

CALOR ESPECÍFICO, CALOR LATENTE, DEL VAPOR Y LA VAPORIZACIÓN¹

Joseph Black

Joseph Black nació en la ciudad de Bordeaux en 1733 y murió en Edimburgo en noviembre 26 de 1799. Fue un Físico y profesor de Química en Glasgow y Edimburgo. Fue uno de los descubridores del dióxido de Carbono. Publicó muy pocas cosas durante su vida, pero presentaba sus trabajos y descubrimientos en sus lecturas académicas.

Los siguientes extractos fueron tomados de sus lecturas sobre los elementos de Química, publicados después de su muerte, en 1803, contiene una síntesis de sus descubrimientos sobre el calor específico y el calor latente.

CALOR ESPECÍFICO

Un segundo avance en nuestro conocimiento sobre el calor fue obtenido haciendo uso de los termómetros. Ahora tenemos una idea más clara, que en la antigüedad, de la forma como el calor se distribuye entre diferentes cuerpos.

Recordemos que antiguamente, y sin la ayuda de termómetros, podíamos percibir una tendencia del calor a difundirse él mismo de cualquier cuerpo más caliente a otro más frío hasta que se distribuía entre ambos, de tal forma que ninguno de los dos estaba en disposición de tomar más calor que el resto de los otros. El calor era así llevado a un estado de equilibrio; equilibrio que es en alguna forma curiosa.

Nosotros encontramos que cuando todas las acciones mutuas terminaban, un termómetro aplicado a cualquiera de los cuerpos, adquiriría el mismo grado de expansión, es decir, la temperatura de todos ellos era la misma y el equilibrio era universal. No podríamos prever esto a partir de la peculiar relación del calor en cada cuerpo, este descubrimiento se lo debemos enteramente al termómetro.

Nosotros debemos entonces adoptar como una de las leyes más generales del calor que todos los cuerpos en contacto libremente unos con otros y expuestos no desigualmente a acciones externas, adquieren la misma temperatura, como lo indica el termómetro. Todos adquieren la temperatura del medio ambiente.

Haciendo uso de estos instrumentos, nosotros aprendimos que si tomamos 1000 o más diferentes clases de sustancias o materiales, tales como metales, piedras, sales, maderas, cuerpos, lanas y otras variedades de fluidos, aunque inicialmente todos ellos tengan diferentes calores; si ellos son colocados, en el mismo cuarto, juntos, sin un fuego, y si el sol no puede penetrar en ese cuarto, el calor es comunicado de los cuerpos más calientes a los más fríos, proceso que puede durar unas horas y hasta un día o más. Si al final de ese tiempo, aplicamos el termómetro a todos ellos en sucesión, todos marcan el mismo grado.

El calor entonces, se distribuye él mismo, hasta este momento, o sea, hasta que ningún método de investigar el cuerpo tenga una mayor demanda o atracción que cualquier otro de ellos; en consecuencia de lo cual, cuando nosotros aplicamos un termómetro a todos ellos en sucesión, después del primer cuerpo al cual se aplica y se reduce el instrumento a su

Tomado de: W. F. MAGIE, A. Source Book in Physics. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1969 y traducido por Francisco Malagón.

propia temperatura, ninguno de los otros están en disposición de aumentar o disminuir la cantidad de calor que el primero dejó iniciada en él.

Esto es lo que comúnmente es llamado un igual calor o la igualdad de calor entre diferentes cuerpos. La naturaleza de este equilibrio todavía no había sido entendida hasta que yo encontré el método de investigarla.

El Dr. Boherhaave imaginaba que cuando lo obteníamos había una cantidad igual de calor en cualquier medida del espacio, aunque estuviera ocupado por diferentes cuerpos, y el profesor Muschenbroeck expresa su opinión en este mismo sentido: “Est enim ignis aequaliter per omnia, nom admodum magna, distributus, ita ut in pede cubico aurio et aeris et plumarum, par ignis fit quantitas”. La razón que ellos dan para esta opinión es, que, para cualquiera de estos cuerpos el termómetro marca lo mismo.

