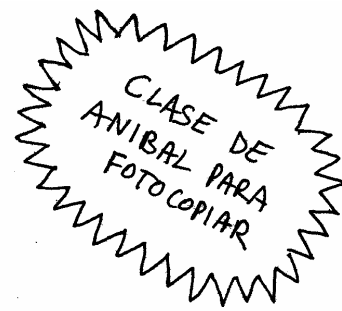




SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINAMICA



El tema de 2do principio es bien complicado. Formulas difíciles de usar, conceptos antiintuitivos, etc. Encima no hay de donde leerlo. Tampoco se los podés preguntar a tu papá o a tu tío o a tu primo porque ninguno se lo va a acordar. A lo sumo te van a decir que se acuerdan que era un tema inentendible. Conclusión: Yo voy a tratar de explicarte un poco como es el asunto. Pero no esperes entender perfectamente este tema. Nadie entiende del todo bien el 2do principio de la termodinámica. Para que puedas entender mejor, voy a hablarte del 2do principio en forma poco rigurosa. Eso quiere decir que puede haber cosas que no sean del todo correctas. O sea, sin hilar fino. Pero bueno, todo sea para que puedas tratar de entender un poco. Hecha estas aclaraciones, empiezo.

CONCEPTO DE 2DO PRINCIPIO

El 2do principio de la termodinámica tiene 20 formas diferentes de ser enunciado. Te digo alguno de esos enunciados.

- 1 - El trabajo se puede transformar totalmente en calor. El calor no puede ser transformado totalmente en trabajo.
- 2 - El calor pasa siempre de los cuerpos de mayor temperatura a los cuerpos de menor temperatura.
- 3 - El desorden de un sistema siempre aumenta.

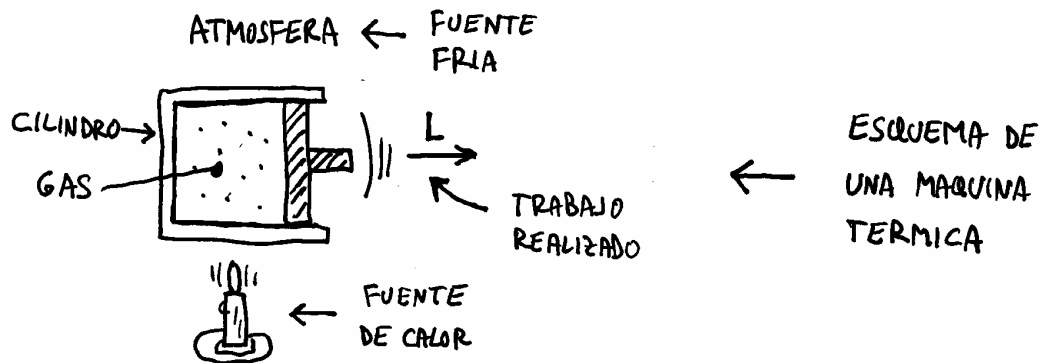
MAQUINAS TERMICAS

Una máquina térmica es una especie de aparato que transforma calor en trabajo. Vos le entregás calor, ella te entrega trabajo. Estas máquinas térmicas funcionan con una fuente fría y una fuente caliente. La fuente caliente suele ser una caldera donde se mete leña. La fuente fría suele ser la atmósfera. Por ejemplo, las viejas máquinas de vapor, las locomotoras antiguas, los motores de los autos y cosas por el estilo. En realidad cualquier máquina que funcione con calor es una máquina térmica. Por ejemplo una heladera también es una máquina térmica.

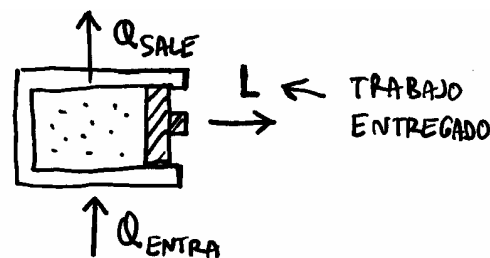
En principio una máquina térmica es un aparato hecho con tuercas y tornillos como una locomotora o el motor de un auto. Pero en realidad una máquina térmica es cualquier cosa que agarra calor y lo transforma en trabajo. Visto de esta manera, el cuerpo humano también es una máquina térmica. Vos le das calor al cuerpo en forma de energía química con los alimentos y él te lo transforma en trabajo. Ese trabajo puede ser andar en bicicleta, subir una montaña o lo que sea.

