

Experimento 11

GAS IDEAL

Objetivos

1. Montar un modelo de máquina térmica,
2. Poner a funcionar el modelo para levantar un objeto,
3. Describir y explicar el funcionamiento del modelo

Teoría

La termodinámica es una de las ramas de la física que, entre otras cosas, estudia las propiedades de los gases. El modelo más sencillo que nos permite explicar cómo se comportan los gases es el llamado *gas ideal*. Las propiedades del gas ideal se describen a través de la llamada *ecuación general del gas ideal*, o *ecuación de estado* del gas. Esta ecuación establece una relación funcional entre las variables físicas presión, p , volumen, V , y temperatura absoluta, T . La ecuación es válida para cualquier masa constante de gas en equilibrio térmico, es decir, con una temperatura uniforme, y se expresa matemáticamente como:

$$pV = nRT$$

Donde n es el número de moles del gas y R , la *constante molar de los gases*, con un valor de $8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$, en el Sistema Internacional de unidades. Esta ecuación de estado fue descubierta experimentalmente analizando el comportamiento del gas en tres condiciones diferentes, al mantener constante una de las tres variables mientras se permitía que las otras dos cambiaran. Los gases reales no se comportan exactamente como lo establece el modelo del gas ideal pero se pueden manejar como si lo fueran, si lo que nos interesa es una aproximación

La ley de Boyle-Mariotte relaciona la presión con el volumen a temperatura constante (proceso *isotérmico*) en un proceso en el cual el gas está inicialmente a una presión p_1 y un volumen V_1 y termina con una presión p_2 y un volumen V_2 , asegurándose de que la temperatura no cambia. Esto se escribe matemáticamente como:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Ejemplo 1

Tenemos un litro de aire (representaremos los litros con la letra ℓ) a 1.0 atm, es decir, a una atmósfera de presión, dentro de un cilindro similar al de la máquina térmica que usaremos en este experimento. Ver la figura 1. Aplicamos presión sobre el émbolo del cilindro hasta duplicar la presión original. El proceso se lleva a cabo a temperatura constante. Calcular el volumen final del gas. Use el modelo del gas ideal

Solución:

Datos: $V_1 = 1.0 \ell$, $p_1 = 1.0 \text{ atm}$, $p_2 = 2p_1 = 2.0 \text{ atm}$, y $T_1 = T_2 = T = \text{constante}$

Desconocida: V_2

Fórmula: $V_2 = V_1 (p_1/p_2) = (1.0 \ell) (1.0 \text{ atm}/2.0 \text{ atm}) = \frac{1}{2} \ell$

Vemos que al duplicar la presión reducimos el volumen a la mitad, esto significa que el gas se comprime. El volumen de un gas ideal a temperatura constante es inversamente proporcional a la presión

Ejercicio 1

Tenemos una masa de gas, a temperatura constante, confinada dentro de un cilindro de volumen variable. Movemos el émbolo del cilindro y obtenemos los valores de presión y volumen mostrados en la siguiente tabla. Observe los datos y complete los lugares que están en blanco. Note que no permitimos que cambie la masa de aire dentro del cilindro. (Sugerencia: la ley de Boyle-Mariotte requiere que el producto pV sea el mismo en cada caso)

Tabla 1. Datos de presión y volumen

No	p (atm)	V (ℓ)	pV (comprobación)
1	4.0	0.3	
2	2.0		
3		0.5	
4	0.6		

La ley de Charles y Gay-Lussac, en donde se mantiene la presión constante (proceso *isobárico*) mientras cambian el volumen y la temperatura, establece que:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Ejemplo 2:

Tenemos 0.5ℓ de H a 20°C . Aumentamos la temperatura hasta 60°C . Encuentre el volumen del gas a la nueva temperatura si durante este proceso mantuvimos la presión constante

Solución:

