

Rudolf Clausius, el “padre” de la entropía y precursor de las energías renovables

Rudolf Julius Enmanuel Clausius nace en Koszalin, en la Pomerania oriental, actualmente en Polonia, el 2 de enero de 1822. Su padre Carl Ernest Clausius, teólogo y profesor y su madre Charlotte Wilhelmine, tuvieron 17 hijos. Asistió a la escuela de su padre hasta los 16 años. Como su familia se mudó a Szcecin, se graduó allí en la escuela secundaria Federico el Grande en 1840. A los 18 años decidió ingresar en la universidad de Berlín, aunque no sabía qué estudiar, si historia o matemáticas, eligiendo esta última¹.

Se licenció en 1844, y pasó un año enseñando matemáticas y física en el Gymnasium Frederick-Werder. Dos años después ingresó en el Real Seminario de Boeck, presentando su primer trabajo para su tesis doctoral en la Universidad de Halle en 1847, sobre el origen del color azul de cielo, y los colores rojos que tomaba al amanecer y anochecer². Este trabajo se publicaría un año después en un periódico privado.



Clausius en Zurich

En 1849, publica su segundo trabajo sobre la propagación de las ondas en los cuerpos cristalinos, en “Annalen der Physik”. Comienza a estudiar los trabajos de Sadi Carnot sobre el calor³, y publica su primer trabajo sobre el calor, el 18 de enero de 1850: “Sobre la fuerza móvil del calor y las leyes del calor que pueden deducirse de él” (en el volumen 79 de Annalen der Physik⁴). Ese año fue nombrado profesor de Física en la Escuela Real de artillería e ingeniería de Berlín y a finales de este año pronuncia su primera conferencia como Privatdocent.

En 1854, en una de sus publicaciones y en el teorema de la equivalencia del calor y el trabajo, propuso la ecuación $Q=U+AW$, siendo U lo que llamó calor sensible, A un factor de conversión para el equivalente calorífico del trabajo W.

Cinco años después, el 29 de agosto de 1855, fue nombrado catedrático de Física Matemática del Politécnico de Zurich, y en 1857, fue nombrado para el mismo puesto en la Universidad de Zurich. En su artículo de ese año: “Sobre la naturaleza del calor comparado con la luz y el sonido”, será el precursor de la publicación de ese año: “Sobre la naturaleza del movimiento que llamamos calor”, en el que desarrolla su visión sobre la teoría general de los gases.

En un segundo artículo del año siguiente, introduce el concepto de recorrido libre medio de las moléculas de los gases.

En 1862 se casa con Adelheid Rimpan, con la que tendrá 6 hijos⁵. Al fallecer después del sexto parto, y quedar Clausius al cuidado de ellos, va a tener que restringir su trabajo de investigación.

Ya en 1864, cuando designa U, como contenido térmico de un cuerpo, había querido introducir la expresión “contenido ergonal de un cuerpo”, de forma que U sería la suma del contenido térmico y del contenido ergonal⁶.

¹ Su profesor de matemáticas escribió: “El señor Clausius de Koszalin ha asistido a mis conferencias sobre ciencias matemáticas durante tres meses y me demostró que no solo tenía talento matemático sino que disfrutaba ampliando sus conocimientos”

² El título era “De iis Atmosphaerae Particulis quibus lumen Reflectitur”(Sobre esas partículas atmosféricas que reflejan la luz).Lo hizo aplicando desarrollos matemáticos, pero partió del error de atribuirlos a la refracción y reflexión de los rayos solares, y a su polarización y no a la difracción.

³ La frase del trabajo de Carnot que causó profunda impresión sobre Clausius, fue en sus propias palabras: “Siempre que el trabajo se realiza por calor no se produce un cambio permanente en la condición del cuerpo de trabajo y negar esto derrocaría todas la teoría del calor de la cual es su base”.

⁴ Se trasladará al Philosophical Magazine, de mayor divulgación, en julio de 1851.

⁵ Poco después dar a luz su sexto hijo, fallece, dejando a Rudolf la responsabilidad de criarlos. Según su hermano: “Era el mejor y mas cariñoso de los padres entrando plenamente en las alegrías de sus hijos. El mismo supervisaba sus trabajos escolares”.