Todo muy lindo pero en la práctica para resolver los problemas hay que considerar que una máquina térmica es un cilindro con gas al que se le entrega calor. Vos le entregás calor, el gas se expande, el pistón del cilindro se mueve y con ese movimiento uno puede realizar un trabajo.

Por ejemplo un pistón en movimiento puede abrir y cerrar una puerta, o puede mover un auto, o puede levantar un ascensor o lo que sea. Es decir, una máquina térmica sería algo así:



Desde el punto de vista de la termodinámica uno dice que tiene un sistema que es un gas encerrado dentro de un cilindro. Ese gas recibe calor de una fuente de calor. Lo llamo Q_{ENTRA} . La máquina usa ese calor Q_{ENTRA} para expandir el gas. El gas se expande y genera un trabajo eL . Pero todo el calor Q_{ENTRA} no puede ser aprovechado. Hay una parte que se pierde y se va a la atmósfera. A ese calor desaprovechado lo llamo Q_{SALE} . Mirá el dibujito:



Supongamos que hago entrar 100 Kilocalorías al gas del cilindro. Ponele que de esas 100 Kcal logro aprovechar 10 Kcal para realizar trabajo y el resto se pierde. Puedo decir que :

$$\begin{aligned} Q_{ENTRA} &= 100 \text{ Kcal} \\ L_{REALIZADO} &= 10 \text{ Kcal } (= 41860 \text{ Joule}) \\ Q_{SALE} &= 90 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Para obtener el calor perdido hice la cuenta $Q_{Sale} = 100 \text{ Kcal} - 10 \text{ Kcal}$. Conclusión, la fórmula que voy a usar de ahora en adelante para las máquinas térmicas es la

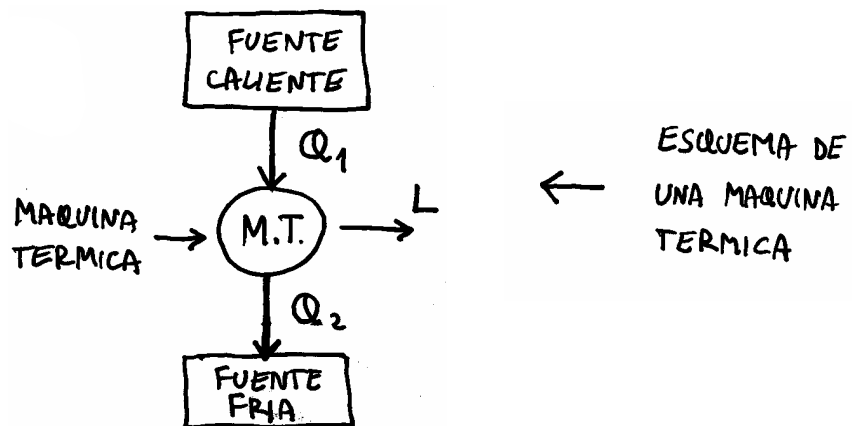
que dice que todo el calor que entra a la máquina sale en forma de de trabajo y en forma de calor que se pierde en la fuente fría. Es decir:

$$Q_{\text{ENTRA}} = L_{\text{REALIZADO}} + Q_{\text{SALE}}$$

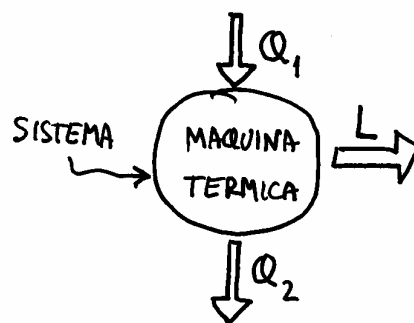
Si llamo Q_1 al calor que entra y Q_2 al calor que sale puedo poner : $Q_1 = Q_2 + L$
O Lo que es lo mismo:

$$L = Q_1 - Q_2$$

No hay que complicarse mucho. Todo este asunto de tener un cilindro con un gas encerrado al que se le entrega calor y realiza trabajo es la famosa máquina térmica. Se lo simboliza así:



Ellos dicen que la máquina térmica evoluciona siguiendo ciclos. Esto está bien porque el gas que está adentro se calienta, se expande, realiza trabajo, se enfría y finalmente se contrae. Ahí se le vuelve a entregar calor y el ciclo vuelve a empezar. Dentro de la máquina térmica, el sistema es el gas. Todo lo que yo planteo de acá en adelante para la máquina térmica, en realidad lo estoy planteando para el gas dentro del cilindro. Repito: mi sistema es el gas. Es decir que lo que en realidad tengo es esto :



De acá sacamos una conclusión importante que es esta: como el gas de adentro

evoluciona haciendo ciclos, $\Delta U_{\text{gas}} = 0$. Cuando digo $\Delta U_{\text{gas}} = 0$ quiero decir que para la máquina térmica $\Delta U = 0$. Esto es así porque en realidad la máquina térmica es el gas que tiene adentro.

