

Procesos térmicos: experimento de Clements Désormes para la determinación del γ de un gas ideal

Objetivo:

Familiarizar al alumno con el concepto de proceso térmico. Determinar el valor γ de la relación de calores específicos para un gas ideal diatómico.

Descripción del experimento:

En el dispositivo de la figura 1 se tiene un erlenmeyer de 1 litro tapado y conectado, por un lado a una jeringa de 20 ml de volumen máximo y por otro a un sensor de presión. En el estado inicial, llamémoslo A, el embolo de la jeringa esta totalmente bajado, por lo que se tiene un volumen V_A igual al volumen del erlenmeyer. La temperatura es la ambiente (T_A) y la presión la atmosférica del día.

Se mueve el embolo hacia arriba, realizando una expansión rápida para llegar al estado B, en el cual el volumen será $V_B \approx V_A + V_{\text{jeringa}}$, donde V_{jeringa} es el volumen indicado en la escala graduada de la jeringa y depende de cuanto se haya movido el embolo (de 1 a 20 ml).

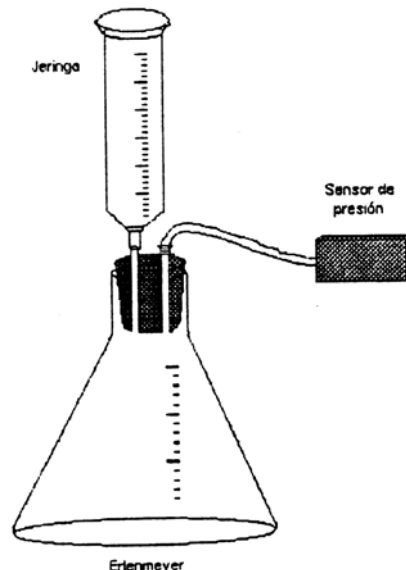


Figura 1: Dispositivo Experimental

Si la expansión pudiese ser considerada como reversible y adiabática, valdría la relación:

$$P_B V_B^\gamma = P_A V_A^\gamma \quad (1)$$

donde $\gamma = C_p / C_v$ es la relación de los calores específicos del aire, que se comporta aproximadamente como un gas ideal en el rango de presiones y temperatura en el que trabajaremos

Pregunta 1: Por que puede considerarse a esta expansión como adiabática?

Pregunta 2: Y por que reversible, siendo que el movimiento debe hacerse lo mas rápidamente que sea posible?

Finalmente, se deja evolucionar el sistema, intercambiando calor con el ambiente, a volumen constante hasta que se vuelva alcanzar la temperatura ambiente. Se llega entonces al estado C, siguiendo el camino de la línea llena en la figura 2. Como las variables de estado P, V, T no dependen del camino recorrido, se puede llegar de A hasta C directamente a través de un camino isotérmico (ya que las temperaturas en A y en C son iguales), por lo que vale la relación:

$$P_A V_A = P_C V_C \quad (2)$$

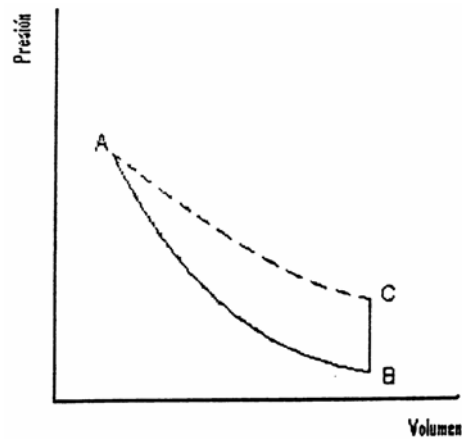


Figura 2: Ciclo térmico

Siendo, además, que el volumen en B y en C es el mismo y elevando ambos miembros de la ecuación (2) a la γ llegamos a que:

$$(P_A V_A)^\gamma = (P_C V_B)^\gamma \quad (3)$$

Dividiendo la ecuación (1) por la ecuación (3) se llega a que:

$$\frac{P_B V_B^\gamma}{P_C^\gamma V_B^\gamma} = \frac{P_A V_A^\gamma}{P_A^\gamma V_A^\gamma} \quad \therefore \left(\frac{P_C}{P_A}\right)^\gamma = \frac{P_B}{P_A} \quad (4)$$

Finalmente, tomando logaritmo en ambos miembros y usando sus propiedades, se llega a que:

$$\gamma = \frac{\log(P_B / P_A)}{\log(P_C / P_A)} \quad (5)$$

A partir de la ecuación (5), entonces, se puede determinar el valor de γ por la medición de los valores de las presiones en cada uno de los estados del sistema.

Desarrollo de la práctica:

En expansión:

Partiendo de la posición inicial en la que el émbolo está completamente bajo, realice 10 expansiones distintas comenzando por 10 ml y terminando por 20 ml.

Registre en el MPLI las variaciones de presión en función del tiempo en cada caso. Haga alguna medición previa con el fin de determinar cuál es el tiempo total óptimo que debe utilizar para tener una buena estadística del valor de la presión antes de la expansión (P_A) y después de la estabilización del sistema (P_C). Piense cuidadosamente como determinaría el valor de P_B y cuál será su error.

Pregunta3: ¿Cuál es la diferencia entre la determinación de los errores de P_A y P_C por un lado y la de P_B por el otro? Analice una forma experimental para mejorar la incerteza con la que se determina P_B .

Para el caso en particular (solo 1, a elección del alumno) presente en el informe el gráfico *presión vs. tiempo*, indicando las zonas en las que se está en los estados A, B y C respectivamente

Realice una tabla con los valores de presión obtenidos para cada una de las 10 mediciones y grafique $\ln(P_B/P_A)$ versus $\ln(P_C/P_A)$; realice cuadrados mínimos y obtenga γ

con su correspondiente error.

En compresión:

Repita el experimento anterior, ahora iniciando el proceso con el embolo en una posición tal que inicialmente el volumen de la jeringa lleno de aire sea de 10 ml y la presión total del sistema sea la atmosférica. Comprima el embolo hasta el fondo.

Las ecuaciones 1 a 5 siguen siendo válidas para el caso de la compresión.

Pregunta 4: Efectúe el diagrama del proceso térmico, análogo a la figura 2 para este caso.

Repita el proceso para volúmenes iniciales de la jeringa de 11, 12, ... 20 ml (10 mediciones en total), poniendo especial cuidado en ventear el sistema cada vez de forma de iniciar el proceso siempre con un valor de presión igual al de la presión atmosférica del día ($P_A \approx 1$ atm en todos los casos).

Vuelva a obtener el valor de γ a partir de la pendiente de la recta de cuadrados mínimos del proceso de expansión.

Compare los valores de γ obtenidos en cada caso, analice si se ha obtenido el mismo valor, de acuerdo a los rangos de errores de la medición. Evalúe si alguno de los métodos es mas preciso que el otro; si así fuese discuta las posibles razones.

Pregunta 5: Dibuje esquemáticamente el grafico T vs. P tanto para la expansión como para la compresión