Datos: $V_1 = 0.5 \ell$, $t_1 = 20^\circ \text{C}$, $t_2 = 60^\circ \text{C}$

Desconocida: V_2

Fórmula: $V_2 = V_1 (T_2/T_1)$

Antes de hacer las substituciones correspondientes debemos notar que las temperaturas dadas, t_1 y t_2 , están expresadas en grados Celsius, o centígrados, y que la ley de Charles y Gay-Lussac se refiere a la temperatura absoluta, por lo tanto, debemos convertir las temperaturas de grados Celsius a Kelvins. Esto se hace añadiendo 273.15 a la temperatura en Celsius, así, $T_1 = t_1 + 273.15 =$

$20 + 273.15 = 293.15$ K. Del mismo modo, $T_2 = t_2 + 273.15 = 60 + 273.15 = 333.15$ K. Entonces,

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 0.5 \ell \frac{333.15 \text{ K}}{293.15 \text{ K}} = 0.57 \ell$$

Notamos que al calentar el gas, manteniendo su presión constante, aumenta su volumen

Ejercicio 2:

Tenemos una masa de gas, a presión constante, confinada dentro de un cilindro de volumen variable. Cambiamos la temperatura del gas y obtenemos los valores del volumen mostrados en la siguiente tabla. Observe los datos y complete los lugares que están en blanco. Note que no permitimos que cambie la masa de aire dentro del cilindro. (Sugerencia: la ley de Charles y Gay-Lussac requiere que el cociente V/T sea el mismo en cada caso)

Tabla 2. Datos de temperatura y volumen

No	t (°C)	V (ℓ)	T (K)	V/T (comprobación)
1	70	3.0		
2	120			
3		5.0		
4	-40			

Por último, cuando se mantiene el volumen constante (proceso *isocórico*), mientras cambian la presión y la temperatura, obtenemos una relación que se escribe como:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Ejemplo 3:

Sea una masa constante de gas a una presión de 1.5 atm y 50 °C de temperatura. Aumentamos su temperatura a 200 °C a volumen constante. Calcular su nueva presión

Solución:

Datos: $p_1 = 1.5$ atm, $t_1 = 50$ °C, $t_2 = 200$ °C

Desconocida: p_2

Fórmula: $p_2 = p_1 (T_2/T_1)$

Antes de hacer las substituciones correspondientes debemos notar que las temperaturas dadas, t_1 y t_2 , están expresadas en grados Celsius, o centígrados, y que esta ley se refiere a la temperatura absoluta, por lo tanto, debemos convertir las temperaturas de grados Celsius a Kelvins. Esto se hace añadiendo 273.15 a la temperatura en Celsius, así, $T_1 = t_1 + 273.15 = 50 + 273.15 = 323.15$ K. Del mismo modo, $T_2 = t_2 + 273.15 = 200 + 273.15 = 473.15$ K. Entonces,

$$p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 1.5 \text{ atm} \frac{473.15 \text{ K}}{323.15 \text{ K}} = 2.2 \text{ atm}$$

Notamos que al calentar el gas, manteniendo su volumen constante, aumenta su presión

Ejercicio 3:

Tenemos una masa de gas, a volumen constante, confinada dentro de un cilindro. Cambiamos la temperatura del gas y obtenemos los valores de la presión mostrados en la siguiente tabla. Observe los datos y complete los lugares que están en blanco. Note que no permitimos que cambie la masa de aire dentro del cilindro. (Sugerencia: la ley de volumen constante requiere que el cociente p/T sea el mismo en cada caso)

Tabla 3. Datos de temperatura y presión

No	t (°C)	p (atm)	T (K)	p/T (comprobación)
1	70	5.0		
2	120			
3		2.0		
4	-40			

En este ejercicio de laboratorio usaremos un modelo de máquina térmica para observar los cambios en el volumen del aire como función de la temperatura. También descubriremos que estos cambios de volumen, en combinación con dos válvulas, permiten que la máquina térmica haga trabajo. Debemos notar que la masa del gas cambia en este proceso. Ver la figura 1. En el siguiente enlace de Internet aparece una animación del experimento que vamos a efectuar en esta sesión de laboratorio. Entre al portal y vea la quinta figura. En seguida coloque el cursor del ratón sobre ella para iniciar el “video clip”. No olvide que debe esperar unos minutos para que el video baje completo antes de poder correrlo <http://electron9.phys.utk.edu/phys136d/distlab/lab4.htm>

