

¿Quins efectes tenen les variacions de temperatura sobre la pressió d'un gas? Material pel professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació
- 1 hora per al qüestionari

Alumnes als quals està adreçada l'experiència

Alumnes de 1er o 2on de batxillerat

Orientacions metodològiques

- Cal fer veure als alumnes la importància de l'extrapolació en la ciència. L'extrapolació de les dades de pressió i de temperatura obtingudes permet determinar a quina temperatura la pressió de l'aire seria igual a zero, encara que l'aire condensaria abans d'arribar a aquesta temperatura. Tot i que això ens mostra la incertesa que sempre hi ha en un procés d'extrapolació, ens indica una manera de determinar el valor del zero absolut de temperatura, i prendre aquest valor com a origen de l'escala de temperatura termodinàmica (Kelvin).
- Fer notar als alumnes les conseqüències pràctiques de la relació entre la pressió i la temperatura, i la importància de controlar la pressió en els recipients que contenen gasos. Aquests recipients estan construïts per suportar una pressió màxima, i per seguretat no s'han d'exposar a temperatures que facin que la pressió exercida pel gas superi la màxima. Com per exemple, les olles a pressió, les calderes de calefacció, els aerosols...
- De la mateixa manera que es fa el seguiment de la pressió i de la temperatura de l'aire durant l'escalfament, també es pot fer el seguiment durant el refredament. Primer s'escalfa el tub amb la placa calefactora fins a una temperatura d'uns 45°C en el bany d'aigua, i després es deixa refredar mentre es prenen les dades de temperatura i pressió cada 10 segons. Encara que el procés de refredament és més lent que l'escalfament (si l'escalfament dura $\frac{3}{4}$ d'hora el refredament dura 1 hora i $\frac{1}{2}$ aproximadament), els resultats obtinguts solen ser millors.

Orientacions tècniques

- El tap de goma ha de tenir un forat per fer-hi passar l'agulla. Per foradar el tap, primer el travesseu amb un punxó molt prim (d'uns 2 mm) i després aprofiteu el forat per passar-hi l'agulla amb molta cura. Si ho feu amb l'agulla directament és més costós i és fàcil que es trenqui.



Per evitar punxades amb l'agulla, mentre el tap no tapi el tub de vidre, claveu l'agulla en un tap de suro.

- Per evitar que els alumnes es puguin punxar amb l'agulla, és convenient tenir sempre muntat el tub de vidre amb el tap. Doneu als alumnes ja tot preparat també amb el tub de plàstic unit a l'agulla.
- Convé que l'interior del tub de vidre estigui sec, sinó durant l'escalfament, l'aigua s'evaporaria i la pressió mesurada pel sensor seria la de l'aire més la del vapor d'aigua.
- Per obtenir millors resultats és important:
 - Assegurar el tancament hermètic del conjunt del tap, agulla, tubs i sensor de pressió.
 - Que l'escalfament de l'aire del tub sigui molt lent, ja que el sensor de temperatura és més lent de resposta que el sensor de pressió. Per aquesta raó s'obtenen millors resultats estudiant el refredament (procés més lent) que l'escalfament de l'aire en el bany d'aigua (procés més ràpid).
 - Que la temperatura de l'aire del tub sigui uniforme i el més propera possible a la del bany. Per això cal agitar constantment.
- No és convenient arribar a temperatures més elevades d'uns 70°C, ja que podria saltar el tap. A més, a temperatures a partir d'uns 60°C el gràfic P - T va canviant de pendent. Per tot això s'aconsella que l'escalfament només arribi a uns 60°C.

Conclusions

Resultats esperats

A l'experiment realitzat es van obtenir els següents resultats:

