

LEY DE GAY – LUSSAC

(Práctica nº 6 de 3º de la ESO – curso 2015 – 2016)

Objetivos:

A).- Significado del coeficiente de dilatación volumica (o cúbica),

B) .- Comprobar la 1ª ley de Gay – Lussac (se basa en la constancia del coeficiente de dilatación cúbico en todos los gases).

Introducción.- Existe una segunda ley, referida a presiones, y que, aunque es muy similar no la vamos a tratar aquí.

Materiales : Termómetro, envase de vidrio con tapón de goma con una perforación, dos recipientes amplios de plástico, 1 m de tubo de goma fino o plástico transparente; tubo de vidrio, tubo de ensayo, embudo y un mechero de alcohol.

PROCEDIMIENTO:

Se distinguen:

I).- Método directo.

II).- Método del tubo en U reconfigurado.

Primero vamos a describir:

I).- Método directo.

Se conecta el frasco de vidrio (una botella pequeña), de unos 180 cm³ a un tubo de ensayo mediante un tubo de goma; sobre un recipiente de agua se sumerge el frasco de manera que este quede totalmente cubierto. El tubo de ensayo (o también una probeta) se llena hasta casi todo de agua y se sumerge verticalmente en otro recipiente de agua.

Es absolutamente necesario que la botella sea de vidrio, ya que de lo contrario – si esta fuese de plástico - esta estaría sujeta a pequeñas deformaciones que aunque imperceptibles, estas arruinarían totalmente la validez de los valores obtenidos.

Se anota el valor de la temperatura inicial y se marca de alguna manera la posición del el menisco de agua en el tubo de ensayo.

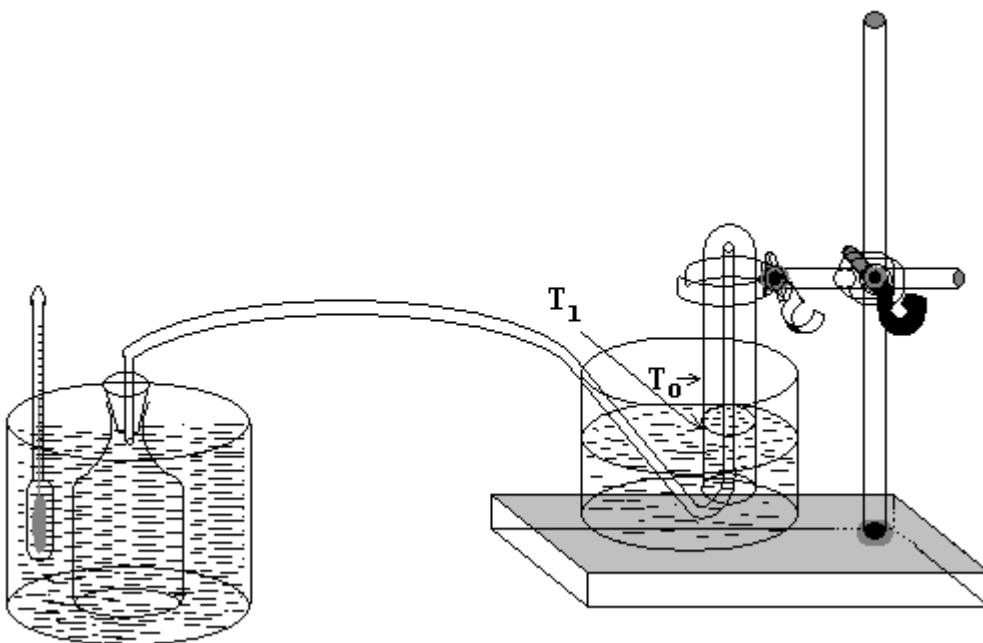
Observaciones :

1.- El tubo de vidrio o de plástico transparente que emerge en el tubo de ensayo debe sobrepasar bastante el nivel de agua que hay dentro de este, para así evitar que se introduzcan gotas de agua en el interior del tubo, si esto ocurre, se estropearía por completo los datos tomados.

