PRACTICA DE LABORATORIO III-3

SIMULACION DE LA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES EN UN GAS

OBJETIVOS

1. Entender la propiedades estadísticas de un gas ideal.
2. Medir la distribución de velocidades y el camino libre medio de un grupo de discos en una mesa de aire.

MATERIALES

- Mesa de aire equipada con marco de metal oscilante, y su compresor.
- Un motor de frecuencia variable
- 24 discos plásticos idénticos.
- Una cámara digital con abertura temporal variable.
- Una luz estroboscópica.

ACTIVIDADES PRELIMINARES

En el siguiente gráfico se muestra el resultado de calcular la ditribución de las velocidades $F(v)$ de un gas de átomos de hidrógeno con las características de temperatura (T) y densidad de partículas (*n*) $\#\mathrm{part}/\mathrm{cm}^3$ que se indican.

1.-Reproduzca las distribuciones usted mismo(a) haciendo uso de una hoja de cálculo Excel. **Sugerencia**. Trabaje con la distribución de Maxwell (3D) normalizada al valor de la densidad de partículas en cada caso.

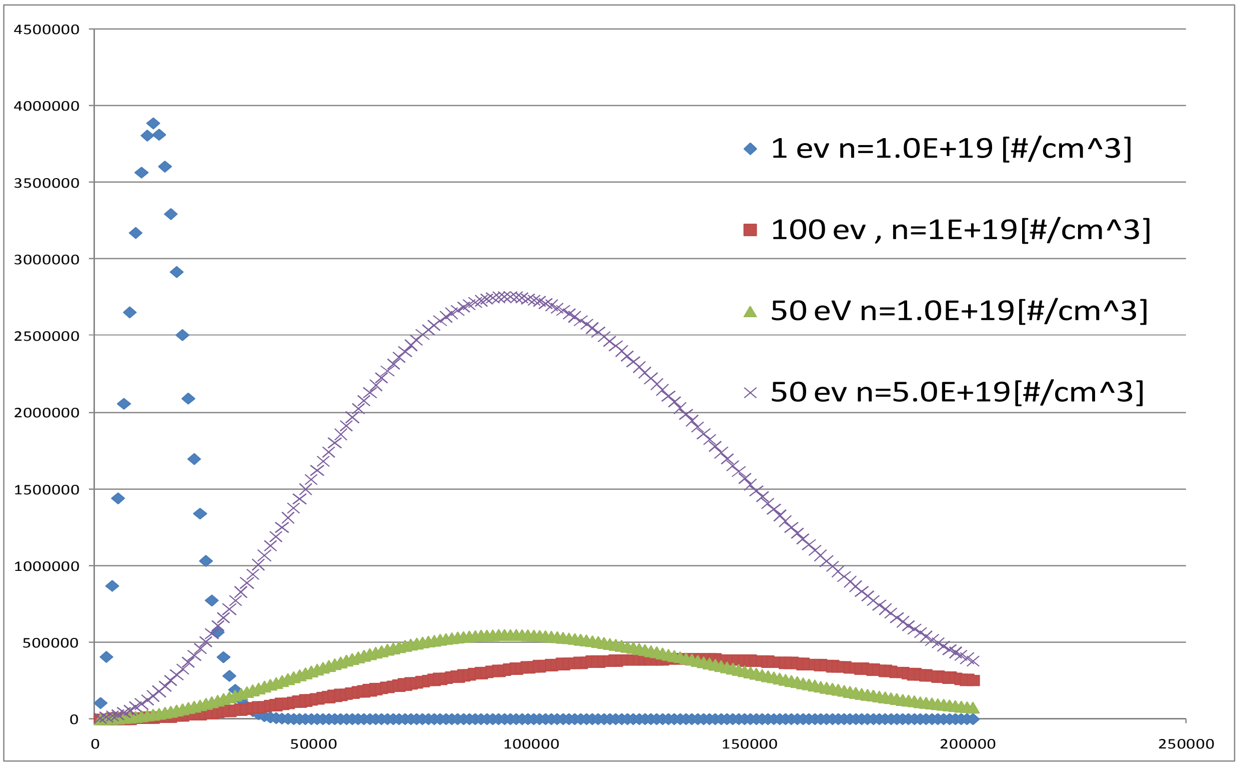
2.-Complete el gráfico indicando las unidades en los ejes del gráfico.

