

**Termodinâmica - Tutorial 3 - Efusão**

Se você fizer um furo num recipiente cheio de gás, este começará a escapar pelo furo. Neste tutorial, você vai usar as técnicas da teoria cinética para fazer uma estimativa grosseira da taxa com a qual o gás escapa através do furo. Este processo é chamado de efusão quando o furo for suficientemente pequeno.

**A)** Considere uma pequena porção de área  $A$  da parede interna do recipiente, perpendicular ao eixo  $x$ . Calcule o número de moléculas do gás contido no interior de um cilindro reto de paredes laterais paralelas ao eixo  $x$ , de área  $A$  e altura  $l$ , em função do número  $N$  de moléculas contidas no recipiente e do volume  $V$  deste. Quantas destas têm componente  $x$  de sua velocidade ( $v_x$ ) apontando em direção à área  $A$ ?

**B)** Suponha que todas as moléculas do gás tenham  $v_x$  de mesmo módulo, igual a  $\bar{v}_x$ , e use o resultado anterior para determinar quantas moléculas colidem com a área  $A$  num intervalo de tempo (pequeno)  $\Delta t$ .

**C)** Não é fácil calcular  $\bar{v}_x$ , mas uma aproximação boa o suficiente é tomá-lo igual a  $(\overline{v_x^2})^{1/2}$ . Use a aproximação de gás ideal e mostre que  $(\overline{v_x^2})^{1/2} = \sqrt{kT/m}$ , onde  $m$  é a massa molecular média.

**D)** Substitua este resultado na expressão calculada no item B. Como esta é a quantidade de moléculas que colide com a área  $A$  no intervalo de tempo  $\Delta t$ , é também a quantidade de moléculas que escapa do recipiente neste intervalo de tempo através do furo deixado quando retiramos esta área. Supondo que nada entra no recipiente pelo furo, mostre que o número  $N$  de moléculas dentro do recipiente vai variar com o tempo obedecendo à equação diferencial  $\frac{dN}{dt} = -\frac{A}{2V} \sqrt{\frac{kT}{m}} N$ .

**E)** Resolva esta equação supondo temperatura constante e obtenha uma solução da forma  $N(t) = N(0)e^{-t/\tau}$ , onde  $\tau$  é o tempo característico deste processo: tempo necessário para que  $N$  (e  $P$ ) decresça por um fator  $e$ .

**F)** Calcule o tempo característico para que ar à temperatura ambiente escape de um recipiente de 1 litro com um furo de  $1 \text{ mm}^2$ .