

Estudi experimental del percentatge d'oxigen en l'aire

Xavier Pagés i Segarra i Blanca Pagés i Artola

IES Botànic Cavanilles, La Vall d'Uixó

xpages53@hotmail.com; jupiter410@hotmail.com

Presentem un mètode experimental senzill i eficaç per a determinar quantitativament el percentatge d'O₂ en l'aire, basat en la reacció d'oxidació del ferro catalitzat per l'aigua, utilitzant com a eina de càlcul la proporció. Aprofitem l'experiència per constatar que l'aire, encara que sigui invisible, ocupa un espai i té una massa i, en conseqüència, en el camp de gravitació de la terra exerceix una pressió sobre tota matèria en contacte: la pressió atmosfèrica.

Paraules clau: percentatge, aire, oxigen, oxidació, pressió atmosfèrica

Objectiu

Es constata en la bibliografia (Strandgaard Andersen i al., 1987) que l'aire és una mescla de gasos composta fonamentalment de nitrogen (78,09 %) i oxigen (20,95 %), sent la resta, inferior a l'1 %, altres gasos com Ar, CO₂, Ne, He, Kr, H₂, Xe, O₃, etc.

Seria possible comprovar al laboratori de l'escola que l'aire conté aproximadament un 20,95 % d'oxigen?

Fonament del mètode experimental

Si un tub d'assaig ple d'aire l'introduïm invertit en un got amb aigua (tenyida amb safra per il·lustrar millor la fotografia de l'experiència), observem que l'aigua no entra en el tub (fig 1).

Si de l'aire de l'interior del tub en traiem l'oxigen per mitjà d'una reacció química –amb ferro humit– el volum que ocupava l'oxigen es veurà reemplaçat per l'aigua que ascendirà cap a l'interior del tub gràcies a la pressió atmosfèrica. Ho raonem amb la proporció següent:

$$V_t / V_{H_2O} = 100 / \% O_2$$

% O₂ = percentatge d'oxigen en l'aire

V_t = volum del tub d'assaig = π · R² · H

H = alçària total del tub d'assaig

V_{H₂O} = volum final d'aigua a l'interior de tub d'assaig
= π · R² · h

h = alçària final de l'aigua dintre del tub d'assaig

La fórmula per a trobar el percentatge d'oxigen en l'aire de l'interior del tub és:

$$\% O_2 = (h / H) \cdot 100$$

Materials

- Llimadures de ferro
- Tub d'assaig
- Vas
- Aigua (no necessàriament destil·lada)
- Calibre

Desenvolupament de l'experiència

Veiem a la fig. 1 l'inici de l'experiència. Transcorregut un temps que xifrem en 24 h –d'un dia de classe al següent– la reacció quedarà completada.

Els passos a seguir per fer aquesta experiència són:

- Mullar amb aigua l'interior del tub.
- Afegir una xicoteta quantitat de llimadures de Fe.
- Invertir el tub per comprovar que el ferro se subjecta a la paret i al fons del tub gràcies a l'aigua amb què hem mullat el seu interior. El ferro actuarà de catalitzador de la reacció.
- En deixar el conjunt en repòs, observarem que al cap d'uns 30 minuts l'aigua tenyida amb safra haurà ascendit uns 5 mm i continua ascendent fins que hagi reaccionat tot l'O₂ (reactiu limitant).



Figura 1. Muntatge experimental. Cal esperar que l'oxigen reaccione amb el ferro humit i l'aigua ascendeixca pel tub.

Mesuraments i càlculs

Com que la reacció d'oxidació transcorre lentament, no hi ha temps suficient en l'hora de classe per a realitzar completament l'experiència, per tant se suggereix que l'endemà s'observe l'alçària final de l'aigua en l'interior del tub i se'n comprove que el nivell s'hi manté constant.

La taula 1 mostra els valors presos per deu alumnes de segon de batxillerat (fig. 2) sobre el mateix conjunt de tub + got.

Cada observador/ra ha realitzat la mesura independentment, sense conèixer el resultat dels seus companys.

Aplicant la fórmula $\% O_2 = (h / H) \cdot 100$ obtenim el resultat següent:

$$\% O_2 = (32,6 \text{ mm} / 161,4 \text{ mm}) \cdot 100 = 20,23 \%$$

Alumne/a	H (mm)	h (mm)
1	157	34
2	164	35
3	162	34
4	160	21
5	160	30
6	162	33
7	162	33
8	167	30
9	160	30
10	160	35
Valors mitjans	161,4	32,6

Taula 1. Taula de valors experimentals obtinguts.

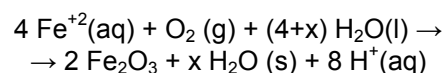


Figura 2. Alumna mesurant.