Pero esto es tomando un punto de vista equivocado (apresurado) del problema. Esto es, confundiendo la cantidad de calor en diferentes cuerpos con su fuerza o intensidad. Pienso que en este caso esas son cosas muy diferentes y deben siempre ser distinguidas, cuando pensamos en la distribución del calor.

Antiguamente era muy común la suposición de que la cantidad de calor requerida para incrementar el calor en diferentes cuerpos el mismo número de grados, era directamente proporcional a la cantidad de materia de cada uno; y sin embargo, cuando los cuerpos eran de igual tamaño, las cantidades de calor estaban en proporción a su densidad. Pero rápidamente después de que empecé a pensar sobre esta materia (año 1760) me di cuenta que esta opinión era errónea, y que las cantidades de calor que las diferentes clases de materia deben recibir para alcanzar el equilibrio con otros o elevar su temperatura en igual número de grados no está en proporción a la cantidad de materia de cada uno, sino en proporción muy diferente de esta.

Para lo cual no he encontrado ninguna razón o principio.

Me parece apropiado consultar sobre esta materia el “Comment de rebus in medicina Gestis, Vol. 21 y Vol. 26” que contienen los valiosos experimentos de Jo. Carl Wilcke, extraído de los “Swedish Transactions”. También los experimentos del profesor Godoline en la Nova Acta Reg. Societ, Upsolensis, tomo 5.

Esta opinión me fue primero sugerida a mí, por un experimento descrito por el Dr. Boerhaave (Boerhaave, Elementa Chemiae, exp. 20 cor. 11); Después relacionando el experimento en el cual Fahrenheit expresaba su idea de mezclar agua caliente y fría.

Él nos decía a nosotros, que Fahrenheit agitaba mercurio y agua juntos, desigualmente calentados. (De las notas del Doctor) Su idea era que el mercurio, aunque es trece veces más denso que el agua, produce menos efecto en el calentamiento o enfriamiento al cuerpo al cual es aplicado, que el que una cantidad igual de agua puede producir. Él dijo expresamente que el mercurio, si era aplicado caliente al agua fría o frío al agua caliente, jamás produciría más efecto en el calentamiento o enfriamiento en una medida igual de agua, que el que podría haber sido producido por el agua igualmente caliente o fría con el mercurio, y sólo se requiere $\frac{2}{3}$ de esta cantidad. Él agrega, que solamente era necesario tomar tres medidas de mercurio a dos de agua, para producir la misma temperatura media que se obtendría mezclando iguales cantidades de agua caliente y fría.

Para explicar esta idea con números vamos a suponer que el agua estaba a 100 grados de calor, y que una medida igual de mercurio a 150 grados de calor es repentinamente mezclada y agitada con ella. Sabemos que el promedio de temperatura entre 100° y 150° es 125° y sabemos que este valor de promedio se puede obtener mezclando iguales cantidades de agua fría a 100° con igual cantidad de agua caliente a 150°. El calor del agua caliente baja 25°, mientras que el agua fría es elevada a la misma cantidad.

Pero cuando se usa el mercurio en vez de agua caliente, la temperatura de la mezcla llega a ser de 120° únicamente, en lugar de 125°. El mercurio entonces es menos caliente en 30°, mientras el agua se ha calentado en 20 grados únicamente; y todavía la cantidad de calor que el agua ha ganado es la misma cantidad de calor que el mercurio ha perdido. Esto muestra que la misma cantidad de la materia del calor tiene más efecto en calentar mercurio que en calentar una medida igual de agua, y que sin embargo esa pequeña cantidad de él es suficiente para incrementar el sensible calor del mercurio en el mismo número de grados.

Las mismas cosas aparecen en cualquier forma que variemos el experimento; así por ejemplo, si el agua es la masa más caliente y el mercurio es la menos caliente, con las mismas diferencias de temperatura anteriores, la temperatura producida es 130°. El agua en este caso llega a ser menos caliente en 20°, mientras su calor perdido fue entregado al mercurio, haciendo que su calor aumentara en 30°, mientras su calor perdido fue entregado al mercurio, haciendo que su calor aumentara en 30°. Y por último, si tomamos 3 medidas de mercurio por dos de agua, sin saber cual de las dos es más caliente que la otra, la temperatura promedio siempre será de 125° o sea la media entre las dos temperaturas ya mencionadas. Aquí es manifiesto que la misma cantidad de la materia del calor que hace que dos medidas de agua se calienten en 25°, es suficiente para hacer que tres medidas de mercurio se calienten en el mismo número de grados. El mercurio por lo tanto tiene menos capacidad para la materia del calor que la que el agua tiene (si se me permite la expresión). Se requiere una pequeña cantidad de él (calor) para elevar su temperatura en el mismo número de grados.