Volvemos a insistir: **NO deben existir gotas ni agua dentro del tubo de plástico o de goma**, - de aquí que exijamos el que sea transparente - , si así fuera antes de seguir hay que retirarlas, si esto no se hace se pierden todos los datos del experimento.

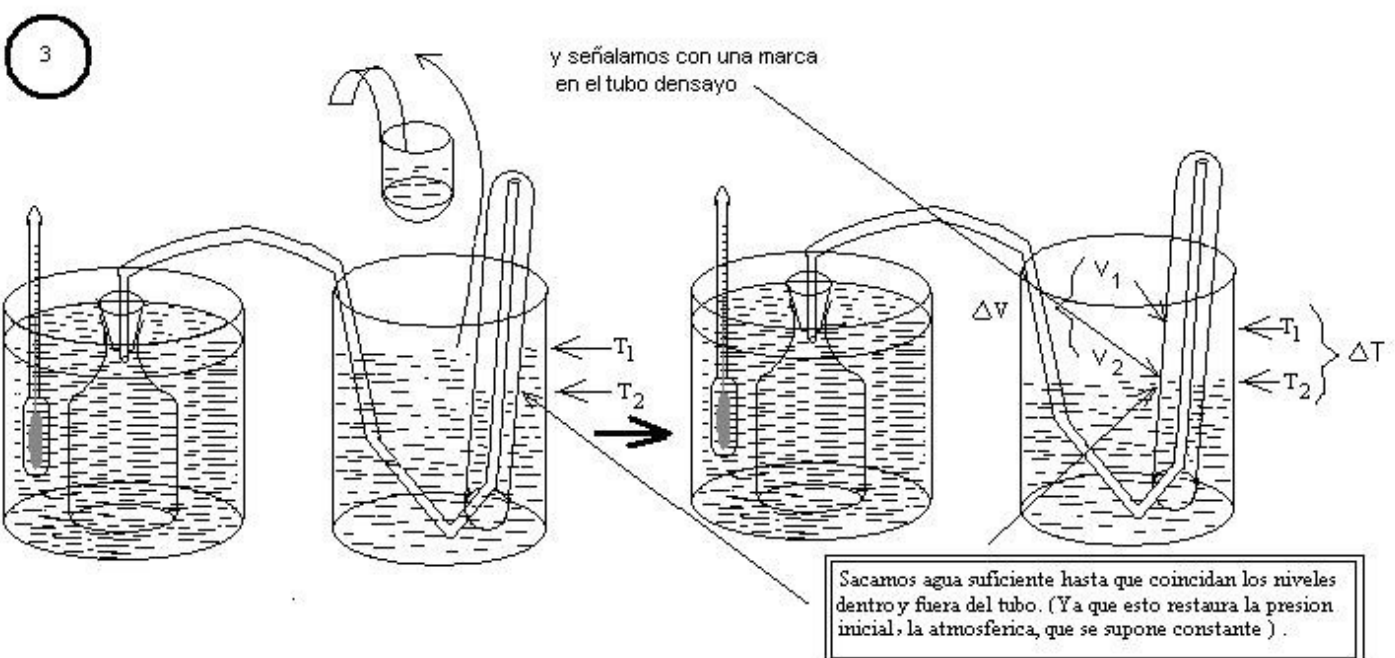
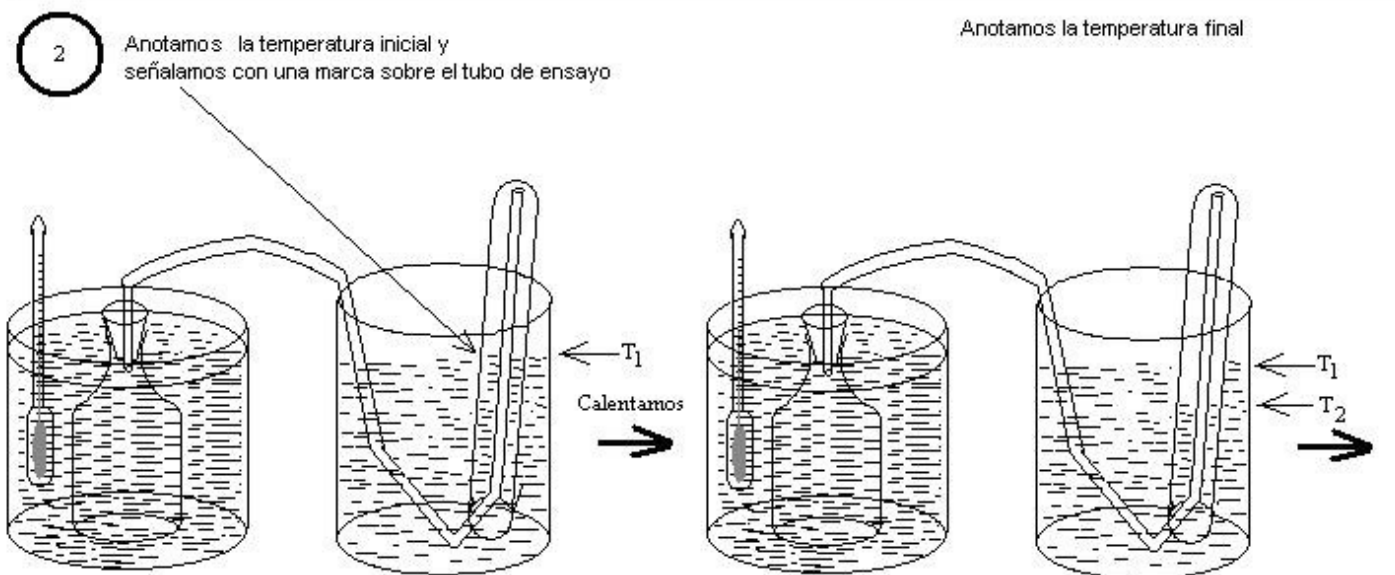
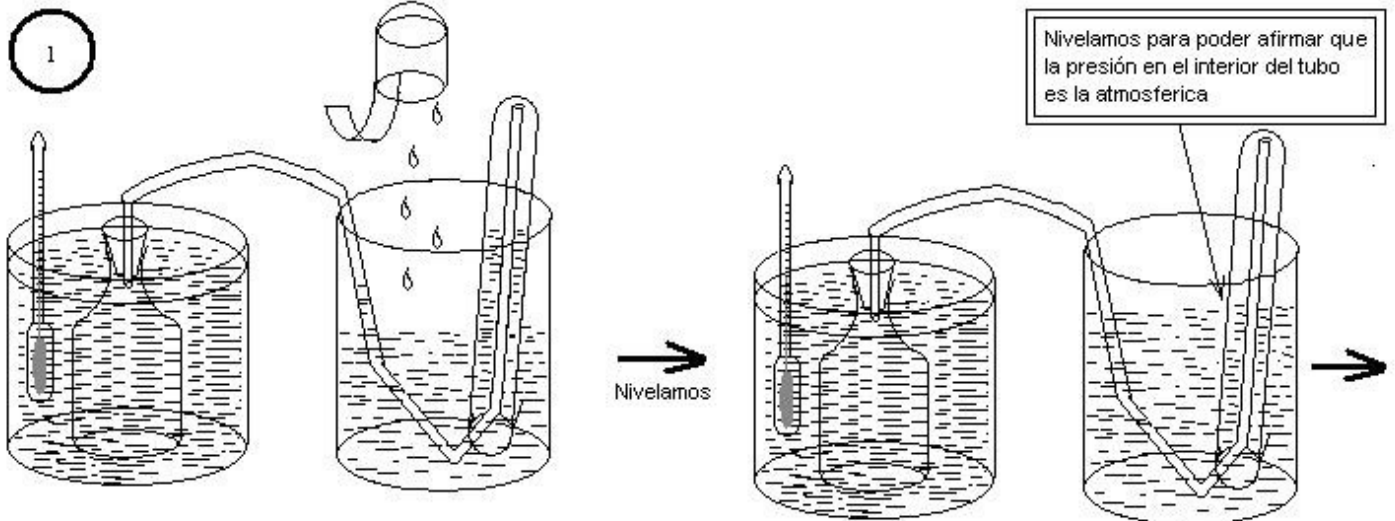
2.- El nivel de agua en el recipiente donde esta el tubo de ensayo debe ser el mismo que el que hay en dentro del tubo de ensayo, de lo contrario se producirían distintas presiones asociadas a las distintas temperaturas y así dejaríamos de verificar la hipótesis de que la presión sea constante. Este paso es sencillo, – pero algo engorroso – pero es necesario hacerlo.

