

## Quin percentatge d'oxigen hi ha a l'aire?

### Objectiu

- Trobar el percentatge d'oxigen que hi ha en una mostra d'aire

### Introducció

L'atmosfera està formada fonamentalment per una mescla de tres gasos: el nitrogen és el més abundant, després l'oxigen i, en un percentatge que amb prou feines arriba a l'1%, l'argó. Entre aquests tres gasos s'arriba a un 99% en volum. De la resta, diòxid de carboni, neó, heli, òxids de nitrogen... etc. n'hi ha percentatges mínims.

L'aire fou considerat durant molts segles un element químic. Joseph Priestley i Antoine Lavoisier van demostrar en el segle XVIII que està format per oxigen i nitrogen, i Antoni Martí i Franquès, científic català, és qui, ja en aquella època, va calcular el percentatge d'oxigen de l'aire amb millor precisió.

### Equipament

#### Material de laboratori

- Tub d'assaig gran amb tap que ajusti bé travessat per un tub de vidre.
- Vasos de precipitats de 100 mL (2)
- Pinces per agafar el fregall de ferro

#### Elements de l'equip Multilog

- Interfície
- Sensor de pressió 0-700 kPa

#### Ordinador

Qualsevol dels objectes següents:

- Fregall de ferro o d'acer
- Llimadures de ferro
- Bossa per escalfar les mans (marca DECATHLON<sup>®</sup>), que conté ferro en pols molt fina

En el cas de fer servir fregall de ferro o llimadures de ferro, necessites a més:

- Acetona 
- Àcid acètic o vinagre blanc diluit (concentració aproximada 0,1 M) 

### Procediment

#### Disseny de l'experiència

1. Suposa que tens aire dins un tub d'assaig tancat. L'aire està a la pressió atmosfèrica. Dins el tub hi ha unes llimadures de ferro, metall que s'oxida fàcilment. A mesura que passa el temps, l'oxigen dins el tub anirà reaccionant amb el ferro i la seva quantitat dins el tub disminuirà. Basant-te en aquest fet, has de dissenyar un procediment en el qual, fent servir el sensor de pressió, puguis determinar a partir de quin moment ja no queda oxigen dins el tub.
  - Com ho pots fer per recollir dades de la pressió dins el tub?
2. Fes un esquema del muntatge i escriu la teva predicció del que creus que passarà, triant una de les opcions següents i raonant la teva opció.
  - a) Arribarà un moment que la pressió serà zero.
  - b) La pressió anirà disminuint fins que s'estabilitzarà.

- c) La pressió anirà disminuint fins valors molt petits, però no arribarà a zero. A més es veurà com tot el ferro s'ha oxidat.
3. Si saps els valors de la pressió a l'inici i all final de l'experiment, de quina manera pots fer servir aquests valors per determinar el percentatge d'oxigen que té l'aire?

## Muntatge i execució de l'experiència

Un cop has decidit el muntatge, espera el vist i plau de la professora o professor per dur-lo a la pràctica.

### Configuració del sistema

Engega la interície i l'ordinador. Obre el programa **Multilab**

*Ara has de configurar el programa per capturar les dades de pressió en funció del temps.*



Clica el  botó **Configurar ajudant**.

S'obre la finestra que detecta a l'entrada 1 el sensor de pressió.

Clica **Proper** per obrir la finestra següent.

Selecciona:

Freqüència: **cada 10 segons**

Mode d'escalat: **Escala completa**

Mode de gravació: **Substituir**

Clica **Proper** per passar a la finestra següent.

Selecciona: Per temps: **1:20 HH:MM**. Això et donarà un marge molt ampli perquè el sistema vagi fent mesures de pressió. Clica **Acabar**.

- Si has d'usar el ferro d'un fregall, cal que el preparis abans de la manera següent:
  - Retalla un tros de fregall d'aproximadament d'1 g de massa. Posa uns 50 mL d'acetona en un vas de precipitats i amb ajut de les pinces submergeix-hi el ferro per rentar-lo bé i desengreixar-lo. Treu-lo i asseca'l amb paper.
  - En un altre vas, posa uns 50 mL de dissolució diluïda d'àcid acètic o vinagre. Submergeix-hi el retall de ferro durant un minut. Després treu-lo i asseca'l el millor que puguis amb paper. Fins i tot, si disposes d'una font d'aire calent (assecador de mans, per exemple), deixa'l un parell de minuts al corrent d'aire calent, agafant-lo sempre amb les pinces. Després, posa'l dins el tub d'assaig gran i tapa'l amb el tap foradat amb sortida per connectar-hi el sensor de pressió.
- Si has decidit treballar amb una bossa per escalfar les mans, que conté ferro en pols molt fina, obre la bossa amb unes tisores i tira una tercera part del seu contingut dins el tub. Tapa el tub amb el tap foradat amb sortida per connectar-hi el sensor de pressió.

### Enregistrament de les dades

Comença la captació clicant el botó  **Executar**.

Deixa l'equip en marxa i observa l'aspecte de la gràfica. El procés d'oxidació del ferro pot ser ràpid o lent. Com més finament dividit estigui i més directament en contacte amb l'aire, més ràpida serà l'oxidació.

Només quan a la pantalla observis que la pressió ja no disminueix més, para l'enregistrament.

Amb el botó  **Stop** finalitzen les captacions.

Anomena i guarda l'arxiu amb l'opció **Guardar com** del menú **Arxiu**.

## Anàlisi i tractament de les dades

1. Troba la diferència entre les pressions inicial i final, col·locant els cursors a l'inici i al final de la gràfica. Pren nota d'aquest valor.  
A què atribueixes la disminució de la pressió?.
2. Utilitza el que saps de les lleis dels gasos i de la hipòtesi d'Avogadro sobre els gasos per fer un càlcul del percentatge d'oxigen en volum a partir de les dades de la disminució de pressió respecte de la pressió inicial dins el tub.
3. El valor mitjà del percentatge d'oxigen a l'aire és del 20% en volum. Quin error relatiu has fet en la teva mesura? Quines causes poden explicar el teu error?

## Qüestionari

1. Comenta si la teva predicció inicial s'ha complert o no.
2. Per què creus que hi ha un moment a partir del qual la pressió ja no disminueix? Quina ha de ser la composició de l'aire dins el tub quan ja s'ha acabat l'oxidació del ferro?
3. Aquesta qüestió és perquè *t'adonis que el ferro està en un gran excés comparat amb la quantitat d'oxigen i que això ens permet assegurar-nos que tot l'oxigen dins el tub reaccionarà*:  
Suposa que el ferro en oxidar-se forma l'òxid de ferro (III),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
  - a) Quina és la reacció d'oxidació que té lloc? Escriu l'equació química.
  - b) Si suposem que hi ha una massa inicial d'1,0 g de ferro, quina quantitat d'oxigen caldria perquè s'oxidés tot el ferro?
4. Històricament, quan a l'aire se li treia l'oxigen es deia "aire deflogisticat". Quins experiments van fer Joseph Priestley i Antoine Lavoisier que els van permetre avaluar el percentatge d'oxigen?
5. El científic català Antoni de Martí i Franquès recollia mostres d'aire de diferents llocs per fer-ne després l'anàlisi. Com podries tu recollir mostres d'aire de dalt d'una muntanya, d'una sala de cine, d'una discoteca?