La inferencia que el Dr. Boerhaave sacó de este experimento es sorprendente. Observando que el calor no se distribuye entre los diferentes cuerpos en proporción a la cantidad de materia de cada uno, el concluye que es distribuido en proporción al espacio ocupado por cada uno; una conclusión contradicha por muchos de sus experimentos. También Muschenbroeck lo siguió a él en esta opinión. Tan rápidamente como yo entendí este experimento, en la forma como yo lo explique, encontré un notable acuerdo, entre él y algunos experimentos hechos por el Dr. Martín (Essay on the Heating and Cooling of Bodies). Los cuales me parecieron al principio muy sorprendentes y difíciles de escribir, pero al compararlos, no podría explicarlos con el mismo principio.

El Dr. Martín hizo un buen fuego, y a una igual distancia de él colocó una cantidad de agua y una mole igual de mercurio, cada uno de ellos contenido en iguales recipientes de vidrio y colocando además un delicado termómetro en su interior.

Él observó entonces cuidadosamente el progreso o celeridad con el cual cada uno de estos fluidos era calentado por el fuego, haciendo subir los termómetros. Él encontró por repetidos experimentos, que el mercurio era calentado por el fuego más rápido que el agua, casi el doble de rápido. Después de cada experimento, habiendo calentado estos dos fluidos

al mismo grado, él colocó entonces una corriente de agua fría y encontró que el mercurio era siempre enfriado mucho más rápido que el agua.

Antes de que estos experimentos fueran hechos, él había supuesto que el mercurio debería requerir calor o frío un tiempo mucho más largo que una cantidad igual de agua, en la proporción de 13 ó 14 a 1.

Pero desde el punto de vista que yo he analizado los experimentos de Fahrenheit o Boerhaave con el mercurio y el agua, los anteriores hechos por el Dr. Martín son fácilmente explicables. Nosotros solo necesitamos suponer que la materia del calor comunicada por el fuego fue comunicada igualmente al mercurio y al agua, pero que como menos de ésta (el calor) era requerida para calentar el mercurio que para calentar el agua, el mercurio necesariamente era el que más rápido se calentaba de los dos; y cuando ambos, estando igualmente calentados, se exponían al aire frío para que se enfriaran, el aire tomaba el calor de ellos igualmente rápido, pero el mercurio, por perder la misma cantidad de materia del calor que perdió el agua, era necesariamente enfriado a un mayor grado y entonces llegaba a enfriarse mucho más rápido que el agua.

Estos experimentos del Dr. Martín, por lo tanto, concordaban muy bien con los experimentos de Fahrenheit, mostrando claramente que el mercurio, no obstante su gran densidad y peso, requiere menos calor para calentarse que el que es necesario para calentar el mismo número de grados, una cantidad igual de agua fría. El mercurio por lo tanto se puede decir, tiene menos capacidad para la materia del calor.

Nosotros por lo tanto pensamos, que en los casos que nosotros hemos investigado, la capacidad de diferentes cuerpos para el calor sólo se puede aprehender haciendo experimentos. Llegando a acuerdos entre yo y otros.

El Dr. Grawford ha hecho muchos y muy curiosos, y su teoría del calor de los animales encontró parcialmente a partir de estos experimentos, hechos de esta manera, el resultado de los cuales se encuentra en su libro sobre esta materia.