Materiales

Máquina térmica

Masa de 100 g

Vaso de poli estireno con agua caliente

Vaso de poli estireno con agua fría

Procedimiento

1. Coteje que en su mesa de trabajo se encuentra el equipo de la figura 1(b) y los materiales que aparecen en la lista anterior
2. Asegúrese de que el émbolo de la máquina térmica se encuentra descansando en la base del cilindro, totalmente hundido
3. Coloque una pesa de 100 g sobre el émbolo de la máquina térmica

4. Introduzca la cámara de aire en el vaso con agua caliente. Espere a que el émbolo suba
5. Retire la cámara de aire del agua caliente e introdúzcala en el agua fría. Espere a que entre aire a la cámara
6. Repita los pasos 4 y 5 hasta lograr que el émbolo alcance se altura máxima
7. Note que el procedimiento corresponde a lo que usted vio en el “video clip”

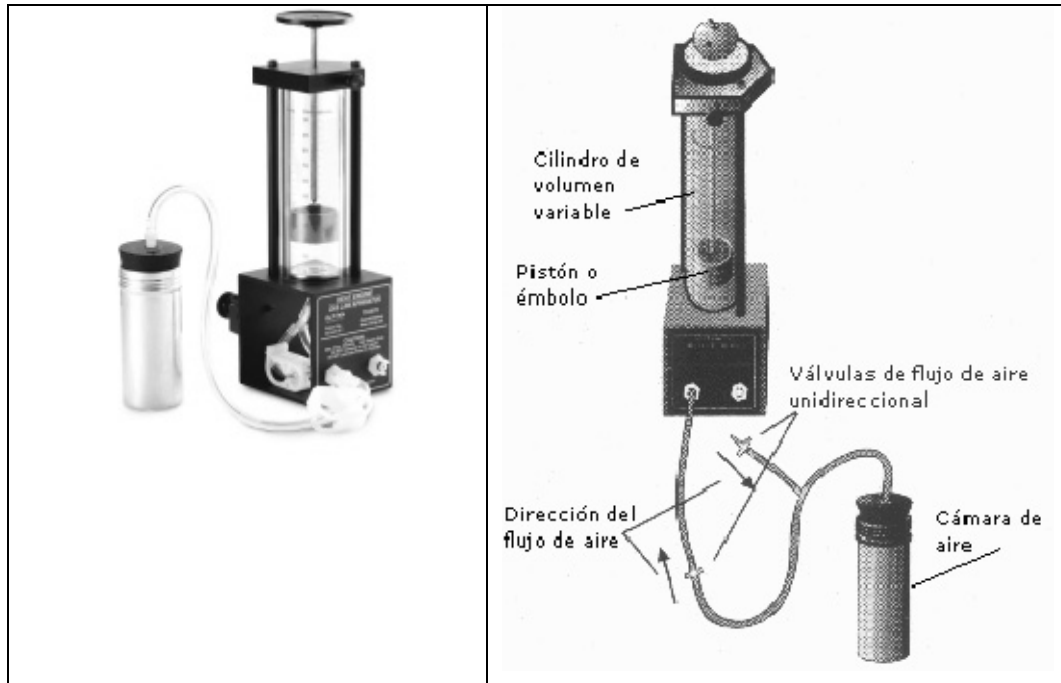


Figura 1 (a) Máquina térmica (b) Componentes de la máquina térmica

Preguntas

Contestar correctamente antes de hacer el experimento

1. La termodinámica es una de las ramas de la física que, entre otras cosas, estudia:
 - a. El comportamiento de las válvulas
 - b. El momento angular
 - c. El momento lineal
 - d. Las causas del movimiento
 - e. Las propiedades de los gases

2. El modelo más sencillo que nos permite estudiar cómo se comportan los gases es:
 - a. La máquina térmica
 - b. La ley de los volúmenes
 - c. La constante molar de los gases
 - d. El número de moles del gas
 - e. El gas ideal

3. Las propiedades del gas ideal se describen mediante:
 - a. El trabajo
 - b. La fuerza
 - c. La presión
 - d. Su ecuación de estado
 - e. La conservación de la masa

