

14. Relació entre el volum i la temperatura d'un gas

Objectius

- Comprovar que el volum que ocupa una determinada quantitat de gas depèn de la temperatura.
- Trobar per extrapolació la temperatura més baixa possible a què es podria refredar un gas.

Introducció

Els gasos es dilaten en escalfar-se. La pressió, el volum, la temperatura i la quantitat de gas són les variables fonamentals que ens permeten descriure l'estat d'un gas. Per assolir el primer dels objectius d'aquest experiment:

- Quines magnituds cal mesurar? Quina és la variable dependent i quina la independent? Fes una predicció de l'aspecte que pot tenir una representació gràfica d'aquestes dues magnituds.
- Quines magnituds caldrà mantenir invariables?
- Observa més avall l'esquema d'un dels possibles muntatges per a aquest experiment. Descriu de quina manera ens assegurarem de mantenir invariables les magnituds que volem tenir controlades.

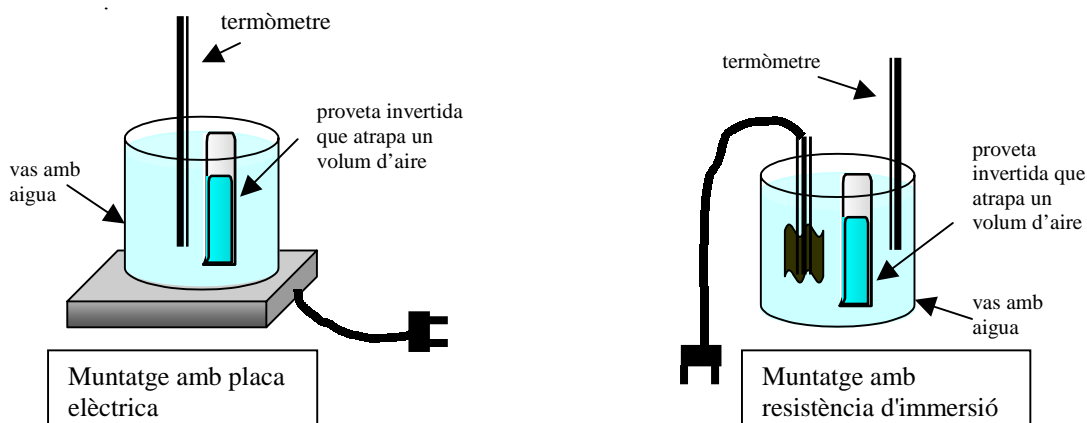
Material i Equipament

Equipament

- Provena de 10 cm³
- Vas de precipitats de 1000 cm³ o recipient de volum semblant
- Termòmetre 0 –100°C
- Vareta per agitar
- Placa elèctrica per escalfar o resistència d'immersió amb un suport per aguantar-la
- Suport amb pinça i nou per al termòmetre
- Accés a un baròmetre, per saber la pressió atmosfèrica
- Opcional: accés a un ordinador amb programa de full de càlcul

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència



1. Omple al màxim el vas de precipitats de 1000 cm³ amb aigua. Omple la proveta amb aigua fins a un volum d'uns 8 cm³. Tapa-la amb un dit (o un tap) i col·loca-la invertida dins el vas amb aigua. Ha de quedar aire atrapat dins, ocupant un volum d'uns 5 o 6 cm³. Procura que el volum d'aire atrapat sigui un valor fàcil de llegir. (Tingues en compte que en estar la proveta invertida, la numeració va a l'inrevés).
2. Instal·la el vas sobre la placa elèctrica o col·loca dins el vas la resistència d'immersió.
3. Col·loca un termòmetre, aguantat per una pinça i un suport, dins l'aigua del vas a prop de la proveta.
4. Espera uns cinc minuts i pren nota de la temperatura. Serà la temperatura del bany d'aigua i de l'aire dins la proveta.
5. Connecta la placa o la resistència d'immersió. Has de procurar que la temperatura pugi a poc a poc (a un ritme d'uns 5°C cada 6 minuts). Pren nota del volum d'aire i de la temperatura. Observa que durant tot l'experiment, la pressió que actua sobre l'aire dins la proveta depèn de l'aigua que l'envolta. Aquesta pressió es manté constant.

Anàlisi de les dades

A partir d'aquí et serà útil tenir accés a un full de càlcul d'ordinador

1. Construeix una taula de dades amb els valors de la temperatura i del volum. Comprova que són magnituds directament proporcionals.
2. En realitat, dins la proveta hi ha l'aire que ha quedat atrapat quan l'has tapat però també hi ha vapor d'aigua. De fet, en augmentar la temperatura s'evapora cada cop més aigua i la proveta conté una mescla d'aire i vapor d'aigua. Per fer un estudi rigorós de la relació entre el volum d'aire i la temperatura ens cal considerar exclusivament el volum d'aire i no el d'aquesta mescla.