Aparece, por lo tanto, de los resultados generales de estos experimentos, que si nosotros tenemos miles de masas de materia, del mismo tamaño y forma, pero de diferentes materiales, y los colocamos todos en la misma habitación hasta que alcancen la misma temperatura, y si introducimos en el cuarto una gran masa de hierro al rojo vivo; el calor que se comunica entre todos los diferentes cuerpos al mismo tiempo, puede ser suficiente para elevarla temperatura de todos ellos en 20°, digamos. El calor así comunicado del hierro, aunque produce el mismo efecto en todos, es decir eleva su temperatura en 20°, no es sin embargo igualmente repartido o distribuido entre ellos. Algunos de ellos podrían atraer y retener una mayor cantidad de este calor o materia del calor que los otros y la cantidad recibida por cada uno no estaría en proporción a sus densidades, sino en una proporción que no tiene nada que ver con esto; y quizás no haya dos de ellos que reciban precisamente la misma cantidad, sino que cada uno recibe de acuerdo a su propia y peculiar capacidad, o a su particular fuerza de atracción. Cada uno podría requerir su propia cantidad para elevar su temperatura en 20°, o reducirla, para alcanzar un equilibrio o igualdad de saturación con los cuerpos de los alrededores.

Nosotros debemos concluir entonces, que diferentes cuerpos, aunque ellos sean del mismo tamaño o tengan el mismo peso, cuando son reducidos a la misma temperatura o grado de

calor, cualquiera que sea este, deben contener muy diferentes cantidades de materia del calor, como diferentes son las cantidades necesarias para llevarlos a este nivel, o equilibrio unos con otros.

CALOR LATENTE

La fluidez es considerada universalmente como producida por una pequeña adición a la cantidad de calor que el cuerpo contiene cuando ha sido calentado hasta el punto de fusión, y el retorno de tal cuerpo al estado sólido, como dependiendo de una muy pequeña disminución de la cantidad de su calor, después de ser enfriado al mismo grado que el cuerpo sólido cuando éste es cambiado en fluido; es decir, que no recibe una mayor cantidad de calor dentro de él, que la que es medida por la elevación de la temperatura indicada, después de la fusión, por el termómetro y que cuando el cuerpo que se derrite es de nuevo vuelto a congelar, por una disminución de su calor, no sufre una mayor pérdida de calor que la que es indicada también por la simple aplicación del mismo instrumento.

Esta era la opinión universal sobre esta materia, tal como la conocí cuando empecé a hacer mis lecturas en la Universidad de Glasgow en el año 1757. Pero encontré rápidamente razones para objetar esto, tan inconsistente con muchos hechos notables cuando se le mira con atención. Y voy a esforzarme en mostrar que estos hechos son pruebas convincentes de que la fluidez es producida por el calor en una forma muy diferente.

Yo voy ahora a describir la manera en la cual me parece que la fluidez es producida por el calor, y nosotros podremos entonces comparar las ideas antiguas y las mías con los fenómenos. La opinión que yo tenía de la atenta observación de los hechos y fenómenos es como sigue:

Cuando el hielo o cualquier otra sustancia sólida se vuelve fluida por la acción del calor, soy de opinión de que recibe una cantidad del mismo en cantidad mucho más grande que la que es inmediatamente perceptible por el termómetro. En esta ocasión, entra en el mismo una cantidad de calor mayor, sin tornarle aparentemente más caliente, lo que se pone de manifiesto mediante el termómetro. Esta cantidad de calor, no obstante, debe serle entregada para que tome la forma de fluido, y yo afirmo que esta gran entrega de calor es la causa principal y más inmediata de la fluidez que se le ha comunicado.

Por otra parte, cuando privamos a dicho cuerpo de su fluidez mediante una disminución de calor, una gran cantidad de calor sale del cuerpo mientras éste va asumiendo la forma sólida. La pérdida de este calor no será percibida mediante el uso común del termómetro. El calor aparente del cuerpo, tal como es medido por ese aparato, no está disminuido o no lo está en proporción con la pérdida de calor que el cuerpo realmente entrega en tal ocasión. De una serie de hechos se deduce que el estado de solidez no puede ser obtenido sin la sustracción de esa considerable cantidad de calor. Y ello confirma la opinión de que esta gran cantidad de calor absorbida y, si se quiere, escondida en la composición de los fluidos, es la causa más necesaria e inmediata de su fluidez.

