

¿CÓMO MEDIR, EL COEFICIENTE ADIABÁTICO DE UN GAS, EL GAMMA ?

Prof.: Armando Erazo Ducuara.

Universidad de América

a-erazo@uamerica.edu.co

SUMMARY

This work tries to be a contribution in the experimental education of the thermodynamics where the conditions of the required equipment of laboratory for such aim will acquire knowledge as the general process followed for the measurement of this thermodynamic magnitude, the adiabatic coefficient, from net mechanical magnitudes.

A mass oscillates on a volume of gas in a precision glass tube. The oscillation is maintained by leading escaping gas back into the system. The adiabatic coefficient of various gases could be determinate from the periodic time of the oscillation. In this article presents the results of the adiabatic coefficient of air. Additionally they appear the determination of the experimental uncertainty of gamma from the technique of propagation of errors.

RESUMEN:

Este trabajo pretende ser un aporte en la enseñanza experimental de la termodinámica donde se ilustrarán las condiciones del equipo de laboratorio requeridas para la medición de la magnitud termodinámica, el gamma del aire, a partir de magnitudes netamente mecánicas.

$$g = \frac{4mV}{r^4 T^2 P}$$

Una masa oscila en un volumen de gas en un tubo de cristal de precisión. La oscilación es mantenida por un escape del gas al exterior del sistema. El coeficiente adiabático de varios gases puede ser determinado a partir del periodo de la oscilación no amortiguada. En este artículo presenta los resultados del coeficiente adiabático del aire y adicionalmente se presentan la determinación de la incertidumbre experimental del gamma a partir de la técnica de propagación de errores.

GAMMA DEL AIRE

En la búsqueda de determinar y medir una magnitud termodinámica característica de todos los gases de forma experimental se llevó a cabo la práctica que permite determinar el coeficiente Adiabático de los gases, conocido habitualmente como el gamma (la razón entre las capacidades caloríficas a presión y volumen constante), y en este caso en particular, el gamma del aire.

Inicialmente se planteó el experimento original realizado por Rűchhardt¹ pero este presenta una amortiguación en la oscilación lo cual hace difícil medir su período, por tal motivo y con el fin de remediar dicha situación, se realizó un experimento que presenta como ventaja una gran cantidad de oscilaciones (¡las que se quieran!) no amortiguadas, permitiendo de esta manera la determinación exacta del período de oscilación.

Para este sistema se cumple $PV^g = Cte$ (sistema adiabático). Tenga en cuenta para la demostración de la expresión del gamma que:

$$P = P_0 + \frac{mg}{A}, \quad dV = Ay \quad \text{y} \quad dP = \frac{F}{A}.$$

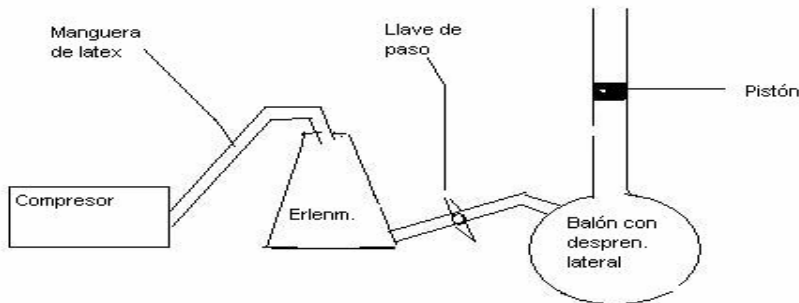


FIGURA 1.

Figura 1. Montaje experimental realizado.

Donde:

P = Presión del sistema.

P_0 = Presión atmosférica.

Muestre que:

$$g = \frac{4mV}{r^4 T^2 P}$$

donde:

m = Masa del pistón.

V = Volumen de gas en el sistema (balón + tubo donde oscila el pistón).

¹ Heat and Thermodynamics. M. W. Zemansky, R. H. Dittman. Seven edition. McGraw Hill 1997

A = Área de la sección transversal donde oscila el pistón.

t = Período de oscilación del pistón.

MATERIALES:

- Bomba de acuario (compresor).
- Erlenmeyer (recipiente de almacenamiento).
- Llave de paso.
- Manguera de latex
- Balón con desprendimiento lateral.
- Pistón (cuerpo oscilante).
- Tubo de precisión (donde oscila el pistón).
- Cronómetro.
- Pinzas.
- Soporte universal.

MONTAJE

Primero que todo se conecta el compresor al recipiente de almacenamiento con ayuda de las mangueras y el tapón, después se conecta el Erlenmeyer con el balón utilizando para este fin la llave de paso con las dos mangueras. En el soporte universal se sujeta el balón con ayuda de las pinzas, el tubo de precisión se coloca en la parte superior del balón teniendo cuidado que no queden escapes. Adentro del tubo se debe encontrar el pistón, para evitar que haya pérdida de presión por escapes se debe utilizar glicerina en las diferentes conexiones.

PROCEDIMIENTO

Después de tener listo el montaje se puede proceder a hacer la práctica siguiendo las siguientes instrucciones:

1. Conecte a la corriente eléctrica el compresor.
2. Cierre la llave de paso durante aproximadamente 45 segundos con el fin de que el Erlenmeyer almacene una cantidad de aire suficiente.
3. Con cuidado abra la llave de paso, regule la presión, nótese que el pistón comienza a ascender y se ubica en la mitad del tubo de precisión donde hay una pequeña muesca.
4. El pistón debe estar estático en ese punto, para que comience a oscilar tape la muesca teniendo cuidado que el pistón no se vaya a salir del tubo.
5. Cuando el pistón se encuentre en la parte superior del tubo descubra la muesca, el pistón bajará y cuando llegue a la mitad del tubo comenzará a oscilar. Sí no lo hace repita los pasos 4 y 5.