El temps total de l'escalfament va ser: $\Delta t = 44$ min

L'increment de pressió: $\Delta P = 10,0$ kPa

L'increment de temperatura: $\Delta T = 28,8$ °C

La relació entre ambdós increments és $\Delta P / \Delta T = 0,347$ kPa / °C

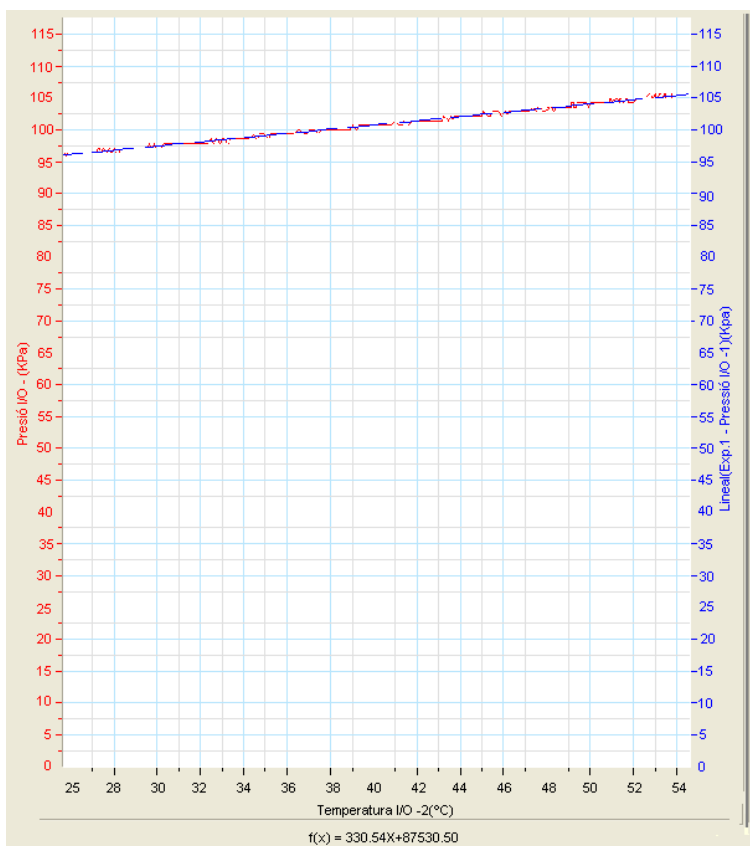
L'equació que relaciona la pressió en funció de la temperatura Celsius és:

$$P = 330,54 T + 87530,50$$

La pressió està expressada en Pa.

La T a la qual la pressió del gas és igual a 0 és:

$$T = -265$$
°C, valor que és molt proper a l'esperat -273°C



Respostes al qüestionari

1. Si observeu els valors que apareixen a la taula a l'inici de l'escalfament, podeu apreciar que la temperatura comença a augmentar abans que la pressió. Això és degut al fet que, malgrat que el sensor de temperatura és més lent de resposta que el de pressió, a l'escalfament de l'aire, i, per tant, per apreciar un augment de pressió de 0,72 kPa (que és la resolució del sensor), cal un augment de temperatura d'uns 2°C (el sensor de temperatura té una resolució de 0,13°C).

2. El gràfic de la pressió-temperatura que s'obté és una recta. Això mostra la relació lineal entre les dues magnituds.

El pendent de la recta és: $\Delta P / \Delta T = 331 \text{ Pa} / ^\circ\text{C} = 331 \text{ Pa/K}$

Representa l'augment de pressió, en Pa, que correspon a un augment d'1°C de temperatura (o d'1K, que és el mateix).

3. El pendent de la recta depèn del volum del recipient i de la quantitat de gas, és a dir, del volum molar del gas. Si repetiu l'experiment amb un recipient de diferent capacitat, només si les condicions inicials de pressió i temperatura de l'aire són les mateixes el pendent de la recta hauria de ser el mateix.

4. Si representeu $P/(t+273)$ en funció del temps s'obté aproximadament una recta. Això demostra que la pressió de l'aire és directament proporcional a la temperatura absoluta.

El pendent de la recta que relaciona P i t (°C) és el mateix que P/T (K), donat que la variació d'1°C és igual que d'1K.

5. La temperatura de l'aire a la qual la pressió seria el doble de la inicial:

$$P_o = 96,4 \text{ kPa} ; T_o = 25,7^\circ\text{C}$$

$$\Delta P = 96,4 \text{ kPa}$$

$$\Delta T = (96,4 / 0,331) ^\circ\text{C} = 278,8^\circ\text{C}$$

$$\text{S'hauria d'escalfar l'aire a una temperatura de: } T = (25,7 + 278,8)^\circ\text{C} = 304,5^\circ\text{C}$$

6. És perillós exposar els aerosols a altes temperatures, perquè la pressió del gas que contenen augmenta proporcionalment amb la temperatura. Els recipients estan preparats per suportar una pressió, i aquesta es pot excedir per l'augment de temperatura.

7. El volum molar de l'aire contingut a l'erlenmeyer és:

$$V_m = V/n = R(T/P) = 8,3 / 331 \text{ m}^3 = 0,025 \text{ m}^3 = 25 \text{ L}$$

Podem comparar aquest valor amb el que s'obtingria en aplicar l'equació d'estat del gas ideal a l'aire contingut en el tub en les condicions inicials:

$$V_m = V/n = R(T_o/P_o) = (8,3 \cdot 298,7) / (96,4 \cdot 10^3) \text{ m}^3 = 0,026 \text{ m}^3 = 26 \text{ L}$$

8. Es pot determinar el zero absolut, extrapolant a la representació de la pressió en funció de la temperatura Celsius, la temperatura a la qual les molècules d'aire no fan cap pressió.

A l'experiència aquest valor és de -264°C

L'error relatiu que s'ha comès és:

$$\% \varepsilon_r = (264-273/273) * 100 = 3\%$$

9. Les fonts d'error són:

- Que el tancament del tub no és totalment hermètic.
- El termòmetre mesura la temperatura de l'aigua del vas, que és superior a la de l'aire contingut dins del tub.
- El desfasament en les mesures que fan els sensors de pressió i de temperatura és degut que el sensor de pressió és més ràpid de resposta que el de temperatura. D'altra banda el sensor de pressió té menys resolució que el de temperatura.
- Que l'aire no és totalment un gas ideal.