Para comprender las bases de esta opinión, y ante la inconsistencia de la anterior frente a numerosos hechos evidentes, debemos considerar en primer lugar las apariencias observables en la fusión del hielo y en la congelación del agua.

Si prestamos atención a la manera como el hielo y la nieve se funden cuando están expuestos al aire de una habitación caliente, o al deshielo en la primavera, percibiremos que, no obstante los fríos que estaban al principio, pronto son calentados hasta su punto de fusión, o pronto su superficie empieza a transformarse en agua. Y si la opinión común estuviera bien basada, si la transformación completa en agua de aquellos requiriera sólo la adición de una pequeña cantidad de calor, la masa del hielo o nieve, a pesar de su tamaño considerable, debería ser fundida en pocos minutos o segundos; proviniendo ese calor, necesario o incesante, del aire que lo rodea: Si éste fuera en verdad el caso, las consecuencias del mismo serían temibles en muchas ocasiones, pues aún siendo las cosas como son, la fusión de grandes cantidades de hielo y nieve ocasiona violentos torrentes y grandes inundaciones en las regiones frías, o en los ríos que provienen de ellas. Pero si el hielo y la nieve se fundieran tan rápidamente como deberían hacerlo si la primera opinión sobre la acción del calor estuviera en lo cierto, los torrentes e inundaciones serían incompatiblemente más irresistibles y espantosos. Destrozarían todo, y tan repentinamente que la humanidad tendría grandes dificultades para escapar a tiempo de su furia. Esta repentina fusión no se efectúa en la realidad: las masas de nieve y de hielo se funden en un proceso lento y requieren largo tiempo, especialmente si son de gran tamaño, como los glaciares, ventisqueros y grandes capas de nieve acumuladas durante el invierno. Estas, una vez iniciada su fusión, requieren frecuentemente muchas semanas de tiempo caluroso antes de que disuelvan totalmente en agua. Esta notable lentitud con que se funde el hielo, nos permite conservarlo durante el verano en las construcciones llamadas “casas de hielo” (depósitos de hielo). Comienza el hielo a fundirse en ellas tan pronto como es colocado en su interior, pero como el edificio expone al aire sólo una pequeña parte de su superficie y tiene una gruesa capa de barda o de paja y el acceso del aire atmosférico al interior está impedido por todos los medios posibles, el calor penetra en la “casa de hielo” lentamente; y ello, agregado a la lentitud con que el hielo está dispuesto a fundirse, hace que la fusión total se efectúe tan lentamente que en algunos de estos depósitos de hielo dura hasta el fin del verano. De la misma manera, la nieve continúa en muchas montañas durante todo el verano en estado de fusión, pero haciéndolo tan lentamente que toda la estación no es suficiente para su fusión total. Esta notable lentitud con la que se funden el hielo y la nieve, me pareció muy discordante con la opinión común de la modificación del calor durante la licuefacción de los cuerpos.

Y este mismo fenómeno constituye en parte la base de la tesis que propongo. Si examinamos lo que sucede, podremos advertir que la gran cantidad de calor que penetra en el hielo al estado de fusión para originar el agua en la que éste se transforma; y la duración del tiempo necesario para la sustracción de tanto calor a los cuerpos que lo rodean, es la razón de la lentitud con la que el hielo es fundido. Si alguna persona duda de la entrada y de la absorción de calor por el hielo en fusión, no tiene más que tocarlo: instantáneamente sentirá que este absorbe rápidamente el calor de la mano. Puede también examinar los cuerpos que lo rodean o están en contacto inmediato con el hielo; o, si éste está suspendido de un hilo en el aire de una habitación, podrá percibir con su mano o mediante un termómetro una corriente de aire frío que desciende constantemente del hielo. En efecto: el aire en contacto con aquel que está siendo privado de una parte de su calor, y por lo tanto, enfriado, se torna más pesado que el aire del resto del ambiente; por esta causa se dirige hacia abajo, siendo su lugar ocupado inmediatamente por el aire más caliente, y por ello

más liviano, el cual, a su vez, pierde pronto algo de su calor y desciende de la misma manera. De ahí que se establezca una corriente continua de aire caliente, desde el derredor hacia las inmediaciones del hielo, y un descenso de aire frío desde la parte baja de la masa del hielo suspendido. Durante esta operación, el hielo ha de recibir necesariamente una gran cantidad de calor.

