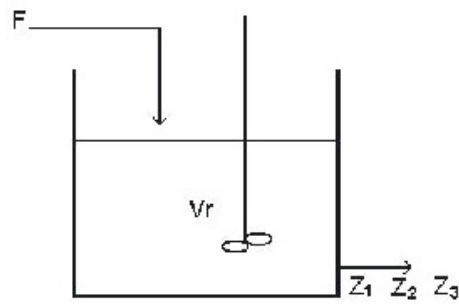


MEMÒRIA

Pràctica 1 - Balanç de matèria



Carles Palanca i Garcia
Josep Garcia i Garcia
Javier Pla i Tolos

ÍNDEX

<i>Introducció</i>	<i>3</i>
<i>Balanços</i>	<i>3</i>
<i>Procés estacionari i no estacionari</i>	<i>3</i>
<i>Pràctica</i>	<i>4</i>
<i>Procediment experimental</i>	<i>6</i>
<i>Material</i>	<i>6</i>
<i>Muntatge</i>	<i>6</i>
<i>Procediment experimental</i>	<i>8</i>
<i>Presentació de dades i discussió de resultats</i>	<i>9</i>
<i>Dades</i>	<i>9</i>
<i>Representacions gràfiques</i>	<i>11</i>
<i>Segon problema</i>	<i>14</i>

INTRODUCCIÓ

Balanços

Els balanços són una eina molt important, per no dir imprescindible, en l'enginyeria química i en altres extensos camps. Els n'hi ha d'energia, econòmics, de matèria... Però, en aquest cas, ens anem a centrar en aquests últims.

Els balanços de matèria es basen en la llei de conservació d'aquesta, és a dir, la matèria no es crea ni es destrueix, només es transforma. Dit d'una altra manera: la massa, en un sistema tancat, es manté constant al llarg del temps. Per tant, la matèria que entra en un sistema té tres opcions: sortir, acumular-se o transformar-se. Això és:

$$\text{Acumulació} = \text{Generació} + \text{Entrada} - \text{Eixida}$$

Sent cada terme:

Entrada: tot el que travessa els límits del sistema des de fora cap a dins en un temps determinat.

Eixida: tot el que travessa els límits del sistema des de dins cap a fora en un temps determinat.

Acumulació: tot el que hi ha dins del sistema en un moment determinat (t), menys tot el que hi havia en un moment immediatament anterior ($t-\Delta t$). Aquest terme pot ser positiu o negatiu.

Generació: tot el que apareix o desapareix dins del sistema en un temps determinat, sense que estigués present inicialment ni haver-se transferit a través dels límits del sistema. També pot ser positiva o negativa.

Procés estacionari i no estacionari

Per altra banda, els balanços no es troben de manera totalment independents, sinó que estan lligats als diferents tipus de processos en què es sol treballar a les diferents indústries. Aquests són estacionaris i no estacionaris.

Procés estacionari: les propietats físiques del sistema es mantenen constants al llarg del temps.

Procés no estacionari: les propietats físiques del sistema varien amb el temps.

Pràctica

Els balanços de matèria poden aplicar-se de diverses maneres, segons el que ens interesse en cada cas o el que ens resulte més còmode a l'hora de treballar. Els diferents tipus d'expressions que podem utilitzar a l'hora de plantejar balanços són:

- Balanç global
- Balanç volumètric
- Balanç màssic
- Balanç molar
- Balanç de component

En el cas concret d'aquesta pràctica, realitzarem un balanç de matèria, amb règim no estacionari, per tal d'arribar a una expressió que ens diga com varia la concentració d'àcid clorhídric en l'interior d'un tanc al llarg del temps.

Dit això, anem a obtenir l'expressió del balanç de matèria, pas per pas, que utilitzarem posteriorment per tal de realitzar els càlculs.

L'expressió del balanç, com hem dit adès, és la següent:

$$\text{Acumulació} = \text{Generació} + \text{Entrada} - \text{Eixida}$$

En aquest cas no tenim generació ($\text{Generació} = 0$), per tant, l'equació quedaria així:

$$\text{Acumulació} = \text{Entrada} - \text{Eixida}$$

Si substituïm els termes per les corresponents expressions dels cabals màssics ens queda:

$$\sum m_2 - \sum m_1 + \frac{dM}{dt} = 0$$

on:

m_j : cabal parcial màssic (kg de component j/s).

C_j : concentració màssica del component j (Kg comp. A / m³).