Observacions de caràcter químic sobre l'experiència

Segons es desprèn de Del Barrio i Montejo (2004), "la corrosió del ferro requereix aigua i oxigen." En les fotografies següents (figs. 3 i 4) es mostra la comprovació experimental d'esta afirmació: *La corrosió del ferro és de naturalesa electroquímica.*

Vegem la reacció total ajustada:



- Reactiu limitant: en aquest cas és l'oxigen.
- Cinètica de la reacció: és una reacció que requereix més d'un dia per a completar-la.
- Estudi redox de la reacció: els alumnes de 2n de batxillerat han d'ajustar-la.
- Cal ressaltar l'efecte comburent de l'oxigen en les reaccions de combustió (figs. 5 i 6)



Figura 3. L'experiència, completada.

A la foto anterior es pot veure com la presència d'oxigen i aigua ha possibilitat la reacció d'oxidació del ferro fins a formar-se un òxid de ferro(III) hidratat de color ataronjat.



Figura 4. Sense aigua mullant-lo, el ferro no reacciona.

Si subjectem el ferro amb un cotó (fig. 4), comprovem que, en absència d'aigua, encara que hi haja oxigen, no es produeix l'oxidació del ferro i en conseqüència l'aigua no ascendeix pel tub.

Observacions de caràcter físic sobre l'experiència

Ressenyarem fonamentalment:

- L'aire, tot i que és invisible, és una mescla de gasos que ocupa un espai; per esta raó, només pot penetrar l'aigua en l'interior del tub quan l'oxigen ha "desaparegut" de la fase gasosa en combinar-se amb el ferro i quedar l'òxid en fase sòlida.
- Una vegada desaparegut l'oxigen, l'aigua ha ascendit per l'interior del tub gràcies a la pressió atmosfèrica, és a dir, al pes de l'aire actuant sobre la superfície lliure del líquid contingut en el got. Açò és una prova evident que l'aire, com qualsevol classe de matèria, té una massa:

$$1\text{m}^3 \text{ d'aire} = 1293 \text{ g}$$

Variant experimental per a mesurar la presència d'oxigen en l'aire

En les fotografies següents (figs.5 i 6) mostrem una variant de l'experiència que hem proposat, (Macías, 1972; Herrero Salgado, 1963).



Figura 5. Observem que l'aigua no ascendeix a l'interior del tub, per estar aquest ple d'aire.

Té l'avantatge de ser ràpida, pràcticament instantània, i que també serveix per a demostrar el més important d'este treball: que l'aire conté oxigen, que és indispensable en les combustions, que té massa, i que ocupa un volum d'aproximadament la cinquena part del total del volum d'aire.



Figura 6. A l'instant de cobrir l'espelma amb el tub, aquesta s'apaga i observem com ascendeix una certa quantitat d'aigua, omplint l'espai que ocupava l'oxigen abans de consumir-se en la reacció

Càlcul del % d'oxigen en l'aire en l'experiència anterior

Per a estimar la quantitat d'aigua real que ha entrat en el tub, hem de restar el volum de l'espelma al volum d'aigua que hi ha entrat.

Necessitarem un calibre o peu de rei (fig. 7) per a mesurar els diàmetres de l'espelma i el de l'interior del tub.

En aquest cas, a partir de les nostres mesures hem obtingut el valor següent:

$$\begin{aligned} \% O_2 &= (V(O_2) / V(\text{tub})) \cdot 100 = \\ &= (15699,3 \text{ mm}^3 / 64398,7 \text{ mm}^3) \cdot (100) = \\ &= 24,3\% \end{aligned}$$

un resultat que ens pareix acceptable, malgrat que no tinga la precisió del mètode anterior de l'oxidació.



Figura 7. Calibre o peu de rei.

Conclusions

Hem calculat, com hem mostrat, el percentatge d'oxigen en l'aire amb un mètode experimental senzill, i molt fiable, que es pot realitzar a distints nivells, tant en primària, com en secundària i batxillerat.

Pel requeriment mínim de mitjans materials, es pot proposar que cada alumne el realitze, podent enriquir-se amb un xicotet qüestionari que fixe l'atenció en la quantitat de xicotets detalls que intervenen en l'experiència, tant a nivell d'experimentació com de connexió de conceptes de caràcter físic i químic.

El fet de no obtindre el valor de la bibliografia (20,95% d'oxigen) no és pas significatiu, donats els errors que hi fem en mesurar. Tanmateix, com més ens apropem a aquest valor, millor

Bibliografia

- Strandgaard Andersen i altres (1987). *Dades de física i química*. (2a ed). Alcoi: Marfil
- Del Barrio, J.I i Montejo, C.(2004). *Química 2: Ciències de la naturalesa i de la salut / tecnologia*. Madrid: SM.
- Macías, J. A.(1972). *Manual de experiències: iniciación a las ciencias físico - naturales*. Madrid: Enosa.
- Herrero Salgado, C.(1963). *Nuevas lecciones de cosas*. Valladolid: Miñón.