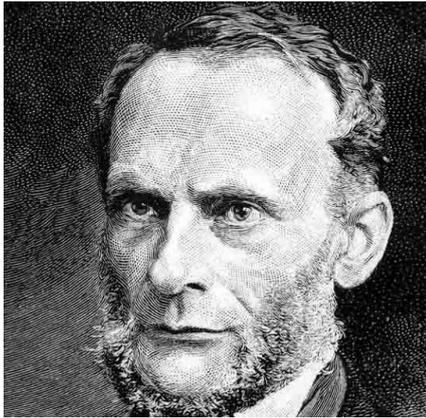
⁶ Inicialmente no empleó ergonal sino Werkinhalt.

En 1865, en su novena memoria, relaciona término que ya había avanzado en su memoria de 1854, donde había asegurado la imposibilidad del paso espontáneo y simultáneo de calor de un cuerpo frío a otro caliente y donde aparecía la ecuación:

$$N = \int dQ/T$$

Siendo T la temperatura absoluta, ecuación muy similar a la que aparece en la novena memoria, y que servirá para definir la variable que denominará entropía, representada por la letra S

$$\int dQ/T = S - S_0$$



Clausius en Alemania (retrato)

De esa forma acuña en término entropía, en paralelo con el de energía, destacando: "He formulado intencionalmente el término de entropía⁷, como lo más parecido aunque no igual al de energía, pues no son magnitudes iguales. Aclara que este término podía medir el estado de desorden de un cuerpo, con lo cual, ayudaba a reconocer como efecto del calor como una tendencia al aumento del desorden. Cambia la definición de N, introduciéndole el signo negativo y denominándolo "transformación descompensada".

En 1867, deduce la ecuación llamada actualmente de Clausius Clapeyron que expresa la relación entre la presión y la temperatura a la que dos fases de una sustancia están en equilibrio.

En 1867, regresa a Alemania donde la universidad de Wurzburg le ofreció una cátedra. Solo estará 2 años, trasladándose a Bonn en el 1869.



Clausius en Bonn

En 1870, estalla la guerra franco prusiana, y Clausius, se va al frente donde organiza un servicio de ambulancia, interviniendo en las batallas de Vionville y Gravelotte, donde fue herido en una pierna, lo que le provocara una discapacidad para andar, el resto de su vida⁸. Por ello recibe la Cruz de Hierro, y por sus servicios en la campaña militar. En ese año también recibe la medalla Huyghens, pero por distintos motivos.

Habiendo sido elegido miembro de la Royal Society de Londres en 1868, recibe la medalla Copley de dicha sociedad en 1879.

En 1875, publica la Teoría mecánica del calor (La edición inglesa es del 79), en la cual aparecen ya las dos ecuaciones fundamentales de la termodinámica que corresponde a los dos principios $dQ=dU+dW$, y $dQ=TdS$, con los postulados 1:La energía del universo es constante y

2:La entropía del universo tiende al máximo⁹.

En 1880, da una charla sobre "Los suministros de energía de la naturaleza y la utilización de ellos en beneficio de la humanidad", que se convertirá en libro en 1885. En él advierte que el futuro de la humanidad dependerá de que seamos capaces de alimentar nuestras industrias y máquinas con energía solar, ya de forma directa o

⁷ Procedería del griego tropé (giro o transformación) con el prefijo en (interna). En principio lo denominó Verwandlungsinhalt (contenido transformacional), o sea la parte de energía en una transformación que no es capaz de producir movimiento

⁸ Por ese motivo tuve que aprender a montar a caballo.

⁹ Estos dos postulados que ya había enunciado el 24 de abril de 1865, aparecían en la página 400, de su libro.



Clausius, rector de la universidad de Bonn

indirecta, ya que cualquier obtención de energía sin un gasto de energía sería absolutamente imposible. Pone así la primera piedra sobre energías renovables, con un siglo de antelación.

En 1883 recibe el premio Poncelet.

En 1884, fue nombrado rector de la universidad de Bonn. Dos años después y con 64 años, se volverá a casar con Sophie Stack, que le dará otro hijo.

Siguió trabajando hasta el 24 de agosto de 1888, día en el que fallece en Bonn.