6. Observe que la oscilación presente una amplitud constante.
7. Determine con la ayuda de un cronómetro la frecuencia para 50 oscilaciones. Calcule el período.
8. Desmonte con cuidado el equipo, tome el pistón y con ayuda de una balanza mida su masa m .
9. Para hallar el volumen del sistema tome el conjunto de balón y tubo de precisión y determine su masa; estos dispositivos deben estar vacíos, limpios y secos. Después llénelos de agua hasta la altura de la muesca en el tubo de precisión, péselo nuevamente y reste los dos pesos. El resultado divídalo por la densidad del agua.
10. Con la ayuda de un calibrador mida el diámetro interior del tubo de precisión.
11. Utilice la fórmula para hallar la presión del sistema.
12. Por último remplace en la fórmula del gamma los valores obtenidos y calcule el gamma del aire.
13. Repita el procedimiento anterior variando la masa del pistón.

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO:

Radio medio del cuerpo oscilante: $r = (5.945 * 10^{-3} \pm 0.00001)m$

Masa del cuerpo Oscilante (Pistón): $m = (8.24 * 10^{-3} \pm 0.0002)Kg$

Período promedio de la oscilación: $T = (0.3874 \pm 0.001)s$

Presión media: $P = (75374.31 \pm 17.8) \frac{N}{m^2}$

Volumen medio del sistema: $V = 593.6 * 10^{-6} \pm 0.000017)m^3$

NOTA: El volumen del sistema se determinó al final del experimento midiendo la masa del sistema lleno de agua (densidad $r = 1.00 \pm 0.03) \frac{g}{cm^3}$) y midiendo la masa del sistema desocupado; se halló la diferencia y se utilizó la densidad del agua.

$$\text{Gamma del aire: } g = \frac{4mV}{r^4 T^2 P}$$

Reemplazando los valores hallados experimentalmente:

$$g = \frac{4(8.24 * 10^{-3} \text{ kg})(593.6 * 10^{-6} \text{ m}^3)}{(0.3874 \text{ s})^2 (5.945 * 10^{-3})(75374.31 \text{ N/m}^2)} = 1.38$$

Para calcular la incertidumbre de cada una de las magnitudes citadas, se llevó de acuerdo a dos formas, teniendo en cuenta la apreciación del instrumento de medida y utilizando el método de propagación de errores.

A continuación se presenta el cálculo de la incertidumbre del Gamma del aire:

$$(\Delta g)^2 = \left(\frac{\partial g}{\partial m}\right)^2 (\Delta m)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial V}\right)^2 (\Delta V)^2 + \left(\frac{\Delta g}{\Delta r}\right) (\Delta r)^2 + \left(\frac{\Delta g}{\Delta T}\right)^2 (\Delta T)^2 + \left(\frac{\Delta g}{\Delta P}\right)^2 (\Delta P)^2$$

$$(\Delta g)^2 = (2.82 * 10^{-2})^2 + (5.44 * 10^{-4})^2 + (8.68 * 10^{-5})^2 + (51.1 * 10^{-6})^2 + (1.07 * 10^{-7})^2$$

Entonces: $g = 1.38 \pm 0.17$

Además, debido a que pensando en disminuir el peso del cuerpo oscilante le fue realizado un agujero (no pasante) concéntrico con su eje de simetría, esto sirvió para variar la masa del cuerpo oscilante (en aluminio) en cuatro ocasiones, con lo cual se obtuvo resultados análogos a los presentados anteriormente.

ANÁLISIS DE DATOS

Dado que en el desarrollo de la experiencia se obtuvieron resultados aceptables con respecto a lo que se ha conocido con anticipación de otros resultados experimentales, cabe agregar algunas posibles razones que pueden justificar en parte las diferencias presentadas, sin dejar de lado, claro está, la responsabilidad de quién realiza las mediciones y posteriormente las procesa.

Algunas posibles razones que pueden justificar las diferencias son:

ü La precisión en los instrumentos de medida.

Algunos carecían de dicha información por lo cual tuvo que calcularse experimentalmente.

ü Se trabajó con resultados experimentales de magnitudes como la aceleración de gravedad y la presión atmosférica obtenidos por el Centro Geofísico de los Andes, ubicado en la Universidad Javeriana, Bogotá

ü La baja sensibilidad de selección de flujo de aire en el compresor difícilmente permitió la selección de un flujo constante de aire.

ü En la definición del sistema (balón con desprendimiento lateral y el tubo de precisión), no se tuvo en cuenta el volumen de las mangueras utilizadas.

CONCLUSIONES:

1. Para que un proceso pueda ser considerado adiabático debe llevarse a cabo en el menor tiempo posible.
2. El montaje presentado aquí permite calcular una magnitud Termodinámica, el gamma de cualquier gas, a partir de la medición y relación de magnitudes netamente Mecánicas.
3. Las variaciones del sistema son muy pequeñas, por lo cual se considera al gas en condiciones de equilibrio.
4. Este método para la medición del gamma lleva consigo errores debido a tres suposiciones simplificadoras introducidas:
 - a. Que el gas es perfecto.
 - b. Que no hay rozamiento
 - c. Que los cambios de volumen son rigurosamente adiabáticos

BIBLIOGRAFÍA

- Ø M.W. Zemansky, R. H. Dittman, (1997). Heat and Thermodynamics. Pag:136 , 137 y 138.
- Ø Physics Phywe Systemy GMBH:37070, Gottinge, Germany. Phywe series of publications. Laboratory Experiments. Physics.

