

PRÀCTICA 8

EFUSIÓ DE GASOS

OBJECTIUS

Aplicació d'una tècnica d'efusió a la determinació de masses moleculars. Estimació del diàmetre molecular aproximat de les molècules del gas, mitjançant l'estudi de la difusió a través d'un tub capil·lar.

MATERIAL NECESSARI

- ✓ Aparell d'efusió (proveït d'una entrada de gasos i dues eixides a l'atmosfera)
- ✓ Suport, claus i pinces
- ✓ Bombones amb els gasos problema
- ✓ Cronòmetre
- ✓ Pera de goma

INTRODUCCIÓ TEÒRICA

Determinació de masses moleculars i densitats

D'acord amb la teoria cinètica dels gasos, la velocitat mitjana v_m de les molècules d'un gas està donada per

$$v_m = \sqrt{\frac{8RT}{pM}} = \sqrt{\frac{8kT}{pm}} \quad (1)$$

on M és la massa molecular, $k = R/N_A$ és la constant de Boltzmann, R és la constant universal dels gasos, m és la massa d'una molècula, i els altres símbols tenen el significat habitual. Per a una mateixa temperatura T , el quocient de les masses moleculars de dos gasos està donat per

$$\frac{M_2}{M_1} = \left(\frac{v_{m1}}{v_{m2}} \right)^2 \quad (2)$$

D'altra banda, el volum V de gas que s'escapa a través d'un orifici d'àrea S en un temps t és proporcional a v_m

$$V = aStv_m \quad (3)$$

sent a una constant. Així, si considerem el mateix volum per a dos gasos diferents que s'escapen a través d'un mateix orifici i que inverteixen un temps t_1 i t_2 , de (2) i (3) se segueix que

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_{m2}}{v_{m1}} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \quad (4)$$

suposat un comportament ideal per a tots dos gasos, i sent r_1 i r_2 les seues densitats respectives. L'equació (4) permet determinar el valor de M o r d'un gas, si el comparem amb un altre de massa

molecular o densitat coneguda, a partir de la determinació experimental dels temps d'efusió de tots dos gasos.

Determinació del diàmetre molecular

El diàmetre molecular s'estima també per mitjà d'un procediment comparatiu. Amb aquesta finalitat, es considera la relació entre el temps necessari perquè un volum donat de dos gasos escape a través d'un tub capil·lar. Aquesta relació s'obté a partir de la fórmula de Poiseuille, que proporciona el volum d'un fluid que passa a través d'un tub capil·lar, de radi R i longitud L , durant un temps t , sota l'acció d'una diferència de pressió Δp ,

$$V = \frac{\pi R^4 \Delta p t}{8 \eta L} \quad (5)$$

Si es considera per a dos gasos l'efusió d'un mateix volum V , per a una mateixa diferència de pressions Δp , a través d'un mateix capil·lar, sent t_1 i t_2 els temps invertit per cadascun, se segueix de (5) que

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\eta_1}{\eta_2} \quad (6)$$

sent

$$\eta = \frac{1}{3} v_m \lambda \rho \quad (7)$$

la viscositat i

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \pi n (2r)^2} \quad (8)$$

el recorregut lliure mitjà de Maxwell, on r és el radi molecular i n el nombre de molècules del gas per unitat de volum.

De (2), (6), (7) i (8), i tenint en compte que $r = n M / N_A$, on N_A és el nombre d'Avogadre, se segueix immediatament que

$$\frac{d_2}{d_1} = \sqrt{\frac{t_1}{t_2}} \sqrt[4]{\frac{M_2}{M_1}} \quad (9)$$

on $d_i = 2 r_i$ és el diàmetre molecular. L'equació (9) permet calcular el diàmetre molecular d'una espècie gasosa, una vegada conegut el d'una altra que s'agafa com a referència i els temps invertits en el procés d'efusió de cadascuna d'elles.

PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

El muntatge usat es mostra en la fig. 1. Consta d'un tub d'efusió, tancat en la seua part superior per un tap travessat per un conducte proveït de dues claus, la primera de les quals permet l'entrada de gas, i la segona l'eixida d'aquests del tub d'efusió cap al tub **d** (proveït d'una làmina de platí, amb un petit orifici), o cap al capil·lar **c**, segons la disposició de la clau **b**.

El tub d'efusió es manté verticalment submergit en aigua, sempre a la mateixa profunditat, a fi que la pressió mitjana a què té lloc l'efusió siga constant en totes les experiències, tot mantenint-lo subjecte al recipient mitjançant unes fixacions horitzontals. En obrir la clau **b**, disposada convenientment la clau **a**, el volum de gas que s'escapa es determina per les marques A i B del tub d'efusió.

