

23. Corbes de valoració


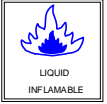

Objectius

- Dibuixar la corba de pH en funció del volum d'un reactiu que s'afegeix i determinar el pH en el punt d'equivalència d'una valoració àcid-base.
- Justificar la tria d'un indicador determinat en una valoració àcid-base.

Introducció

La corba de valoració és la representació gràfica de la variació del pH d'una dissolució àcida o bàsica en funció del volum de dissolució que s'hi afegeix per neutralitzar-la. Per escollir quin indicador àcid-base cal fer servir per determinar el punt d'equivalència d'una neutralització, és fonamental haver dibuixat la corba de valoració de la reacció.

Material i Equipament

<p>Equipament</p> <ul style="list-style-type: none"> – pH-metre – Vasos de precipitat de 100 cm³ – Bureta de 50 cm³ – Pipetes de 5 i de 10 cm³ amb el seu succionador – Suport i pinça per a la bureta 	<p>Reactius i altres materials</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dissolució HCl 0,1 mol.dm⁻³ – Dissolució NaOH 0,1 mol.dm⁻³ – Dissolució d'àc etanoic (àc. acètic) 0,1 mol.dm⁻³ – Dissolució de carbonat de sodi 0,1 mol.dm⁻³ – Col·lecció d'indicadors àcid-base <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>TÒXIC</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>LIQUID INFLAMABLE</p> </div> </div> <p>Dissolucions d'alguns indicadors.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Ulleres de seguretat i guants.</p> </div>
---	--

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

Pots fer qualsevol de les següents valoracions, segons t'indiqui el/la professor/a

Corba de valoració àcid fort amb base forta

Aquesta reacció és entre l'hidròxid de sodi i l'àcid clorhídric



Posa't les ulleres de seguretat.

1. Prepara el muntatge amb la bureta (figura 1). Assegura't que està neta. Posa un volum petit de dissolució d'hidròxid de sodi i esbaldeix-la bé. Buida el líquid, tot deixant rajar aigua abundant. Omple-la ara amb la dissolució d'hidròxid de sodi 0,1 mol dm⁻³.

2. Mesura amb una pipeta 20 cm³ de la dissolució d'àcid clorhídric i posa'ls en un vas de precipitats de 100 cm³.

3. Prepara el pH-metre (si cal demana ajut al professor/a) i introdueix l'elèctrode de vidre dins la dissolució. **Ves amb compte, l'elèctrode és molt delicat!** Procura que quedi submergit dins el líquid. Engega l'aparell i fes una primera lectura del pH de la dissolució d'àcid.



5. Afegeix 2 cm³ de la dissolució de NaOH de la bureta, agita el vas amb suavitat i llegeix ara el pH de la dissolució del vas. Pren nota en una taula de dades dels valors del pH en funció del volum de dissolució de NaOH que vas afegint.

6. Vés afegint volums de 2 cm³ de la dissolució de NaOH de la bureta tot agitant el vas amb suavitat i llegint el pH. Afegeix encara diverses vegades més porcions de 2 cm³. En total has d'haver usat un volum de 30 cm³ de la dissolució de la bureta.

7. Amb els valors de la taula de dades, fes la gràfica del pH en funció del volum afegit de la dissolució de NaOH. Un full de càlcul et serà útil per fer la gràfica.

Figura 1: muntatge per recollir dades de pH

8. Si tens temps i així t'ho indica el/la professor/a, repeteix la valoració amb els mateixos passos procedimentals, però afegint unes tres o quatre gotes de l'indicador fenolftaleïna al vas de precipitats abans de començar a afegir NaOH. Pren nota dels canvis de color de l'indicador.

Corba de valoració àcid feble amb base forta

Aquesta reacció és entre l'hidròxid de sodi i l'àcid etanoic o acètic.



Posa't les ulleres de seguretat.

El procediment és el mateix que en el cas anterior. També, amb les dades recollides de valors de pH i de volum de dissolució de NaOH has de fer una gràfica.

També ara pots repetir la valoració amb fenolftaleïna com a indicador.

Corba de valoració àcid fort amb base feble

Aquesta reacció és entre el carbonat de sodi, Na₂CO₃ i l'àcid clorhídric.



Posa't les ulleres de seguretat.

El procediment és semblant al del primer cas. La bureta s'omple amb dissolució 0,1 mol.dm⁻³ d'HCl. En el vas de precipitats es posen 20 cm³ de dissolució 0,1 M de carbonat de sodi.

També, amb les dades recollides de valors de pH i de volum de dissolució d'HCl has de fer una gràfica. A diferència de les altres, aquesta gràfica té dos punts d'inflexió.

Si repeteixes la valoració, amb indicadors, en necessites dos: primer la fenolftaleïna, que canviarà de color rosat a incolor. Quan s'ha produït el canvi i abans de continuar afegint HCl, afegeix unes gotes de dissolució d'indicador verd de bromocresol, que quedarà inicialment blau i al final serà groc.