Todo ello según la figura:



3.- Se puede sustituir el tubo de ensayo invertido por una probeta de tamaño similar, así podremos leer directamente los volúmenes, sin tener que pasar por el necesario paso de establecer una “regla de tres”, construida midiendo el volumen de agua que el tubo de ensayo pueda contener como máximo y el asociado la altura de este.

PROCEDIMIENTO.- A continuación realizamos los pasos siguientes:



Entonces aplicamos la definición de coeficiente de dilatación cúbico:

$$\alpha = (1/V_0) \cdot (\Delta V / \Delta t) ; \text{ siendo:}$$

$$\Delta V = (V_1 - V_0) \quad \text{y} \quad \Delta t = (t_1 - t_0), \text{ sustituyendo se tiene:}$$

$$\alpha = (1/V_0) \cdot (V_1 - V_0) / (t_1 - t_0) \Rightarrow V_0 \cdot \alpha = (V_1 - V_0) / (t_1 - t_0) \Rightarrow V_0 \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_0) = (V_1 - V_0) \Rightarrow$$

$$V_0 \cdot \alpha \cdot t_1 - V_0 \cdot \alpha \cdot t_0 = V_1 - V_0 \Rightarrow V_1 - V_0 = V_0 \cdot \alpha \cdot t_1 - V_0 \cdot \alpha \cdot t_0$$

Si hacemos: $t_0 = 0^\circ\text{C}$, entonces:

$$V_1 - V_0 = V_0 \cdot \alpha \cdot t_1 - 0 \Rightarrow V_1 = V_0 \cdot \alpha \cdot t_1 + V_0 \Rightarrow V_1 = V_0 \cdot \alpha \cdot t_1 + V_0 \Rightarrow$$

$$V_1 = V_0 (\alpha \cdot t_1 + 1) \Rightarrow V_1 = V_0 (1 + \alpha \cdot t_1) \text{ que es la expresión para las dilataciones;}$$

cuando se trata de los gases se tiene que: $\alpha = \text{cte}$, para todos ellos; y se tiene como expresión general:

$$V = V_0 (1 + \alpha \cdot t) ,$$

Fórmulas clásica, que constituye lo que suele referirse como ley de Gay – Lussac (esto es solo para la dilatación de los gases).

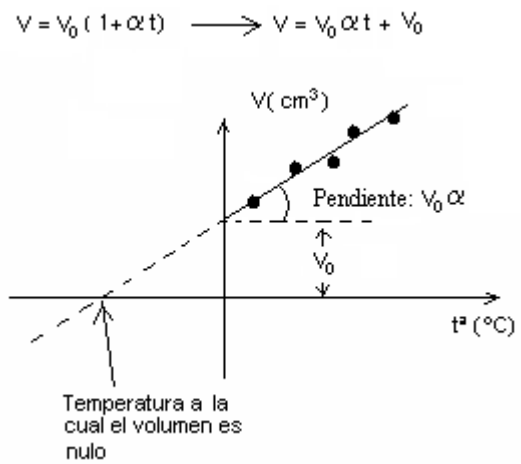
A continuación se realiza la representación gráfica del volumen frente a la temperatura, para ello anotamos la temperatura inicial, añadimos agua caliente y después del correspondiente asentamiento (equilibrio térmico) volvemos a anotar la temperatura final, junto con los volúmenes asociados;