La "correcció" que cal fer és la següent: $\mathbf{Vol}_{\text{aire}} = \mathbf{Vol}_{\text{total}} - \mathbf{Vol}_{\text{vapor aigua}}$

(El $\mathbf{Vol}_{\text{total}}$ és el volum que has llegit en la proveta; el $\mathbf{Vol}_{\text{aire}}$ és el que realment hem de considerar i el $\mathbf{Vol}_{\text{vapor aigua}}$ és el volum que ocuparia el vapor d'aigua dins la proveta si únicament hi hagués aigua en estat vapor.)

Per fer els càlculs necessaris cal saber el valor de la pressió atmosfèrica i els valors de la pressió del vapor d'aigua a diferents temperatures, ja que el volum del vapor d'aigua depèn de la pressió que exerceix aquest vapor d'aigua dins la proveta.

En l'annex 1 tens una taula de dades amb els valors de la pressió del vapor d'aigua a diferents temperatures.

3. Construeix ara la taula de dades següent:

| | | | | |
|------------|-------------------------------------|----------------------|--|---|
| Temper. °C | Vol _{tot} /cm ³ | P _{v aigua} | P _{aire} = P _{at} - P _v | $V_{\text{aire}} = V_{\text{tot}} \frac{P_{\text{aire}}}{P_{\text{atm}}}$ |
|------------|-------------------------------------|----------------------|--|---|

4. Fes una gràfica, amb els valors de la temperatura (eix d'abscisses) i els volums d'aire, \mathbf{V}_{aire} (eix d'ordenades).

Conclusions

1. Observa que si pots dibuixar una recta que passa per la majoria dels punts vol dir que pots demostrar numèricament que les magnituds volum i temperatura d'un gas són directament proporcionals.
Compara aquesta gràfica amb la teva predicció.

Què passaria si en lloc d'escalfar anéssim refredant el gas?

La suposició més evident és que el volum del gas seria cada vegada menor. Fins a quin límit?

Com ja saps, arribaria un moment en què el gas es liquaria i després, probablement, se solidificaria.

Si en el gràfic *s'extrapola* la recta (és a dir, es prolonga més enllà dels valors experimentals) hi ha un punt d'intersecció amb l'eix d'abscisses. Si ho fas, comprovaràs que el punt de tall correspon a un valor de temperatura en el qual **el gas ocuparia un suposat volum zero**. El valor d'aquesta temperatura és el que s'anomena el **zero absolut de temperatura**.

El significat és evident: a mesura que anem refredant un gas, el volum va disminuint. El límit més petit de volum seria el valor zero, llavors la temperatura seria la més baixa possible. D'aquí el nom de "zero absolut".

2. Els càlculs més precisos indiquen que la temperatura del zero absolut és de $-273,15^{\circ}\text{C}$.
Quin valor trobes en la teva gràfica per extrapolació de la recta?
Quin error has fet?

L'equació de Charles i Gay-Lussac

Aquests dos físics francesos, a principis del s. XIX, van fer experiments semblants al que has fet amb diferents gasos, procurant sempre mantenir constant la pressió. Van arribar a la conclusió que hi havia una relació directament proporcional entre la temperatura d'un gas i el volum que ocupa.

En tenir coneixement dels seus resultats, el físic anglès W. Thomsom (que a més tenia el títol nobiliari de *Lord Kelvin*) va proposar establir com a origen de l'escala de temperatures el valor $-273,15$.

Per trobar una relació matemàtica senzilla entre el volum i la temperatura, agafem com a origen de coordenades el valor $-273,15$ de tal manera que els valors de temperatura que hem anotat es convertiran en valors de temperatura absoluta o Kelvin.

Observa que això representa que traslladem l'eix d'ordenades fins al punt $-273,15$ de manera que la recta dibuixada ara passa per l'origen de coordenades, amb la qual cosa tindrà d'equació: **$V = \text{cte. } T$**

3. Construeix una taula de dades amb els valors de temperatures i volums. Comprova ara si es compleix la relació : $\frac{V}{T} = \text{constant}$; on T és la temperatura en Kelvin

Relació entre el volum i la temperatura d'un gas

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació i els dos primers punts de l'anàlisi de dades
- 1 hora per a la resta de les qüestions (o feina per fer a casa)

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat i, a criteri del professorat, de 4t d'ESO

Orientacions metodològiques

Una explicació detallada la podeu trobar en l'article:

Myung-Hoon Kim; M. Song Kim; Suw-Young Ly (2001): A simple Laboratory Experiment for the Determination of Absolute Zero. J. Chem. Ed. 78, 2 (p-238-240).

És recomanable començar per aigua una mica freda (per sota del 20°C) i anar-la escalfant poc a poc, fins als 60°C o 70°C, o realitzar una dotzena de mesures.