Es evidente, pues, que el hielo fundente recibe calor muy rápidamente, pero el único defecto es transformarlo en agua, la que no es un ápice más caliente que el hielo. Un termómetro aplicado a las gotas o pequeñas corrientes de agua a la salida inmediata del hielo, acusará la misma temperatura que cuando se lo coloque directamente sobre el hielo; o, si hay alguna diferencia, es demasiado pequeña como para tomarla en consideración o prestarle atención. Por consiguiente, una gran cantidad de calor, o de la sustancia del calor, entra en el hielo y no produce otro efecto que darle fluidez, sin aumentar sensiblemente su calor, parece ser absorbido y escondido en el seno del agua del tal modo que no puede descubrirse por la aplicación del termómetro.

Con el fin de entender esta absorción del calor dentro del hielo se derrite y se esconde en el agua, para mayor claridad, voy a realizar el siguiente experimento.

Black describe un experimento, el cual, cuando iguales masas de agua y hielo son expuestas a fuentes similares de calor, se encontraba que la temperatura del agua se elevaba regularmente, mientras que el agua formada por hielo derretido no elevaba su temperatura. Él además, describe los resultados que obtiene mezclando agua y hielo. El análisis de uno de estos experimentos sigue. (Nota del Editor)

Yo hago, en la misma forma, colocando un pedazo de hielo en la misma cantidad de agua, calentado a la temperatura de 176° y el resultado fue que el fluido no estaba tan caliente como el agua, justamente al empezar a congelarse.

Ahora, si a un poco de agua salada de mar se adiciona al agua, y se calentaba sólo a 166° o 170° , podemos producir un fluido sensiblemente más frío que el hielo que teníamos al comienzo. Esto nos parecía un curioso rompecabezas que no está de acuerdo con los hechos generales.

Esto es, sin embargo, prueba de que el fenómeno que tiene que ver con el hielo derritiéndose en diferentes circunstancias es inconsistente con la opinión que comúnmente se tiene sobre esta materia y que sustenta lo que yo había propuesto.

En la anterior descripción de procesos comunes de congelamiento del agua, la “extrication” y salida del calor latente, si se le permite más los términos, es realizado en pequeños pasos, o más bien, con un progreso tan suave, que se pueden encontrar dificultades en aprehenderlo. Pero yo voy a mostrar otro ejemplo, en el cual esta “extrication” del calor escondido empieza a manifestarse y golpear.

Este ejemplo es un experimento, primero hecho por Fahrenheit, pero ha sido repetido y confirmado por muchos otros.

Él deseaba congelar agua de la cual el aire había sido cuidadosamente extraído. Esta agua era vertida en pequeños globos de vidrio, llenos cerca de una tercera parte y cuidadosamente cerrados para evitar que el aire entrara nuevamente en ellos. Estos globos eran expuestos al aire en un clima muy frío; y se dejaban allí por un largo tiempo, de tal

manera que uno tuviera razones para pensar que estaban en la misma temperatura del aire frío, el cual estaba a seis o siete grados por debajo del punto de congelamiento. El agua, sin embargo, todavía permanecía fluida tanto tiempo como el agua fuera dejada a la intemperie, sin perturbarla, pero una vez que se tomaba y se agitaba un poco, una repentina congelación sucedía.

Se había visto por el trabajo de muchos otros que el experimento se podía realizar aunque al agua, no se le hubiera extraído el aire, y que la circunstancia más importante era que, fuera guardada en vasos de pequeño tamaño y preservada cuidadosamente de la más mínima perturbación. Los vasos por lo tanto debían ser cubiertos con papel o algo, para prevenir movimientos debidos al aire que afectaran la superficie del agua. En estas circunstancias podía ser enfriada seis o siete grados por debajo del punto de congelamiento, sin que se congelara si se perturbaba, aparecía una repentina congelación, no de la totalidad, sino de pequeñas partes únicamente; la cual forma láminas de hielo que atraviesan el agua en toda dirección y forman una contextura esponjosa de hielo que contiene agua en sus vecindades, dando la apariencia de que todo ha sido congelado. Pero el hecho más importante es que mientras esto sucede (y sucede en un instante de tiempo) esta mezcla de hielo y agua empieza repentinamente a calentarse y hace que el termómetro inmerso en ella llegue hasta el punto de congelación.