4. La ley de Boyle-Mariotte se aplica a procesos del gas ideal en donde:
 - a. La masa del gas y su temperatura no cambian
 - b. La masa del gas cambia pero su temperatura no
 - c. La masa del gas y su volumen no cambian
 - d. La masa, temperatura, presión y volumen cambian
 - e. La masa del gas y su presión no cambian

5. La ley de Charles y Gay-Lussac se aplica a procesos del gas ideal en donde:
 - a. La masa del gas y su temperatura no cambian
 - b. La masa del gas cambia pero su temperatura no
 - c. La masa del gas y su volumen no cambian
 - d. La masa, temperatura, presión y volumen cambian
 - e. La masa del gas y su presión no cambian

6. Sea una masa fija de gas, a temperatura constante, confinada dentro de un cilindro de volumen variable. La presión inicial es de 1.5 atm con un volumen de 0.4 ℓ . Movemos el émbolo del cilindro y obtenemos una nueva presión de 0.5 atm. El nuevo volumen del gas es:
 - a. El mismo de 0.4 ℓ
 - b. También se reduce a un tercio de su valor original
 - c. 1.2 ℓ
 - d. Falta la masa del aire
 - e. Falta la temperatura

7. Sea una masa fija de gas, a temperatura constante, confinada dentro de un cilindro de volumen variable. La presión inicial es de 2.5 atm con un volumen de 1.2 ℓ . Movemos el émbolo del cilindro y obtenemos un nuevo volumen de 0.5 ℓ . La nueva presión del gas es:
 - a. Necesitamos la temperatura
 - b. La misma que había al principio
 - c. Falta el número de moles
 - d. 1.042 atm
 - e. 6.0 atm

8. Sea una masa fija de gas, a presión constante, confinada dentro de un cilindro de volumen variable. La temperatura inicial del gas es de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, y su volumen, de 300 cm^3 . Incrementamos la temperatura del gas hasta los $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Su nuevo volumen es:
- 374 cm^3
 - El doble del original porque la temperatura se duplicó
 - Necesitamos saber el valor de la presión
 - Necesitamos saber la masa del gas
 - Necesitamos saber la equivalencia entre centímetros cúbicos y litros
9. Sea una masa fija de gas, a presión constante, confinada dentro de un cilindro de volumen variable. La temperatura inicial del gas es de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, y su volumen, de 100 cm^3 . Calentamos el gas, con lo que incrementamos su volumen hasta los 200 cm^3 . Su nueva temperatura es:
- $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - El doble de la original porque el volumen se duplicó
 - $173\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Necesitamos saber la presión del gas
 - Necesitamos aplicar la ley de la máquina térmica
10. Sea una masa constante de gas a una presión de 12.0 atm y $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura. Reducimos su temperatura a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a volumen constante. Su nueva presión es:
- A menor temperatura mayor presión
 - 4.8 atm
 - 30 atm
 - 7.3 atm
 - Necesitamos saber el volumen del gas

11. Complete la siguiente tabla llenando los espacios vacíos:

Tabla 4. Datos del problema 11

No.	Valores iniciales				Valores finales			
	p (atm)	V (ℓ)	t ($^{\circ}\text{C}$)	T (K)	p (atm)	V (ℓ)	t ($^{\circ}\text{C}$)	T (K)
1	2.0	0.5	20		2.0	4.0		
2	0.5	3.0		300	0.1	3.0		
3	5.0	1.0		400		2.0	126.85	
4	1.0	4.0	30		1.0	4.0		303.15
5	6.0	1.0			3.0	1.0	40	

Por favor, para recibir crédito parcial, incluya abajo los cálculos y operaciones matemáticas que conducen a los resultados

Informe del Experimento 11. Gas ideal

Sección _____ Mesa _____

Fecha: _____

Estudiantes:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

1. Calcule el trabajo hecho por la máquina térmica al levantar el peso de 100 g

2. Explique detalladamente cómo funciona la máquina térmica. En particular, describa el funcionamiento de las válvulas

3. ¿De dónde proviene la energía para levantar la masa de 100 g?

Conclusiones