RENDIMIENTO DE CARNOT

Para las máquinas térmicas se define una cosa que se llama rendimiento de Carnot. La máquina térmica siempre funciona entre 2 temperaturas T_1 y T_2 . Estas temperaturas son las de la fuente caliente las de la fuente fría y. El rendimiento de Carnot depende de esas temperaturas $T_{\text{FRÍA}}$ y T_{CALIENTE} . El rendimiento de Carnot se calcula así:

$$\eta_{\text{CAR}} = 1 - \frac{T_{\text{FRÍA}}}{T_{\text{CAL}}}$$

KELVIN
← RENDIMIENTO DE CARNOT

La letra η se lee "Eta". Atención, las temperaturas T_1 y T_2 de la fórmula van siempre en Kelvin. El rendimiento siempre es un número menor que 1. Por ejemplo 0,25 (= 25 %). Lo que hace este número es dar una idea del máximo trabajo que puede realizar una máquina térmica ideal. Una máquina térmica real NUNCA puede tener un rendimiento mayor que la máquina térmica ideal de Carnot.

RENDIMIENTO REAL DE UNA MÁQUINA TÉRMICA

El rendimiento de Carnot es el máximo rendimiento que puede tener una máquina térmica. Pero este rendimiento es teórico. El rendimiento real que tiene una máquina térmica es siempre menor que el rendimiento de Carnot. Este rendimiento real que se obtiene se calcula haciendo la relación entre el calor que entrego y el trabajo que obtengo. O sea:

$$\text{ETA} \rightarrow \eta = \frac{L_{\text{REALIZADO}}}{Q_{\text{SUMINISTRADO}}}$$

← RENDIMIENTO DE UNA MÁQUINA TÉRMICA (NO ES EL DE CARNOT)

El trabajo realizado es el calor entregado menos el calor que se pierde en la fuente fría. Es decir, $L = Q_1 - Q_2$. Me queda:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

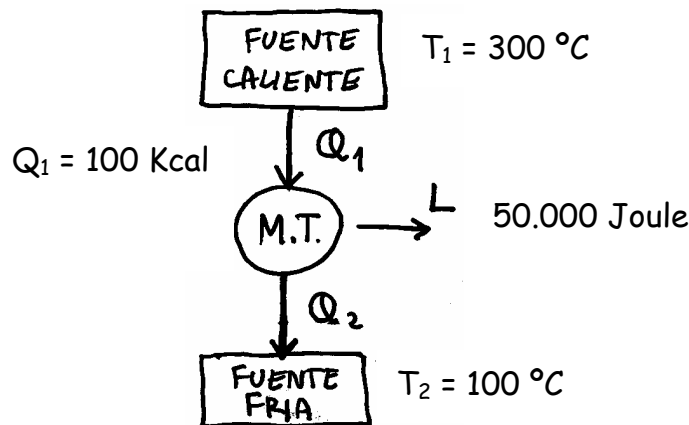
← RENDIMIENTO DE UNA MÁQUINA TÉRMICA

Ejemplo:

Una máquina térmica trabaja entre 2 temperaturas $T_1 = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se le entrega a la máquina una cantidad de calor $Q_1 = 100\text{ Kcal}$. La máquina entrega un trabajo de 50.000 Joule. Calcular:

- El rendimiento de la máquina térmica.
- El rendimiento máximo que podría llegar a tener esa máquina térmica.
- El calor que se pierde en la fuente fría.

Solución: Hago un dibujito:



Paso las temperaturas a Kelvin: $T_1 = 300\text{ }^{\circ}\text{C} = 573\text{ Kelvin}$. $T_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C} = 373\text{ Kelvin}$.

