* (New York: McGraw-Hill, 1935).