## Quin percentatge d'oxigen hi ha a l'aire? Material per al professorat

### Orientacions didàctiques

#### Temporització

- Fent servir un tros de fregall de ferro, llimadures de ferro o una de les bosses “escalfamans” marca DECATHLON® tancada, la captació de dades ha de durar uns 70 minuts. Compteu, per tant, uns 30 minuts per al disseny i muntatge de l'experiència i que caldrà deixar la interfície en marxa més d'una hora. A la classe següent necessitareu uns 30 minuts per, un cop descarregat l'arxiu, fer l'anàlisi i les qüestions.
- El millor, doncs, és obrir una d'aquestes bosses i usar aproximadament la tercera part del seu contingut per l'experiment. En uns 15 minuts la pressió haurà disminuït en un 20% i s'haurà estabilitzat. El temps total és d'una hora. Les qüestions es poden fer a casa.

#### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de Batxillerat. I de 4t d'ESO com a demostració del professor.

#### Orientacions metodològiques

Aquest treball pràctic permet tractar uns quants conceptes bàsics de química:

- La pressió total d'una mescla de gasos és la suma de les pressions parcials dels gasos.
- La hipòtesi d'Avogadro, que permet passar de pressions parcials a mols de gasos en una mescla i també passar a volums.
- La velocitat de reacció: com més finament dividit està el ferro més ràpid s'oxida.

El treball es pot completar amb referències històriques a Lavoisier i al paper de l'oxigen en les combustions.

### Orientacions tècniques

Els fregalls de ferro o de “llana d'acer”, es venen a les drogueries i ferreteries, es fan servir per a les màquines polidores del terra.

No es necessari pesar el tros de fregall, uns 3,5 cm de longitud tal com vénen enrotllats ja són suficients.

Si no s'ha assecat molt bé el fregall, després dels rentats s'observa formació d'humitat dins el tub.

Les bosses per escalfar les mans les trobareu als magatzems DECATHLON entre els mesos d'octubre i març; es venen en paquets de 5 unitats dobles a uns 6 Euros el paquet (preus de 2005). Cada unitat conté dues d'aquestes bosses en forma de saquet porós i ve tancada al buit. Dins hi ha ferro en pols molt fina, serradures, carbó actiu i altres components que no interfereixen en la reacció d'oxidació. L'oxidació del ferro és un procés exotèrmic, però en haver-hi tan poc oxigen que reacciona, l'increment de temperatura no influencia en la pressió final.

Com que hi ha un gran excés de ferro respecte a l'oxigen dins el tub, el reactiu limitant és l'oxigen, la qual cosa assegura que reacciona tot el que hi ha dins el tub.

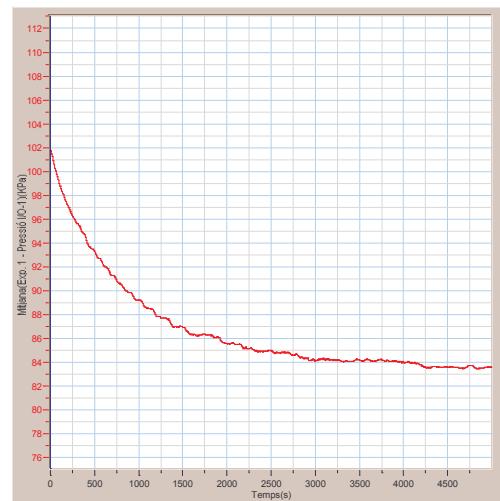
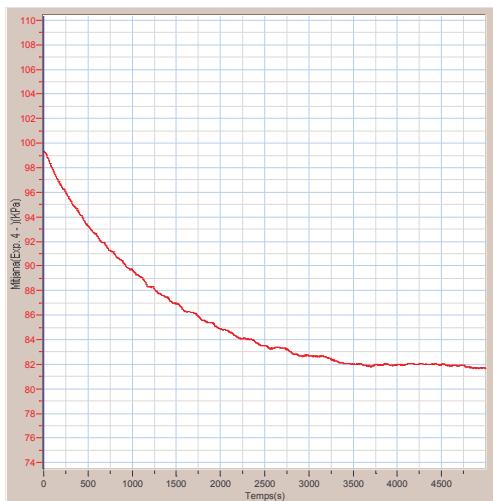
## Anàlisi i tractament de les dades

