



2019

Termodinámica

Guía 1:

Principio cero, temperatura, sistemas termodinámicos.

Problema 1.1

La expresión de la entropía para un gas ideal de partículas clásicas tiene como expresión:

$$S(E, V, N) = Nk \left[\frac{3}{2} + \ln \left(V \left(\frac{4\pi m E}{3N} \right)^{3/2} \right) \right]$$

a- Demuestre que no es una magnitud intensiva. El resultado se conoce como la paradoja de Gibbs, quién derivó la expresión correcta.

b- ¿Cómo debe modificar la expresión anterior para que sea magnitud intensiva?

Problema 1.2

Cuál es la temperatura de:

El interior del Sol.

El exterior del Sol.

El freezer de una heladera.

La temperatura media de la Antártida.

Una llama de autógena.

La temperatura más baja obtenida en un laboratorio.

Del espacio exterior.

Un horno de cocina.

De ebullición de agua a nivel del mar y a 3000 mtrs. de altura.

Una explosión nuclear.

La mayor temperatura obtenida por el hombre.

El punto de fusión del hierro.

El interior de la Tierra.

a- Grafique todas las temperaturas obtenidas y agregue en cada una de ellas el principio físico que las genera.

Problema 1.3

Demuestre que la expresión de un gas de Van der Waals es una ecuación de estado.

Problema 1.4

Un gas tiene un volumen de 2L, una temperatura de 30C y una presión de 1 atm. Se calienta a 60C y al mismo tiempo se comprime hasta un volumen de 1,5L. ¿Cuál es su nueva presión?

Problema 1.5

Una mejor aproximación para describir el comportamiento de un termómetro de gas, consiste en utilizar la expresión del virial de la ecuación de estado:

$$p \cong \frac{V}{N} k\theta \left[1 + B(\theta) \frac{N}{V} + \dots \right]$$

donde, la función $B(\theta)$ se llama el segundo coeficiente del virial.

Desarrolle a primer orden en N/V y escriba la expresión de la temperatura en términos de la presión. Compare con los resultados experimentales.

Problema 1.6

Describa la ecuación de estado de una estrella de neutrones.

- a- Detalle las condiciones de equilibrio.
- b- Determine el radio de Chandrasekhar.

Problema 1.7

Utilice la ecuación de gas ideal para obtener un modelo de la atmósfera terrestre.

Problema 1.8

En 2013 ocurrió una historia de supervivencia increíble. El tripulante del barco AHT jascon-4 llamado Harrison Okene sobrevivió al naufragio del barco durante 3 días gracias a una burbuja de aire que quedó en el interior del barco hundido. Si, sobrevivió 3 días hasta que lo rescataron en el interior del barco hundido!!!

¿Cómo es posible?

- a- Utilice las ecuaciones de gas ideal para describir la cantidad de aire disponible, suponiendo que el barco se encontraba a 30 mts. De profundidad y que el espacio disponible era de aproximadamente 2m^3 .
- b- Estime el tiempo de vida máximo bajo estas condiciones.

Problema 1.9

Expresé las temperaturas obtenidas en el problema 1.2, en la escala Fahrenheit, Celsius y Kelvin.

Problema 1.10

Si les gusta jugar al ping-pong sabrán que una forma de reparar una pelotita que se abolló es colocarla en agua hirviendo. ¿Por qué? Explique utilizando sus conocimientos de termodinámica.

Problema 1.11

Un recipiente se encuentra dividido a la mitad por una pared adiabática que puede deslizar sin rozamiento. En uno de los lados se encuentra un gas ideal a $T=200\text{K}$ y $p=1\text{atm}$ y del otro un gas de Fermi completamente degenerado ($T < T_F$). Inicialmente la pared divisoria se encuentra trabada en la mitad del recipiente, si se libera la misma, ¿cuál será la relación entre los volúmenes cuando el sistema alcance el equilibrio? Suponga que hay igual número de partículas en ambos lados.

Problema 1.12

Un problema clásico sobre moles y gases nos dice que las posibilidades de inspirar aire para llenar nuestros pulmones y meter en nuestro cuerpo una molécula del último suspiro de Julio César es del 98,2%, ¿será así?

Problema 1.13

25 gramos de H_2 y 10 gramos de O_2 se colocan en un recipiente a 330K y $101,325\text{kPa}$. La mezcla combustiona para formar vapor de agua. El recipiente se enfría por debajo de los 300k después de la reacción. Determine la presión total en el contenedor.

Problema 1.14

Demuestre utilizando la ley cero, que dos isotermas no se pueden intersectar.

Problema 1.15

Grafique las isotermas de un sólido:

$$V = V_0(1 + \alpha T - \kappa p)$$

con V_0 , α y κ constantes que caracterizan al material, en un diagrama pV . Compare con las isotermas de un gas ideal.

Problema 1.16

Los electrones de conducción de un metal se describen utilizando el concepto de gas de Fermi, el cual presenta una temperatura característica (temperatura de Fermi):

$$T_F = (3\pi^2 n)^{2/3} \frac{\hbar^2}{2mk}$$

donde $n = N/V$, m es la masa de los electrones, y \hbar la constante de Planck. por debajo de dicha temperatura, se dice que el gas es completamente degenerado y su presión se describe como:

¿Qué está más caliente, el paraíso o el infierno?