Un cop feta la correcció de la pressió de vapor de l'aigua, els punts en la gràfica queden alineats

Els apartats de les conclusions "**Què passaria si en lloc d'escalfar anéssim refredant el gas?**" i "**L'equació de Charles i Gay-Lussac**", es poden deixar per fer a casa.

Orientacions tècniques

Els fulls de càlcul són molt útils per al tractament de les dades. A l'adreça: <http://www.ebicom.net-dhyams/cvxpt.htm> trobareu un programa útil per gestionar dades: el *Curve Expert 1.3*

Conclusions

Resultats esperats

S'ajusten amb errors relativament petits als valors teòrics esperats.

Criteris d'avaluació

Es pot emprar la següent plantilla on es van apuntant els passos procedimentals que és desitjable que els alumnes dominin:

| Pas del procediment | Acció | SÍ | NO |
|----------------------|--|----|----|
| INTRODUCCIÓ | Defineix que cal estudiar el volum en funció de la temperatura (variable independent)? | | |
| | Indica que cal mantenir constant la massa de gas i la pressió? | | |
| ANÀLISI DE LES DADES | Sap raonar que volum i temperatura són inversament proporcionals ? | | |
| | La taula de dades experimental i gràfica són correctes? | | |
| | Troba un error petit en l'extrapolació? | | |
| CÀLCULS | Fa els càlculs sense demanar ajut? | | |
| | Fa ús correcte de les xifres significatives? | | |

ANNEX**Taula de dades**

PRESSIÓ DE VAPOR DE L'AIGUA A DIFERENTS TEMPERATURES

| T / °C | P _v / mm Hg | P _v / Pa | T / °C | P _v / mm Hg | P _v / Pa |
|--------|------------------------|---------------------|--------|------------------------|---------------------|
| 10 | 9,209 | 1227,5 | 46 | 75,65 | 10083,3 |
| 11 | 9,844 | 1312,1 | 47 | 79,60 | 10609,8 |
| 12 | 10,52 | 1402,2 | 48 | 83,71 | 11157,7 |
| 13 | 11,23 | 1496,8 | 49 | 88,02 | 11732,1 |
| 14 | 11,99 | 1598,1 | 50 | 92,51 | 12330,6 |
| 15 | 12,79 | 1704,8 | 51 | 97,20 | 12955,7 |
| 16 | 13,63 | 1816,7 | 52 | 102,09 | 13607,5 |
| 17 | 14,53 | 1936,7 | 53 | 107,20 | 14288,6 |
| 18 | 15,48 | 2063,3 | 54 | 112,51 | 14996,4 |
| 19 | 16,48 | 2196,6 | 55 | 118,04 | 15733,5 |
| 20 | 17,54 | 2337,9 | 56 | 123,80 | 16501,2 |
| 21 | 18,65 | 2485,8 | 57 | 129,82 | 17303,6 |
| 22 | 19,83 | 2643,1 | 58 | 136,08 | 18138,0 |
| 23 | 21,07 | 2808,4 | 59 | 142,60 | 19007,1 |
| 24 | 22,38 | 2983,0 | 60 | 149,38 | 19910,8 |
| 25 | 23,76 | 3167,0 | 61 | 156,43 | 20850,5 |
| 26 | 25,21 | 3360,2 | 62 | 163,77 | 21828,8 |
| 27 | 26,74 | 3564,2 | 63 | 171,38 | 22843,2 |
| 28 | 28,35 | 3778,8 | 64 | 179,31 | 23900,1 |
| 29 | 30,04 | 4004,0 | 65 | 187,54 | 24997,1 |
| 30 | 31,82 | 4241,3 | 66 | 196,09 | 26136,7 |
| 31 | 33,70 | 4491,9 | 67 | 204,96 | 27319,0 |
| 32 | 35,66 | 4753,1 | 68 | 214,17 | 28546,6 |
| 33 | 37,73 | 5029,0 | 69 | 223,73 | 29820,9 |
| 34 | 39,90 | 5318,3 | 70 | 233,71 | 31151,1 |
| 35 | 42,18 | 5622,2 | 71 | 243,91 | 32510,6 |
| 36 | 44,56 | 5939,4 | 72 | 254,61 | 33936,8 |
| 37 | 47,07 | 6273,9 | 73 | 265,71 | 35416,3 |
| 38 | 49,69 | 6623,2 | 74 | 277,21 | 36949,2 |
| 39 | 52,44 | 6989,7 | 75 | 289,11 | 38535,3 |
| 40 | 55,32 | 7373,6 | 76 | 301,41 | 40174,8 |
| 41 | 58,34 | 7776,1 | 77 | 314,11 | 41867,6 |
| 42 | 61,50 | 8197,3 | 78 | 327,31 | 43627,0 |
| 43 | 64,80 | 8637,2 | 79 | 341,01 | 45453,0 |
| 44 | 68,26 | 9098,3 | 80 | 355,1 | 47331,1 |
| 45 | 71,88 | 9580,8 | | | |