M_j : Cantitat de component j contesa en el sistema (Kg)

En la nostra situació particular, podem fer algunes consideracions com són:

- el volum del tanc roman constant.
- aquest es troba perfectament agitat.

Per tant, la densitat serà constant i la concentració del corrent d'eixida coincidirà amb la de l'interior.

Així, podem dir que $m_j = Q_L \cdot C_j$ i, substituint en l'expressió anterior tindrem:

$$Q_L \cdot C_{j2} - Q_L \cdot C_{j1} + V \cdot \frac{dC_j}{dt} = 0$$

on

$$C_{j2} = C_j$$

$$Q_{L2} = Q_{L1} = Q_L$$

Per últim, cal dir que el terme $Q_L \cdot C_{j1} = 0$ perquè no tenim un cabal d'entrada de HCl, sinó que aquest es afegit en un moment puntual a l'inici de la pràctica.

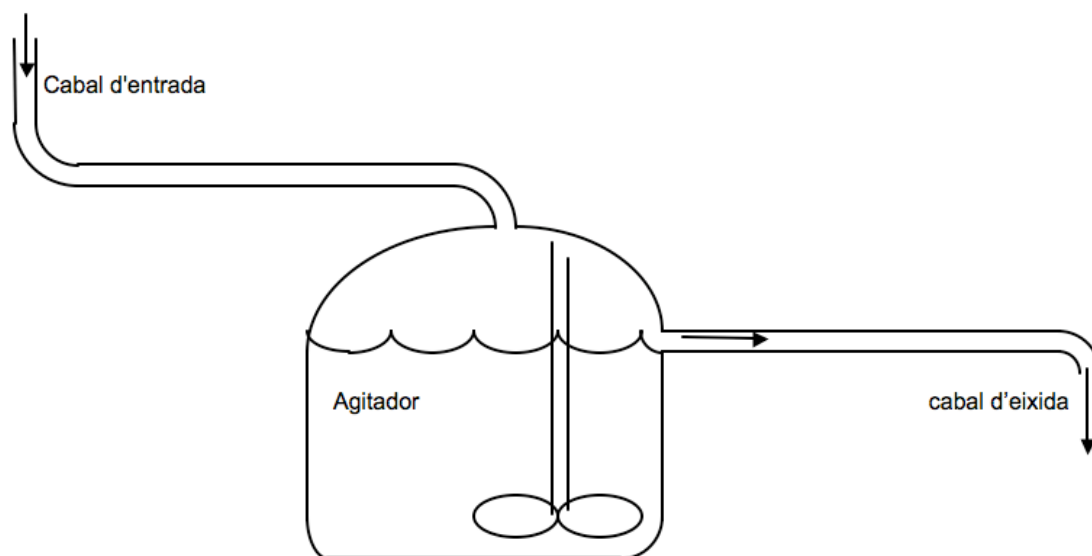
PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

Material

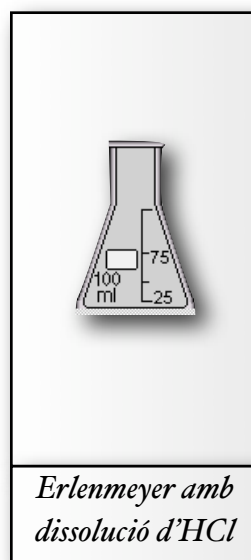
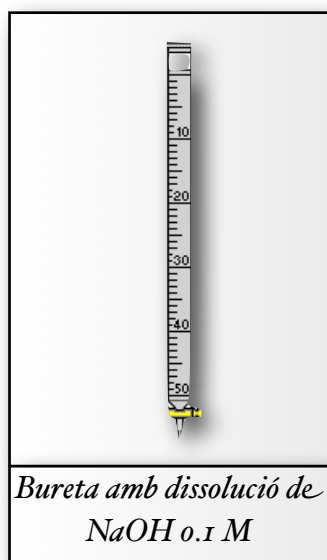
- 1 Cronòmetre
- 1 Proveta
- 1 Tanc
- Àcid clorhídric concentrat
- Fenolftaleïna
- Dissolució de NaOH 0.1M
- 3 Erlenmeyer
- 1 Bureta
- 1 Suport
- 1 Pinça
- 9 Vials
- 1 Embut

Muntatge

Per a la següent pràctica, anem a utilitzar un tanc de vidre equipat amb un agitador de paletes elèctric, al qual arriba una corrent d'entrada d'aigua per mitja d'una tuberia regulada per una clau de pas i un manòmetre. El recipient poseix un sistema de rebosament que dona loc a la corrent d'eixida i assegura que el volum permanixerà constant i que les corrents d'entrada i d'eixida seran iguals.