3.-Deduzca la distribución de Maxwell para un gas en 2 dimensiones (2D). Determine v^* y $\bar{v}$.

4.- De la pregunta 3, trace un histograma de las velocidades escogiendo juiciosamente su intervalo. (sería bueno que probase con más de dos intervalos). Use como dato: masa de los discos M=20 gr y la velocidad promedio $\bar{V} = 0.5\ m/s$

5.-Explique como haría usted para ajustar la distribución teórica (2D) a los datos que usted espera obtener en el laboratorio.

6.- Que tipo de temperaturas (T) ESTIMA usted obtener en el laboratorio con los datos anteriores.



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Podemos partir con la ecuación de Maxwell para la distribución de las velocidades de las partículas en un gas ideal (**Notación:** emplearemos negritas para vectores)

$$f(\mathbf{v})d^3\mathbf{v} = \mathrm{C}\exp\left(-\frac{1}{2}\beta m\mathbf{v}^2\right)d^3\mathbf{v} \qquad (1)$$

Donde el valor de *C* viene dado por la siguiente ecuación en n-dimensiones:

$$C = \left(\frac{\beta m}{2\pi}\right)^{n/2} \quad \text{donde } \beta = \frac{1}{KT} \qquad (2)$$

y T se conoce como la temperatura del gas.

En el caso de un gas en 3 dimensiones la ecuación anterior se puede reescribir como:

$$C = \left(\frac{\beta m}{2\pi} \right)^{3/2} \quad \text{y} \quad \mathbf{v}^2 = \left(\mathbf{v}_x^2 + \mathbf{v}_y^2 + \mathbf{v}_z^2 \right)$$

Resulta apropiado convertir la distribución de velocidades de Maxwell en una distribución de "rapidez", de la siguiente manera:

$$F(v)dv = f(\mathbf{v})d^3\mathbf{v} \quad \text{con} \quad v = |\mathbf{v}| \tag{3}$$

Donde $F(v)dv$ es la probabilidad de encontrar una partícula con rapidez entre ν y ν+dν. Esto se trata de ilustrar en la siguiente figura haciendo una analogía con entre el espacio de posiciones r y el de rapideces ν