Atès que l'aigua té una pressió de vapor apreciable s'introdueix un cert error en els mesuraments. Tanmateix, l'error afecta aproximadament amb el mateix abast l'aire i els gasos problema i, per tant, i sent la tècnica emprada un mètode relatiu, es redueix considerablement l'error introduït en els resultats. Es podria eliminar aquest error utilitzant un líquid de baixa pressió de vapor, tal com l'àcid sulfúric concentrat, però dificultats experimentals en fan impossible l'ús. En la part superior del termòmetre existeix una ampolleta amb silicagel, per a assecar l'aire que penetra en el capil·lar. El tub està obert per la part superior, per on es connecta la bomba per tal de variar la pressió sobre el gas tancat al tub (Figura 1). El muntatge es completa amb una camisa de vidre plena d'aigua connectada amb el bany termostàtic. Un termòmetre digital connectat en un dels laterals de la camisa permet conèixer la temperatura de l'aigua de la camisa i per tant la del gas tancat en el capil·lar.

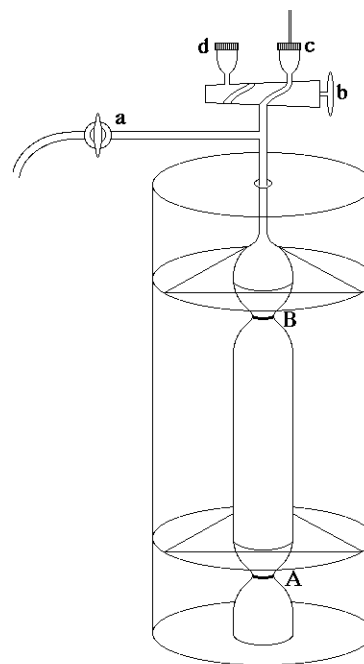


Figura 1.- Esquema de l'efusiòmetre

Determinació de masses moleculars

Per a la determinació de les masses moleculars (o densitats) s'utilitza el tub **d** del dispositiu, que està proveït d'una fulla de platí amb un petit orifici per on s'escapa el gas. Es procedeix de la següent manera: es disposen les claus **a** i **b** en la posició 1 de la fig. 2 i s'injecta aire fins que el nivell de l'aigua en l'interior de l'aparell estiga per davall de la marca A.

Aleshores es disposen les claus **a** i **b** en la posició 2 de la fig. 2 i l'aire s'escapa a través de l'orifici de la làmina de platí. Amb un cronòmetre es mesura el temps necessari perquè el nivell de l'aigua pugui pujar, des de la marca inferior A fins a la superior B, en el tub d'efusió.

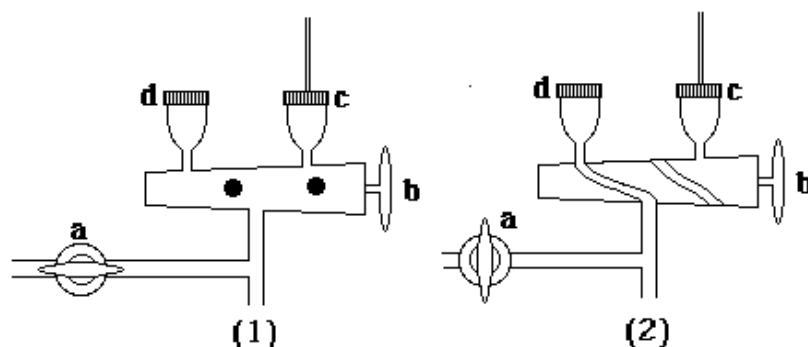


Figura 2.- Posició de les claus *a* i *b* en la determinació de masses moleculars

Es repeteixen després els mesuraments amb altres gasos, connectant directament el el tub groc (argó) i gris (CO₂) a la branca lateral de l'aparell d'efusió.

IMPORTANT: Cada vegada que s'hi introdueix un nou gas cal netejar l'aparell d'efusió, fent que s'escape gas bombollejant per la part inferior del tub.

Per a cadascun dels gasos utilitzats es repeteix l'experiència al menys tres vegades.

OBSERVACIONS

- Es prendrà com a patró l'argó: $m = (39.9 \pm 0.1)$ uma i $d = (3.64 \pm 0.03) 10^{-10}$ m.
- El sentit d'obertura de les claus dels manòmetres de les bombones de gas es troba indicat en aquests, ja que algunes s'obren en sentit contrari a l'habitual.

PRESENTACIÓ DE RESULTATS

- (a) Temps d'efusió dels diferents gasos pel capil·lar i per l'orifici, amb els seus errors.
- (b) Masses moleculars dels diferents gasos amb el seu error. Compareu els resultats amb els valors de les taules per als tres gasos.
- (c) Diàmetres moleculars dels diferents gasos amb el seu error. Discutiu la plausibilitat dels resultats, tenint en compte el nombre d'àtoms de les molècules de cadascun dels gasos.