Por muy físico que uno sea, no deja de tener alma. Y, por lo tanto, ganas de saber lo que le espera en el más allá. ¿Realmente acudirá a la cita la dulzura del paraíso? ¿Y los condenados se asan verdaderamente en el infierno? Puesto que los testimonios de los que han regresado del otro mundo no son demasiado concluyentes, mejor será utilizar las leyes de la física para calcular la temperatura que reina en las dos párelas post mórtem. Eso es precisamente lo que hizo un investigador anónimo en una célebre correspondencia publicada por la revista *Optics* en 1972.

Para recabar indicios objetivos, el autor recurrió a las mejores fuentes en la materia, es decir, la Biblia. Descubrió así, en el Libro de Isaías, un pasaje que describe la atmósfera del paraíso. Según su interpretación, la Luna brilla allí como el Sol en la Tierra, y la luz que recibimos de nuestra estrella es cuarenta y nueve veces más brillante que la que cae sobre la superficie de nuestro planeta. Por consiguiente, en los cielos, la irradiación es cincuenta veces más alta que en el suelo. Tras aplicar la ley de Stefan-Boltzmann, dedujo que la temperatura en el paraíso es de... ¡525C! Sin duda las alas de los ángeles son ignífugas.

¿Pero qué ocurre en el infierno? El Apocalipsis nos procura algún indicio al afirmar que el lugar de los cobardes, los infieles, los mentirosos, los seres abominables, los asesinos, las personas inmorales, las que practican magia o adoran a los ídolos está «en el lago de azufre en llamas, que es la segunda muerte» Ahora bien, la ciencia nos dice que el punto de ebullición del azufre se encuentra en los 444,61C. Más allá, este elemento se vuelve gaseoso. ¡La conclusión por lo tanto, es que hace menos calor en el infierno que en el paraíso!

Este descubrimiento armó un gran jaleo en 1972, pero en los años siguientes se demostró que el anónimo físico se había equivocado en sus dos estimaciones. La primera corrección llegó en 1979, a través del *Journal of Irreproducible Results*, una revista consagrada a la ciencia humorística. Ésta recordó que el punto de ebullición de un elemento depende de la presión del entorno. La Gehena, lugar donde bíblicamente se sitúa el infierno, es un lugar de volumen restringido. Los miles y miles de millones de pecadores que se han reunido allí desde la creación del mundo producen una monstruosa presión evaluada, por medio de unos cálculos que sería demasiado largo exponer aquí en 14,5 millones de veces la presión atmosférica terrestre. En esas dantescas condiciones, el azufre se vuelve líquido a temperaturas mucho más levadas que 525C. El sentido común recupera sus derechos: el infierno era en efecto, el peor de los lugares que puede visitarse después de la muerte.

La segunda corrección se refirió a la temperatura del paraíso. En 1998, en una cata dirigida a *Physisc, Today*, dos investigadores españoles explicaron que la interpretación del libro Isaías mencionada en *Applied Optics* era falsa y que la irradiación luminosa que se recibía en casa de San Pedro, solo era ocho veces (y no cincuenta) mayor que la recibida en la Tierra. Gracias a esta corrección, ahora es posible afirmar que la temperatura de la Jerusalén celestial es de 231C, es decir un calor suficiente para tomar un baño de azufre líquido (siempre que sea a presión normal...)

Al final de la investigación científica, queda claro que el paraíso está lejos de ser tan hospitalario como se cree. Queridos físicos, ¿alguno de vosotros podría indicarnos la temperatura de purgatorio?

$$p_F = \frac{2}{5}nkT_F$$

- a- Calcule la presión de un gas de electrones para el sodio a temperatura ambiente.
- b- Compare con la presión obtenida por el mismo gas si siguiera una ley tipo gas ideal.

Problema 1.17

Un termómetro de gas de volumen cte. es utilizado para medir la temperatura de un elemento, utilizando el punto triple del agua como referencia. La presión dentro del recipiente que contiene al gas se mide a través de un barómetro de mercurio. (la altura es proporcional a la presión). Utilizando los siguientes resultados, determine la temperatura medida.

Lectura en el punto triple (mm Hg)	Medición (mm Hg)
98	133,9
301	411,4
597	816,6
821	1123,4

Problema 1.18

La Escala Internacional de Temperatura ITS-90, fue adoptada por el Comité Internacional de Pesos y Medidas en su reunión de 1989. Las temperaturas son definidas en términos de los estados de equilibrio de fases de sustancias puras los cuales son llamados puntos fijos.

- a- Describa cómo se realiza la medición de temperatura en el rango de 903,89K hasta 1337K. Describa el termómetro utilizado y los puntos fijos de referencia.
- b- Realice el mismo procedimiento para el intervalo 0,65K a 5K.

Problema 1.19

Los sistemas termodinámicos no solamente se tratan de sistemas cuyas variables termodinámicas son p, V, T . Describa los siguientes sistemas, y sus las variables termodinámicas, grafique sus isothermas:

- a- Un material paramagnético.
- b- Un sólido modelado a través de la ecuación de Murnaghan.
- c- Una sustancia ideal elástica.
- d- La radiación emitida por un cuerpo negro.

Problema 1.20

Utilice la ecuación para una mezcla de gases para describir el aire húmedo.

Problema 1.21

Cuando los efectos cuánticos son importantes, la ecuación de un gas ideal no es adecuada para describir un sistema termodinámico en dicho contexto. Las ecuaciones de estado se obtienen gracias a la mecánica estadística y se denominan estadísticas de bosones y fermiones.

- a- Describa las ecuaciones de estado de los tres sistemas considerados.
- b- Compare a altas y bajas temperaturas los tres sistemas.