Nada puede ser más inconsistente con la vieja opinión relativa de la causa de congelación que los fenómenos de este experimento. Esto muestra que la pérdida de no más que una pequeña cantidad de calor, después de que el agua es enfriada debajo del punto de congelación, no es la más necesaria e inseparable causa de su congelación, ya que el agua es enfriada 6°, 7° u 8° bajo ese punto sin ser congelada.

DEL VAPOR Y VAPORIZACIÓN

Una más justa explicación se el debe ocurrir a cualquier persona, quien quiera tomar esta materia con paciencia y atención.

En la forma ordinaria de calentar el agua, el calor usado es aplicado a las partes inferiores del fluido. Si la presión sobre la superficie no se incrementa, el agua rápidamente adquiere el calor que se puede tener, sin asumir la forma de vapor. Cualquier adición subsecuente de calor, por lo tanto, en el mismo instante en el cual ellos entran en el agua, debe convertir en vapor esa parte que afecta. Como estas adiciones de calor entran todas por la parte inferior del fluido, exige una constante producción de vapores elásticos ahí, los cuales como ya es sabido, no pesan casi nada, deben elevarse a través del agua que la rodea y aparecer atravesando la superficie con violencia y de ahí ser difundida a través del aire. El agua es así gradualmente gastada tanto como la ebullición continúe, pero su temperatura jamás es incrementada, al menos en esa parte que permanece después de una larga, continuada y violenta ebullición. Las partes efectivamente en contacto con el fondo de la vasija, podemos suponer que reciben un poco más de calor pero este es instantáneamente comunicado a los alrededores del agua a través del cual los elásticos vapores se elevan.

Esto tiene la apariencia de ser una idea simple y una completa descripción de la producción de vapor, y de la ebullición de los fluidos. Esta era la única descripción antes de que yo empezara a realizar estas lecturas. Pero yo estoy convencido de que esto no es todo lo que se puede decir al respecto. De acuerdo a esta descripción y a la forma como concebimos la formación del vapor, nosotros podríamos afirmar que, después de que el cuerpo es calentado hasta su punto de evaporación, no es necesario más que añadir una pequeña cantidad de calor para transformarlo en vapor. Se supone además de otra forma cuando el vapor de agua es enfriado para alcanzar su condensación, esta condensación o retorno al estado de agua, puede suceder a causa o en consecuencia de haber perdido sólo una pequeña cantidad de calor.

Pero yo puedo fácilmente mostrar, en la misma forma que en el caso de los fluidos que una gran cantidad de calor es necesaria para producir el vapor, aunque el cuerpo esté ya calentado a esa temperatura que no puede sobrepasar por los más pequeños posibles grados, sin ser convertida en vapor.

La innegable consecuencia de esto debería ser una explosión de toda el agua e igual a la de la pólvora. Pero yo puedo mostrar, que esta gran cantidad de calor entre en el vapor gradualmente, mientras se está formando, sin hacer perceptiblemente más caliente el fenómeno. El vapor, si es examinado con un termómetro tiene el mismo calor que el agua hirviendo de la cual se eleva. El agua debe ser elevada a cuarta temperatura, porque, a esa temperatura únicamente, ella está dispuesta a absorber calor y no explota instantáneamente, porque en ese instante, no puede hacer una suficiente cantidad de calor atravesando la masa de agua.

De otra manera, yo puedo mostrar que cuando el vapor de agua es condensado en un líquido, la misma cantidad de calor sale fuera de él y entra a enfriar la materia por la cual él fue condensado.

La materia del vapor, o el agua a la cual es cambiado, no esté sensiblemente más fría por la pérdida de esta cantidad de calor. No se empieza a enfriar en proporción a la cantidad del calor ostensible de ella durante su conversación.

Todo esto empezó a ser evidente cuando consideramos con atención la formación gradual el vapor, a consecuencia de la continua aplicación de una causa de calor.