con esto ya se tienen dos puntos; para los demás puede repetirse el procedimiento anterior añadiendo porciones de agua cada vez mas caliente y anotar los resultados; pero puede que sea más cómodo, dejar pasar unos 5 o 10 minutos y observando que el sistema se va enfriando, a cada intervalo de tiempo elegido se pueden ir anotando mas temperaturas y volúmenes.

Entonces construimos la tabla siguiente:

	V(cm ³)	t ^o (°C)
1		
2		
3		
4		
5		

Y su correspondiente representación:



De esta gráfica se desprenden valores que deben ser próximos a los siguientes:

1.- La temperatura a la que el gas no presenta volumen ronda los $- 273 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

2.- (Pendiente de la recta / V_0) = $\alpha = 0.00366$.

Con este valor se tiene:

$$V = V_0 (1 + \alpha \cdot t) :$$

Como $\alpha = 0.00366$ y $1/0.00366 = 273$ o bien: $\alpha = 1/273$, entonces:

$V = V_0 [1 + (1/273) \cdot t]$; “sacando denominadores” nos queda

$V = V_0 [(273 + t)]/273 \Rightarrow T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$, entonces nos queda:

$V = V_0 \cdot T / 273$; reordenando queda:

$$V / T = V_0 / 273 = \text{cte} \text{ ---} \rightarrow$$

A presión constante, $V = K \cdot T$ (el volumen es directamente proporcional a la temperatura absoluta – en grados kelvin -).

A esta expresión se le suele llamar Ley de Charles , aunque también muchas veces se refiera a ella como ley de Gay –Lussac. (lo de los nombres parece un pequeño lío, pero esto no debe dársele mayor importancia, ya que esto se puede solucionar diciendo: Ley de Charles - Gay – Lussac para todas ellas).

Lo que si es importante es lo siguiente:

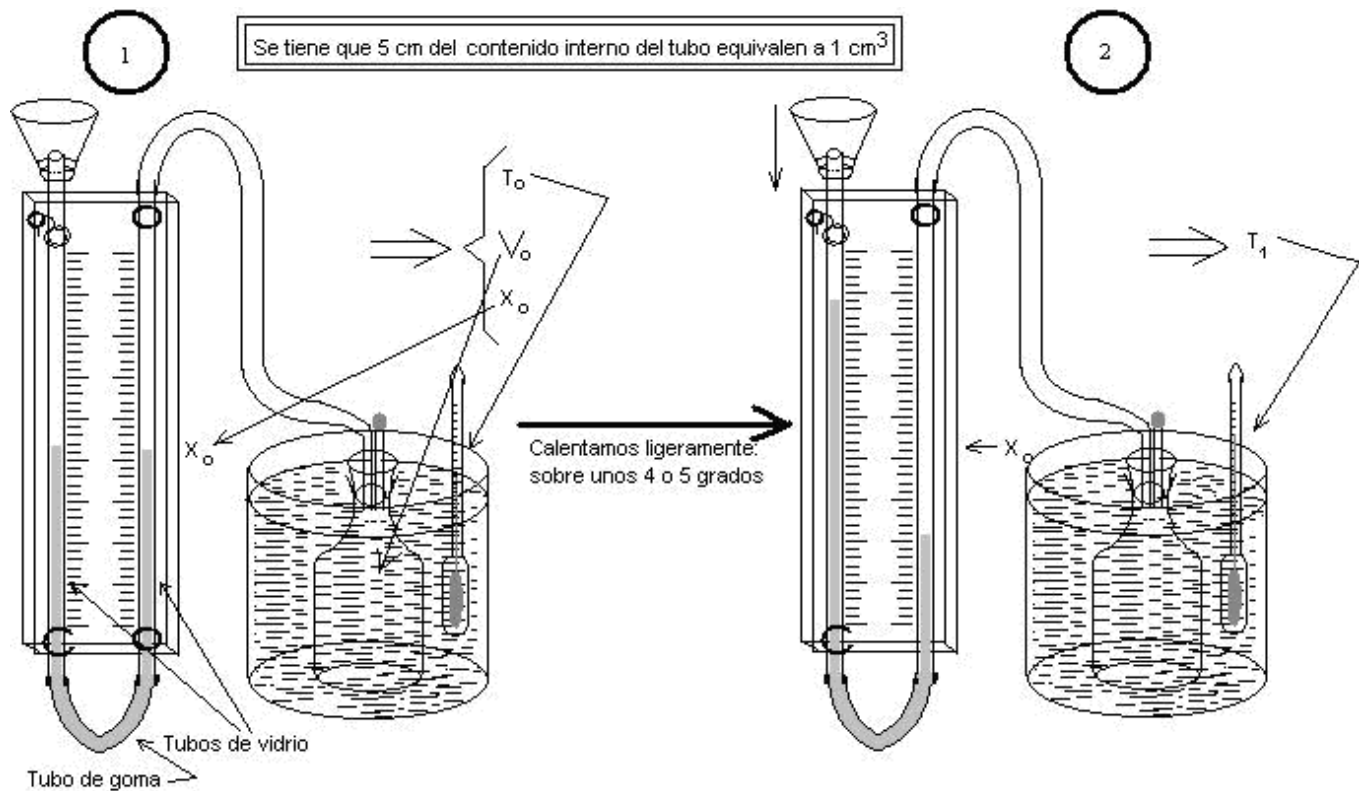
Se tiene que un mol de gas ideal ocupa 22.4 L en C. N. ; C. N . significa condiciones normales, y esto

quiere decir que las medidas se realizan a presión atmosférica y temperatura $0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$ (¡ojo!: no nos dejan poner el $^{\circ}$ a los grados kelvin); entonces podemos hacer:

$$22.4 / 273 = 0.082 , \text{ que es la constante universal de los gases ideales.}$$

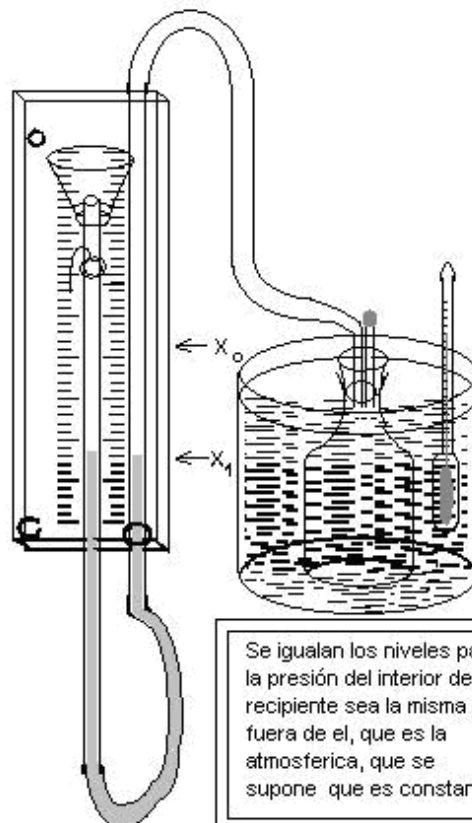
II.- Método del tubo en U reconfigurado.