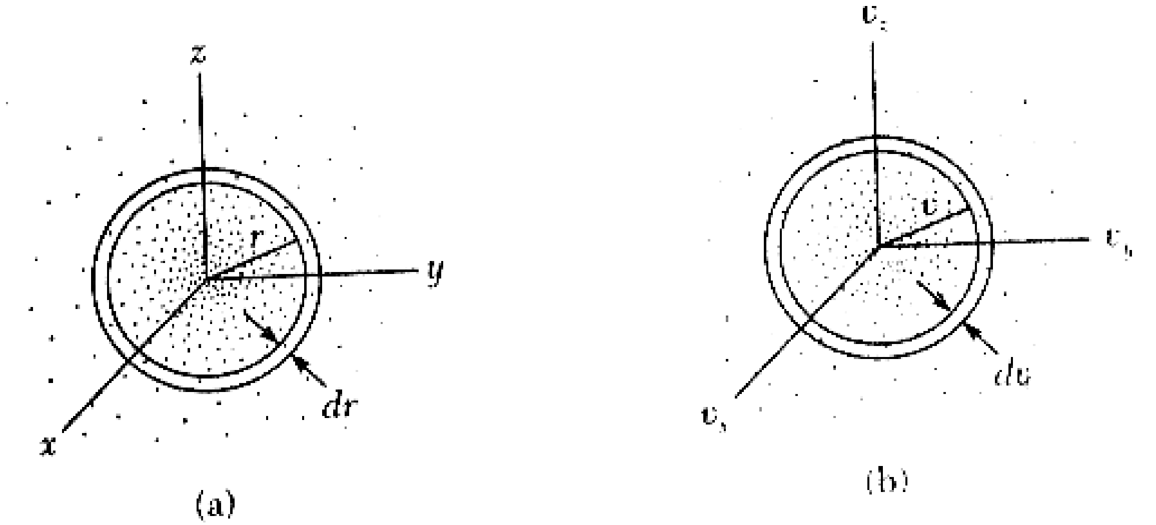


Figura 1

Retomando la ecuación de Maxwell tenemos

$$f(\mathbf{v})d^3\mathbf{v} = f(v)4\pi v^2 dv \tag{4}$$

$$F(v)dv = 4\pi C \exp\left(-\frac{1}{2}\beta m v^2\right)v^2 dv \tag{5}$$

Finalmente a partir de toda la información antes presentada se puede extraer dos conceptos mas, de suma importancia en el estudio de la distribución de rapidez de un gas: R*apidez más probable* y *Rapidez media*.

a) *Rapidez más probable:*(ν*)

$$\frac{d}{dv}(F(v)) = 0 \Rightarrow v^* = \sqrt{\frac{2KT}{m}} \tag{6}$$

b) *Rapidez media:* ($\bar{v}$)

$$\bar{v} = \int v\ \mathrm{F}(v)dv \Rightarrow \bar{v} = \sqrt{\frac{8KT}{\pi m}} \tag{7}$$

Con las ecuaciones 5,6,7 queda claro como la Temperatura controla no solo los valores de rapidez media y má probable, sino también las características de la función de distribución.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento trata de que usted simule un gas ideal en 2D. Para ello usted cuenta con una mesa de aire cuyas paredes (marco) oscilan alrededor de una posición de equilibrio gracias al acoplamiento mecánico a un motor de frecuencias variable por medio de un disco excéntrico y dos pivotes.

La frecuencia y amplitud del movimiento proveen a los discos, que se mueven sin fricción sobre la mesa, del movimiento aleatorio típico de un gas (en dos dimensiones), encerrado en una caja con temperatura T.

A-Estudio de la distribución de velocidades:

Luego de alcanzar el “equilibrio Térmico". Estudie y haga algunas observaciones cualitativas sobre el sistema de discos. Corrija si es necesario, la horizontalidad de la mesa mediante pesas.

Usando el estroboscopio con frecuencia ajustada (1 flash cuando el disco de velocidad promedio recorra una distancia equivalente a medio diámetro) y habiendo determinado cuantos flashes desea, alinee su cámara y tome el número de fotos necesario para poder medir al menos 40 eventos en todo el rango de velocidades. Para cada foto trate de medir "todas" las velocidades posibles para garantizar la mejor estadística.

B.-Camino libre medio $\bar{l}$:

Usando el disco que tiene un diodo emisor de luz, registre el movimiento de este disco por un tiempo. De esta forma usted tendrá un registro de cómo una molécula se difunde en nuestro gas en 2D.

Haga su observación en una luz tenue para mejorar el contraste y deje el obturador de la cámara abierto para registrar el evento por el mayor tiempo posible. Tome varias fotografías para una misma temperatura.

Mida la distancia que recorre el disco entre colisiones. Cuidado con los choques con las paredes que merecen un tratamiento especial.

Trace un histograma de esas distancias. Trae de extraer el valor de $\bar{l}$, si la distribución de distancias entre colisiones responde a una ley de la forma $e^{-x/\bar{l}}$.

REFERENCIAS

1. S . Thorton and A. Rex, “Modern Physics for Scientists an engineers”.
2. F.Reif,”Fundamentals of Statistical and Thermal Physics”.