Paso 50 mil Joule a Kilocalorías: $50.000 / 4186 = 11,95\text{ Kcal}$. Hago las cuentas:

$$\eta = \frac{L_{\text{REALIZADO}}}{Q_{\text{SUMINISTRADO}}}$$

$$\rightarrow \text{Eta} = 11,95\text{ Kcal} / 100\text{ Kcal}$$

$$\rightarrow \text{Eta} = 0,1195 = 11,95\%$$

El máximo rendimiento de la máquina térmica es el rendimiento ideal de Carnot. Entonces, uso la fórmula de Carnot:

$$\eta_{\text{CAR}} = 1 - \frac{T_{\text{FRÍO}}}{T_{\text{CAL}}}$$

$$\text{Eta}_{\text{CAR}} = 1 - 373\text{ K} / 573\text{ K}$$

$$\rightarrow \text{Eta}_{\text{CAR}} = 0,349 = 34,9\%$$

Esta máquina térmica No es muy eficiente. Desaprovecha mucho la energía. De cada 100 Kcalorías que se le entregan sólo usa 12 Kcal. Las otras 88 Kcal se pierden.

El rendimiento real de esta máquina es del 12 % mientras que el máximo teórico dado por la fórmula de Carnot es del 35 %.

ENTROPIA (Atento)

Esta parte no la terminé de escribir todavía. Te pongo las principales fórmulas :

$S \leftarrow$ Entropía (Ese)

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

\leftarrow CALCULO DE LA VARIACIÓN DE ENTROPIA

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

\leftarrow CALOR ENTREGADO O RECIBIDO PUEDE SER \oplus O \ominus .

\leftarrow TEMPERATURA A LA QUE FUE ENTREGADO EL CALOR. VA EN KELVIN. DEBE SER CTR.

$$\Delta S_{\text{UNIV}} = 0 \leftarrow \text{SOLO VALE PARA EVOLUCIÓN REVERSIBLE}$$

$\Delta S \leftarrow$ VARIACIÓN DE ENTROPIA (se le delta ese)

MEDIO MEDIO
MEDIO SISTEMA MEDIO
MEDIO MEDIO

SISTEMA + MEDIO = UNIVERSO

$$[S] = \frac{\text{Joule}}{\text{Kelvin}} \text{ o } \frac{\text{Kilocal}}{\text{Kelvin}} \leftarrow \text{Unidades de la entropía.}$$

$$\Delta S_{\text{SIST}} + \Delta S_{\text{MEDIO}} = \Delta S_{\text{UNIV}}$$

$$\Delta S_{\text{UNIV}} = \text{SIEMPRE } \oplus \text{ (o CERO)}$$

$$\Delta S_{\text{UNIV}} \geq 0$$

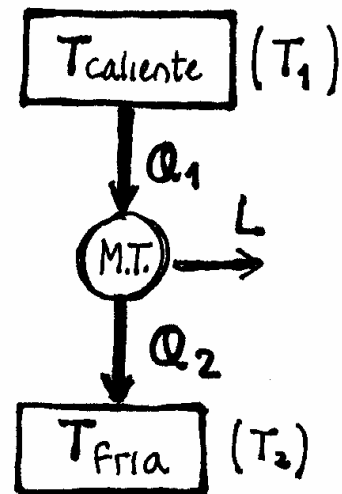
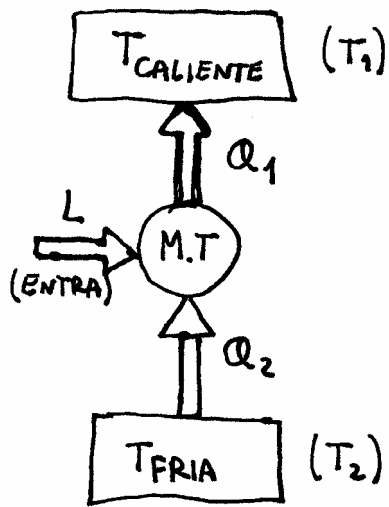
\uparrow
MAYOR
O IGUAL

$$\Delta S_{\text{ISOT}} = n R \ln \frac{V_F}{V_O} \leftarrow$$

VARIACIÓN DE ENTROPIA PARA UNA EVOLUCIÓN ISOTERMICA (UNICAMENTE)

$$L = Q_1 - Q_2$$

$$Q_1 = Q_2 + L$$



$$\Rightarrow e = \frac{Q_1}{L} - 1$$

$$\Rightarrow e = \frac{Q_1 - L}{L} \quad \leftarrow \text{EFICIENCIA}$$

$$L + Q_2 = Q_1$$

$$\Rightarrow Q_2 = Q_1 - L \quad Q_1 > L$$

$$\boxed{e = \frac{Q_2}{L}} \quad e = \frac{Q_2}{L}$$

\leftarrow EFICIENCIA PARA UNA MAQUINA FRIGORIFICA

$$\boxed{e = \frac{Q_2}{L}}$$

\leftarrow EFICIENCIA O RENDIMIENTO