- 1.- Previo al montaje del sistema, se mide el volumen de una cierta extensión de agua sobre el tubo de vidrio.
- 2.- En este caso, podemos igualar los niveles del agua con extrema facilidad; todo ello, según la figura:



3 Para la determinación del coeficiente de dilatación (1ª ley de Gay - Lussac)

Y a diferencia del caso anterior, ahora ya podemos hallar cómodamente el valor de ΔV (bajando convenientemente la altura del embudo) y con ΔT ya se puede determinar el valor de α



$\Delta V = v - v_0$; $\Delta T = (T_1 - T_0)$
 Para hallar ΔV hacemos una regla "de tres" según:
 5 cm del contenido interno del tubo $\longrightarrow 1 \text{ cm}^3$
 $(X_0 - X_1)$ $\longrightarrow \Delta V$

T_1
 $\Delta X = X_0 - X_1$

De aquí se saca el volumen del gas expandido, por medio de una regla de tres teniendo en cuenta la relación del principio

Observaciones importantes: Sorprende y gratifica que a partir de este sencillo experimento, podemos llegar a generar dos importantes constantes universales para la Física; esto es: (0.082 y 273). Esto es:

1.- Se tiene que el valor de la pendiente de esta recta, dividido por V_0 , corresponde con el coeficiente de dilatación cúbico, que es igual para cualquier tipo de gas: 0.36 % del volumen inicial por cada grado centígrado (en esto se diferencia de los correspondientes de los sólidos y líquidos, en que además de ser mucho mayor, lo más sorprendente es que todos los gases presenten siempre el mismo);

esto parece apuntar a una constante fundamental de la naturaleza, una vez que esta evolucione teóricamente hacia la constante universal de los gases ideales y más adelante se llegará a:

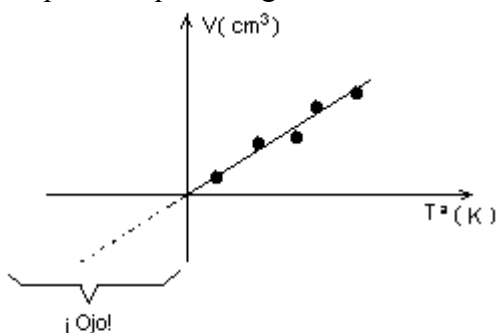
$R = 0.082 \text{ atm-L/mol K}$ (= 8.31 Jul/mol-K); y más tarde esta, dará origen, dividiéndola por el número de Avogadro se llega a la célebre constante de Boltzman .

2.- El significado de la temperatura a la que el volumen se anula debe darnos $-273 \text{ }^\circ\text{C}$; (nosotros obtendremos, dado el carácter rudimentario de los materiales empleados, rondaremos entre los -260 y $-280 \text{ }^\circ\text{C}$). Debe asumirse que no hay volúmenes negativos, y por tanto tampoco temperaturas absolutas (K) negativas.

A partir de aquí se observa uno de los más importantes cambios de variable en la Física:

$$T(\text{K}) = t^a(\text{ }^\circ\text{C}) + 273$$

3.- Según lo anterior, si en vez de representar el volumen respecto a la temperatura en grados centígrados, lo hiciéramos en grados kelvin se obtendría una recta que pasa por el origen, dando lugar a la expresión : $V = K \cdot T$, esta es la expresión que en algunos libros de texto se refieren a ella como la ley de Charles.



Debemos poner puntos en este intervalo porque
NO existen volúmenes negativos ni tampoco
temperaturas absolutas negativas

4.- Los valores indicados antes, en realidad, solo se cumplen en rigor para los llamados gases ideales; para los gases reales estos valores suelen ser próximos – aunque no exactamente – a los indicados.

Se suele decir que un gas ideal es aquel que cumple exactamente las leyes de Ley Lussac (o la ley de Charles) y/o la ley de Boyle-Mariotte.

5.- Se encuentra que los valores obtenidos para los gases reales se van acercando tanto más a los valores para los ideales cuanto mayor sea la temperatura y/o menor sea la presión a la que se someta el gas real.

Las imágenes reales sobre esta práctica, son las siguientes:

