

Concentració i velocitat de reacció

Material pel professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació.
- ¾ hora per al qüestionari.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de batxillerat

Orientacions metodològiques

- Convé representar la major quantitat possible de resultats perquè l'interval en què es troben els valors siguin bastant evidents. Cal indicar als alumnes que en augmentar el nombre de mesures disminueix la incertesa. No s'han de comparar resultats obtinguts en dies diferents ni a temperatures ambient diferents.
- És important destacar als alumnes que la reacció entre el magnesi i l'àcid clorhídric és una reacció heterogènia perquè els reactius es troben en fases diferents. En ser el magnesi sòlid, la reacció només té lloc en la superfície de contacte. La reacció seria molt més ràpida si es realitzés amb magnesi subdividit o en pols.
- Els alumnes poden constatar fàcilment que el temps de reacció augmenta en disminuir la concentració, i que no són inversament proporcionals, ja que en disminuir la concentració a la meitat, el temps de reacció no resulta el doble, sinó que augmenta unes quatre vegades.

Orientacions tècniques

- El tap de goma ha de portar una agulla travessada. Una manera fàcil de travessar el tap amb l'agulla és donant petits cops a l'agulla amb un martell. Per evitar punxades amb l'agulla mentre el tap no estigui tapant l'erenmeyer, claveu la part final de l'agulla en un tap de suro.
- Per preparar 1 L de dissolució d'àcid clorhídric 2 M, es necessiten 167 mL de la dissolució d'àcid comercial i aigua fins a 1 L.
- Per obtenir millors resultats és important:
 - Assegurar el tancament hermètic amb el conjunt del tap, l'agulla, l'erenmeyer i el sensor de pressió.
 - Tapar l'erenmeyer de seguida que s'hi ha introduït el tros de magnesi i, a continuació, agitar molt suaument l'erenmeyer per afavorir el contacte entre els reactius.
 - L'erenmeyer s'ha d'agitar tocant només la part del coll amb les mans i no tot el recipient per evitar que s'escalfi, el que provocaria un major augment de la pressió mesurada.
- Un tap ben ajustat pot aguantar bé un augment de pressió des de 100 kPa, el valor de la pressió atmosfèrica abans d'iniciar la reacció, fins a uns 125 kPa. La pressió a què s'arriba amb la quantitat recomanada de Mg en un erlenmeyer de 100 cm³ és inferior, d'uns 116 kPa.

- Concentracions d'àcid superiors a 1M provoquen una reacció molt ràpida, i inferiors a 0.2 M la fan bastant lenta. Per sota d'una concentració 1 M el temps de reacció és molt superior a 80 s i el càlcul de la velocitat de reacció inicial difereix molt de la mitjana. Per aquesta raó, el valor mínim de la concentració utilitzada ha estat 1 M.
- És adequat capturar mostres cada segon. És suficient que el temps de presa de mostres sigui de l'ordre d'uns 8 minuts si no s'empra àcid molt diluït.
- S'ha d'iniciar la presa de dades i, als pocs segons, tirar el magnesi dintre del matràs i tapar ràpidament. Si s'intenta introduir el magnesi al mateix temps que s'inicia la presa de dades, és possible que la reacció comenci abans que es visualitzi la primera dada.
- La massa d'1,5 cm de cinta es pot determinar a partir de la densitat lineal (la que es va utilitzar era 0.940 g m^{-1}), però és més exacte mesurar la massa de 10 trossos ja tallats i calcular la massa mitjana.

Conclusions

Resultats esperats

Els resultats obtinguts seguint el procediment explicat han estat:

Temperatura ambient (°C)	22,5
Volum d'aigua (mL)	126
Volum de dissolució d'àcid clorhídric (mL)	10
Volum ocupat per l'hidrogen (mL)	116
Massa de 10 trossos de cinta de magnesi (g)	0,180
Quantitat de magnesi (1,5 cm de cinta) (mol)	$7,47 \cdot 10^{-4}$
Augment de pressió (kPa)	15,9