### Resultats esperats

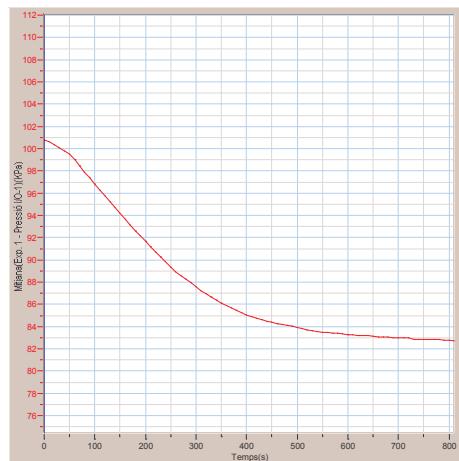
Gràfiques obtingudes: La primera gràfica correspon a un tros de fregall de ferro. La diferència de pressions és de 18,57 kPa i es va estabilitzar a partir dels 3000 s (50 minuts)

La segona gràfica correspon a una bossa per escalfar les mans, col·locada tal com ve, és a dir sense obrir el saquet, dins el tub. La diferència de pressions és de 18,95 kPa i es va estabilitzar a partir dels 4000 s (una hora aproximadament).

En totes dues gràfiques la temperatura ambient era de 22°C.



El tercer gràfic s'ha obtingut obrint una de les bosses i buidant aproximadament una tercera part del seu contingut en el tub d'assaig i tapant immediatament després: els resultats encara són millors en quant al temps en estabilitzar-se la pressió: menys de 15 minuts.



Càlculs:

Considerem que els gasos dins el tub d'assaig en el moment de tancar-lo i en acabar l'experiment estan en iguals condicions de volum (el del tub) i de temperatura. Per tant les pressions seran proporcionals a les quantitats de gas que hi hagi dins el tub.

La diferència de pressions dividida per la pressió inicial dóna la fracció molar de l'oxigen i multiplicant per 100 s'obté el percentatge d'oxigen.

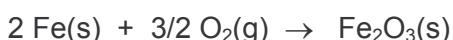
Si considerem que el % en volum de l'oxigen a l'aire és del 20%, l'error relatiu és d'un 5%

## Respostes al qüestionari

**2.** Per què creus que hi ha un moment a partir del qual la pressió ja no disminueix? Quina ha de ser la composició de l'aire quan ja s'ha acabat l'oxidació del ferro?

Perquè ja no queda oxigen per reaccionar amb el ferro.  
Queda el nitrogen i els altres gasos que hi ha a l'aire, així com una mica de vapor d'aigua.

**3.** Suposa que el ferro en oxidar-se forma l'òxid de ferro (III),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Quina és la reacció d'oxidació que té lloc?



Si suposem que hi ha una massa inicial d'1,0 g de ferro, quina quantitat d'oxigen caldria perquè s'oxidés tot el ferro?

0,0134 mols d'oxigen, que ocuparien un volum d'uns 330 cm<sup>3</sup> (el volum de sis tubs d'assaigs grans) en condicions estàndard.

**4.** Històricament quan a l'aire se li treia l'oxigen es deia "aire deflogisticat". Quins experiments van fer Joseph Priestley i Antoine Lavoisier que els van permetre avaluar el percentatge d'oxigen?

Podeu consultar el llibre "Breve historia de la química" d'Isaac Asimov. Alianza Editorial 1999 ISBN: 8420639796.

**5.** El científic català Antoni de Martí i Franquès recollia mostres d'aire de diferents llocs, per fer-ne després l'anàlisi. Com podries tu recollir mostres d'aire de dalt d'una muntanya, d'una sala de cine, d'una discoteca?

S'omple totalment d'aigua un recipient i quan es vol recollir l'aire, es buida. Així ho feia Martí i Franquès.

Per a una biografia d'Antoni Martí i Franquès podeu consultar el vídeo "Científics catalans" de la fundació Jaume Bofill.