Observacions qualitatives

1. En la corba de la valoració o valoracions que has fet, localitza el punt de la gràfica que correspon a una inflexió de la corba. Llegeix a quins valors de pH i de volum de reactiu afegit correspon.
2. Si has fet la valoració emprant un indicador, pots senyalar en la gràfica quins colors té la dissolució del vas de precipitats segons el seu pH.
3. Marca en la gràfica on està el punt d'equivalència per la valoració que has fet.

Conclusions

Anàlisi de les dades

Observa la taula següent: és una llista de diferents indicadors i dels colors que adopten segons el pH del medi:

Indicador	color segons pH	
Taronja de metil	pH < 3,1 vermell	pH > 3,6 groc taronja
Verd de bromocresol	pH < 3,8 groc	pH > 5,4 blau
Blau de bromotimol	pH < 6,0 groc	pH > 7,6 blau
Fenolftaleïna	pH < 8,0 incolor	pH > 9,8 vermell
Timolftaleïna	pH < 9,4 incolor	pH > 10,6 blau

1. A partir d'aquesta taula de dades i de la gràfica o gràfiques que has obtingut, justifica perquè el procediment et fa utilitzar un determinat indicador i no un altre.
2. Busca una explicació, de per què es fan servir dos indicadors per la valoració del carbonat de sodi amb àcid clorhídric.

Qüestionari

1. Per cada una de les valoracions que hagis dut a terme, escriu l'equació química de la reacció.
2. Ja que coneixes les concentracions de cada un dels reactius i el volum de dissolució, calcula:
 - a) El volum de dissolució de NaOH 0,1 mol.dm⁻³, necessari per neutralitzar els 20 cm³ de dissolució 0,1 mol.dm⁻³ d'HCl i d'àcid acètic. Coincideix aquest resultat amb el volum que has trobat a la gràfica del punt d'equivalència?

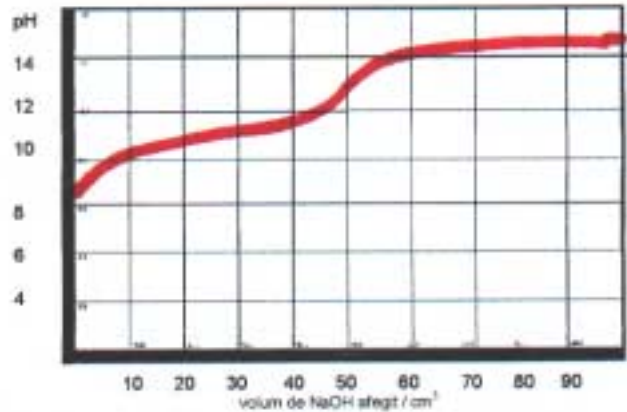
- b) Com expliques que el punt d'equivalència per a la neutralització de l'àcid etanoic amb NaOH no correspongui a un pH 7?
- c) Com expliques que la gràfica que s'obté en la valoració del carbonat de sodi amb HCl tingui dos punts d'inflexió?

3. Hem fet una valoració de 50 cm³ de dissolució 0,1 mol.dm⁻³ de cianur d'hidrogen, HCN amb dissolució NaOH 0,1 mol.dm⁻³.

La corba de valoració obtinguda té l'aspecte que veus a la dreta.

Quan s'arriba al punt d'equivalència, quin és el pH aproximat?

Quin indicador seria recomanable emprar en aquesta valoració?



4. Quin aspecte tindria la corba de valoració de l'àcid fosfòric, H₃PO₄ amb dissolució de NaOH? (Has de tenir en compte que aquest àcid pot cedir tres hidrògens en la reacció total de neutralització.)

Corbes de valoració Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació i les gràfiques si es disposa d'un sistema d'adquisició de dades o d'un full de càlcul
- 1 hora per al qüestionari i la discussió posterior

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

Orientacions metodològiques

Abans de fer aquest treball pràctic cal assegurar-se que els alumnes coneguin els conceptes de: punt d'equivalència, paper dels indicadors, què diferencia un àcid fort d'un de feble i que la neutralització d'un àcid o d'una base no implica que el pH final sigui 7.

Diverses alternatives són possibles: (caldrà retallar el qüestionari en alguns casos)

- Que tots facin la corba de valoració d'un àcid fort amb una base forta, primer sense indicador i després amb un indicador. Es deixa la resta de valoracions per a possibles ampliacions si hi ha ocasió.
- Es poden dividir els alumnes en grups i fer les tres valoracions proposades, seguit d'una posta en comú dels resultats.
- La meitat dels alumnes fan la valoració entre un àcid fort i una base forta i l'altra meitat, la valoració d'un àcid feble amb una base forta. Segueix una posada en comú. La valoració del carbonat de sodi amb HCl es deixa per a possibles ampliacions si hi ha ocasió.
- Una última possibilitat, en cas que només es disposi d'un únic pH-metre: fer-ho com a demostració. Els alumnes treballen la part de fer els gràfics, l'anàlisi de dades i el qüestionari.