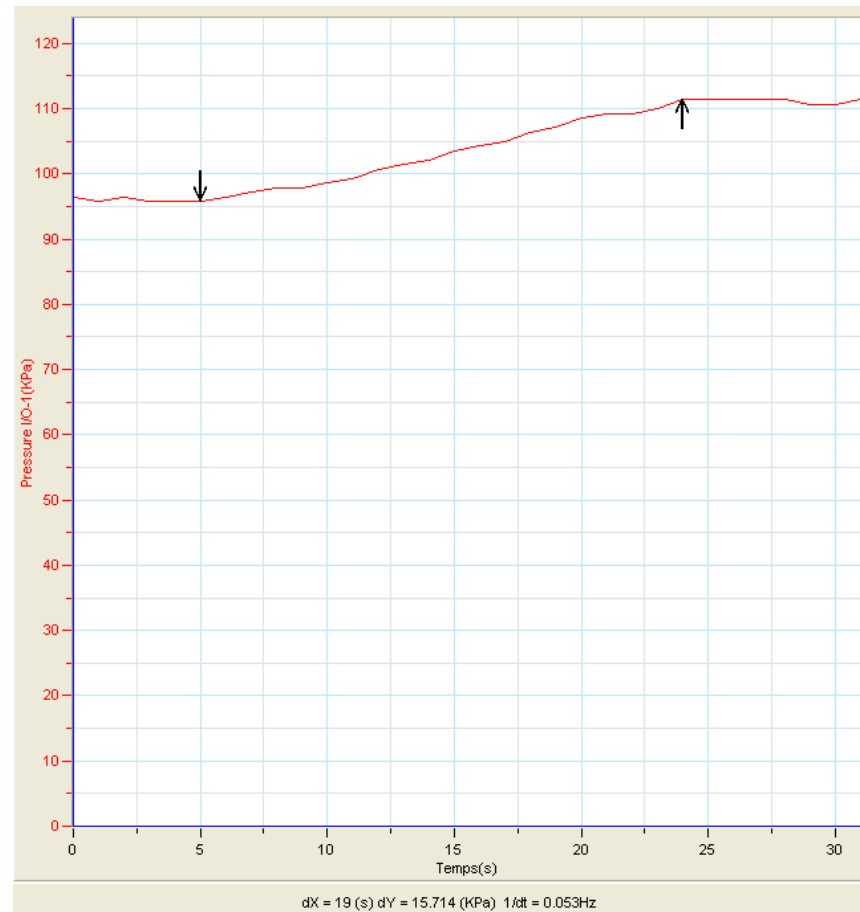
Taula I

[HCl] (mol.L ⁻¹)	Volum d'HCl 2 M (mL)	Volum d'aigua destil·lada (mL)	Augment de pressió (kPa)	Temps de reacció (s)
2	10	0	16,43	13
1,8	9	1	16,00	14
1,6	8	2	15,71	19
1,4	7	3	16,90	24
1,2	6	4	16,43	39
1	5	5	16,43	53

Taula II

L'augment de pressió teòric és de 15,8 kPa. El valor mesurat ha estat comprès entre 15,71 kPa i 16,90 kPa. Tenint en compte la resolució del sensor de pressió que és de 0,72 kPa, l'augment de pressió ha estat pràcticament igual al valor teòric.

Un dels gràfics obtinguts de la pressió en funció del temps que es van obtenir en la reacció del magnesi amb HCl 1,6 M és:



Els càlculs de la taula mostren que el quocient $v_m/[HCl]_0$ no és constant, i ho és el $v_m/[HCl]_0^2$, i, per tant, la relació és $v_0 \propto c_0^2$

$[HCl]_0$ (mol.L ⁻¹)	v_m (Pa/s)	$v_m/[HCl]_0$ (Pa/s)	$[HCl]_0^2$ (mol ² L ⁻²)	$v_m/[HCl]_0^2$ (Pa/s)
2	$1,26 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^2$	4,00	$3,2 \cdot 10^2$
1,8	$1,14 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^2$	3,24	$3,5 \cdot 10^2$
1,6	$8,27 \cdot 10^2$	$5,2 \cdot 10^2$	2,56	$3,2 \cdot 10^2$
1,4	$7,04 \cdot 10^2$	$5,0 \cdot 10^2$	1,96	$3,6 \cdot 10^2$
1,2	$4,98 \cdot 10^2$	$4,2 \cdot 10^2$	1,44	$3,5 \cdot 10^2$
1	$3 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	1,00	$3,1 \cdot 10^2$

Respostes al qüestionari

2. Les magnituds que cal mantenir constants són: la temperatura, la quantitat de magnesi i el volum ocupat per l'hidrogen. La magnitud que es varia per determinar-ne la influència sobre la velocitat de reacció és la concentració de l'àcid.
3. La raó de fer reaccionar un volum d'àcid constant és per mantenir constant el volum ocupat per l'hidrogen en el matràs, així com la resta de variables, i només variar la concentració de l'àcid a cada reacció per trobar la dependència de la concentració de l'HCl amb la velocitat de reacció.
4. La pressió que mesura el sensor quan ha finalitzat la reacció és deguda a l'aire i al vapor d'aigua contingut a l'erenmeyer inicialment, i a l'hidrogen format.
5. Tenint en compte l'estequiometria de la reacció, la velocitat amb què reacciona l'àcid és la meitat que la velocitat amb què es forma l'hidrogen.
6. La velocitat de reacció creix amb la concentració dels reactius. D'acord amb la teoria de les col·lisions, si s'augmenta la concentració dels reactius, s'incrementa el nombre de partícules per unitat de volum i, si n'hi ha més quantitat, hi ha més probabilitat de xocs eficaços entre elles.
7. En les reaccions heterogènies, és a dir, en les que, com l'estudiada, els reactius estan en fases diferents, la reacció només té lloc en la superfície de contacte. Per això les reaccions són molt més ràpides si els sòlids estan en pols o finament dividits. Si es realitzés la reacció amb el magnesi en pols seria molt enèrgica.
8. El temps de reacció és inversament proporcional al quadrat de la concentració inicial d'àcid.
9. La variació de la concentració d'àcid ha estat la mateixa en totes les reaccions perquè el nombre de mols d'àcid que reaccionen és sempre el mateix, ja que el reactiu limitant és el magnesi i l'àcid hi és en excés. Com que el volum de dissolució es manté constant, la variació de la concentració d'àcid també ho serà.
10. La velocitat de reacció augmenta molt amb la temperatura. En elevar la temperatura augmenta la velocitat de les partícules i el percentatge de partícules amb energia cinètica superior a la d'activació. Com a conseqüència d'això es produirà un augment del nombre de xocs eficaços.
11. Les possibles fonts d'error poden ser
 - El tancament de l'erenmeyer no és totalment hermètic.
 - Els trossos de cinta de magnesi no són exactament iguals.
 - El despreniment de l'hidrogen gasós s'inicia abans de tancar l'erenmeyer.
 - Es produeix una variació en la temperatura ambient o s'escalfa el matràs mentre s'agita.
 - Els volums d'àcid concentrat i d'aigua no s'han mesurat bé amb la pipeta i, per tant, les concentracions de l'àcid no són les suposades.
 - La baixa resolució del sensor de pressió fa difícil determinar amb precisió el temps de reacció.