Orientacions tècniques

Preparació de les dissolucions:

- Dissolució $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ d'HCl: es prepara diluint una quantitat mesurada en volum o en massa (segons la balança de què es disposi) d'àcid clorhídric concentrat.
- Dissolució $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ de NaOH: si es prepara a partir de NaOH sòlid, convé tenir present que la concentració serà aproximada ja que el NaOH pot contenir quantitats variables d'aigua, per què és higroscòpic i agafa aigua mentre s'està pesant, i pot contenir carbonat de sodi. Es pot usar una dissolució comercial preparada.
- Dissolució $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ d'àcid acètic: es prepara diluint una quantitat mesurada en volum o en massa (segons la balança de què es disposi) d'àcid acètic "glacial".
- Dissolució $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ de carbonat de sodi, Na_2CO_3 : es prepara a partir del sòlid anhidre, pesant la quantitat necessària.
- Dissolució de fenolftaleïna: si no es disposa de la dissolució preparada, es prepara dissolent $0,1 \text{ g}$ de fenolftaleïna en 70 cm^3 d'etanol i 30 cm^3 d'aigua.
- Dissolució de verd de bromocresol: si no es disposa de la dissolució preparada, es prepara dissolent $0,4 \text{ g}$ de verd de bromocresol en 20 cm^3 d'etanol i 80 cm^3 d'aigua.

A la xarxa Internet hi ha alguns simuladors de corbes de valoració: les gràfiques que figuren en aquest protocol s'han tret de: <http://quim.iqi.etsii.upm.es/titrator/titrator.html> (en anglès).

Gestió dels residus: Poden llençar-se a la pica.

Conclusions

Resultats esperats

Corbes de valoració:



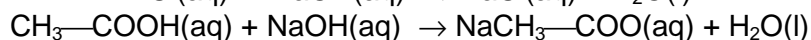
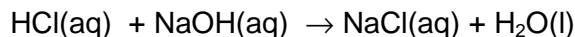
Àcid fort amb base forta.



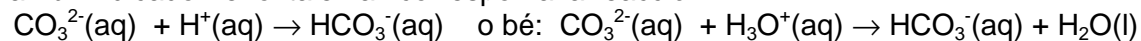
Àcid feble amb base forta

Respostes al qüestionari

1. Per cada una de les valoracions que hagi dut a terme, escriu l'equació química de la reacció.



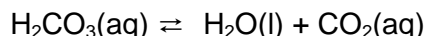
La valoració del carbonat de sodi té dos punts d'equivalència. El primer es detecta amb l'indicador fenolftaleïna i correspon a la reacció:



El segon punt correspon a la reacció:



En realitat l'àcid carbònic es va descompondre mentre es forma:



Aquest segon punt d'equivalència té lloc a un pH diferent del primer i per tant cal un altre indicador

2. c) Com expliques que la gràfica que s'obté en la valoració del carbonat de sodi amb HCl tingui dos punts d'inflexió?

Vegeu apartat anterior.

3 Hem fet una valoració de 50 cm³ de dissolució 0,1 mol·dm⁻³ de cianur d'hidrogen, HCN amb dissolució NaOH 0,1 mol·dm⁻³.

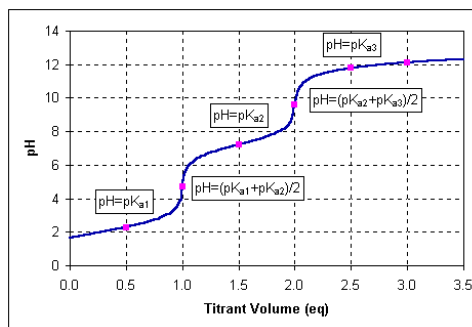
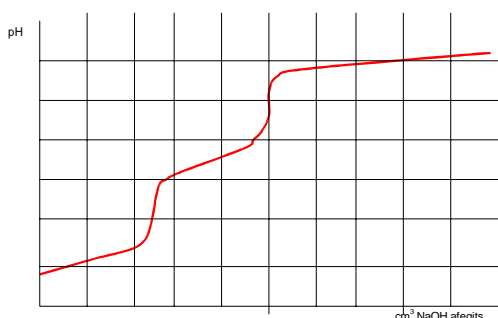
Quan s'arriba al punt d'equivalència, quin és el pH aproximat?

Quin indicador seria recomanable emprar en aquesta valoració?

pH = 11,5

Timolftaleïna

4. Quin aspecte tindria la corba de valoració de l'àcid fosfòric, H_3PO_4 amb dissolució de NaOH?. (Has de tenir en compte que aquest àcid pot cedir tres hidrògens en la reacció total de neutralització.)



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
TOTS	Omple bé la bureta? (No han de quedar bombolles d'aire en la punta)		
	Ús correcte del pH-metre?		
	Observacions qualitatives correctes?		
	Conclusions correctes?		
SEGURETAT	Es posa les ulleres de seguretat quan manipula la dissolució d'àcid sulfúric?		
CÀLCULS	Fa els càlculs sense demanar ajut?		
	Fa ús correcta de les xifres significatives?		

Propostes de recerca

Són possibles anàlisis com: acidesa d'una aspirina, acidesa d'un vinagre, de la llet..., fent que els alumnes hagin de triar l'indicador més adient.