Per a les valoracions utilitzarem una bureta de 50 mL amb suport, un Erlenmeyer i un embut de vidre segons el muntatge:



Procediment experimental

- En primer lloc, es connecta l'agitador i seguidament es passa a fixar la clau de pas del cabal d'entrada. La funció de l'agitador es homogenitzar el contingut del tanc per a que la corrent d'eixida tinga la mateixa composició que el interior del sistema. En cas de que l'agitador no estigués en funcionament la composició de la corrent d'eixida no seria representativa, donant lloc a resultats errònics.
- Ajustar el cabal d'entrada al tanc aproximadament a 10 L/h. Es prenen varies mesures del cabal d'eixida utilitzant una proveta i un cronòmetre. El cabal pot variar per mitjà de la clau de pas i mantindre's constant gracies al manòmetre de rames que ens dona la referència. Una vegada aconseguit el cabal desitjat es passarà a realitzar una serie de mesures (les que calga convenients) i es treurà el valor mitjà de les mesures realitzades.
- Preparar 1 litre dissolució de NaOH 0.1 M. Pesarem 4.00 g de NaOH sòlid en la balança i ho dissoldrem en un matraç aforado d' 1 L.
- Afegir el HCl concentrat al tanc i es deixen passar 30 segons per a homogenitzar l'interior del tanc, passats els segons posem en marxa el cronòmetre ($t=0$) i es pren la primera mostra de la corrent d'eixida.
- Les mostres seran aproximadament de 30 cm³ i es prendran per a temps iguals a: 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 90 minutos.
- De cada mostra s'extrauen 2 alíquotes de 10 mL que es valoren amb la dissolució de NaOH previament preparada, usant fenolftaleïna com a indicador. S'anota el volum de NaOH consumit durant la valoració. Finalment es prendrà un valor mitjà de les 2 valoracions com a representatiu de cada mostra.

PRESENTACIÓ DE DADES I DISCUSIÓ DE RESULTATS

Dades

Mesura del cabal d'eixida (l/h) Q_{L_2} (5 mesures)

- 9,712
- 9,59
- 9,53
- 9,663
- 9,581

Mitjana: $Q_{L_2} = 9,6152$ l/h

Volum de dissolució = 4,765 l

TAULA 1

Mostra	Temps (s)	Vol. NaOH (ml)	Concentració (mol/m ³)	Mitjana de la concentració (mol/m ³)
1	0	18,3	188,9475	
		18,3	188,9475	188,9475
2	300	15,6	161,07	
		15,5	160,0375	160,55375
3	600	13,2	136,29	
		13,4	138,355	137,3225
4	1200	9,6	99,12	
		9,5	98,0875	98,60375
5	1800	7,6	78,47	
		7,7	79,5025	78,98625
6	2400	4,8	49,56	
		4,7	48,5275	49,04375
7	3000	3,2	33,04	
		3,2	33,04	33,04
8	3600	2,2	22,715	
		2,2	22,715	22,715
9	5400	0,6	6,195	
		0,7	7,2275	6,71125

Prenem 9 mostres, en distints intervals de temps i valorem la mostra amb NaOH de concentració coneguda per a trobar la concentració al tanc al moment de l'extracció.

La concentració d'àcid la trobem segons:

$$C_b V_b = C_a V_a$$

Volum de mostra utilitzat per a valorar: 10 ml

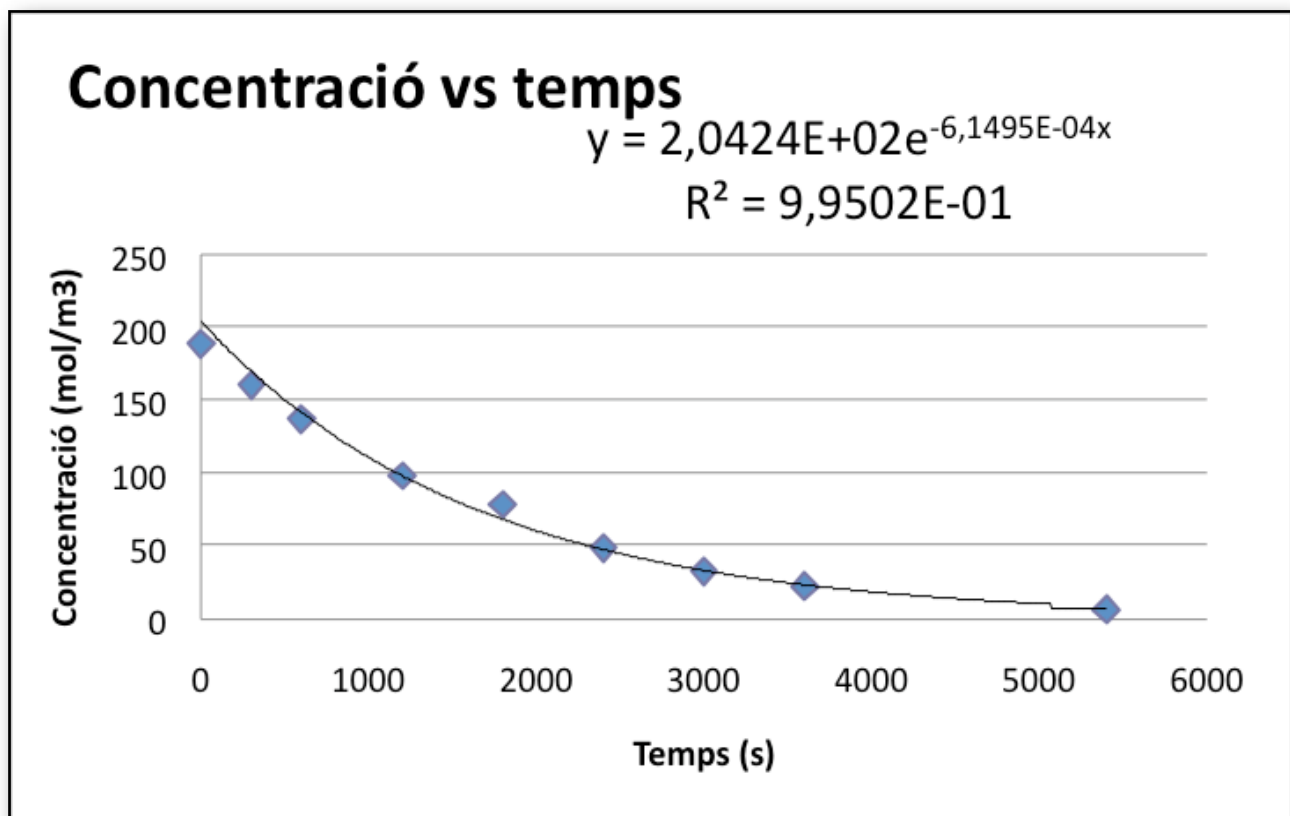
Massa de NaOH pesada: 4,13 g

Concentració de NaOH (1 litre): 0,10325 M

Representacions gràfiques

Si ara representem en una gràfica la concentració vs el temps, obtindrem una representació que s'ajustarà a

$$C_a = A \cdot \exp(B \cdot t)$$



De la gràfica es poden deduir tant les constants A com B, que corresponen a

A: $C_A(0)$ segons gràfica "concentració vs temps" = 204,24 mol/m³

B = $-1/(\text{Temps espacial})$: Temps espacial segons gràfica "concentració vs temps" = 1626,15 s

Demostració:

$$C_{A1} = 0$$

$$Q_L \cdot c_A + V \frac{dc_A}{dt} = 0$$

$$Q_L \cdot c_A = -V \frac{dc_A}{dt}$$

$$dt = -V \frac{dc_A}{Q_L \cdot c_A}$$

$$\text{Si } \tau = \frac{V}{Q_L}$$

$$dt = -\tau \frac{dc_A}{c_A}$$

$$\int_0^t dt = -\tau \cdot \int_{c_{A0}}^{c_A} \frac{dc_A}{c_A}$$

$$t = -\tau \cdot \ln \frac{c_A}{c_{A0}}$$

$$\ln \frac{c_A}{c_{A0}} = -\frac{t}{\tau}$$

$$C_A = C_{A0} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\mathbf{A} = C_{A0} \qquad \mathbf{B} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

El temps espacial també es pot deduir segons la seua formula teòrica:

$$\text{Temps espacial} = V/Q1 = 1784,05 \text{ s}$$

Com es pot observar, la diferència entre el temps espacial calculat de forma teòrica i el calculat de forma experimental és molt poca.

Tampoc trobem grans divergències entre els resultats de la concentració a $t=0$ t'àcid. Segons la mesura directa trobem

$$Ca(0) = 188,95 \text{ mol/m}^3$$

i segons la representació gràfica

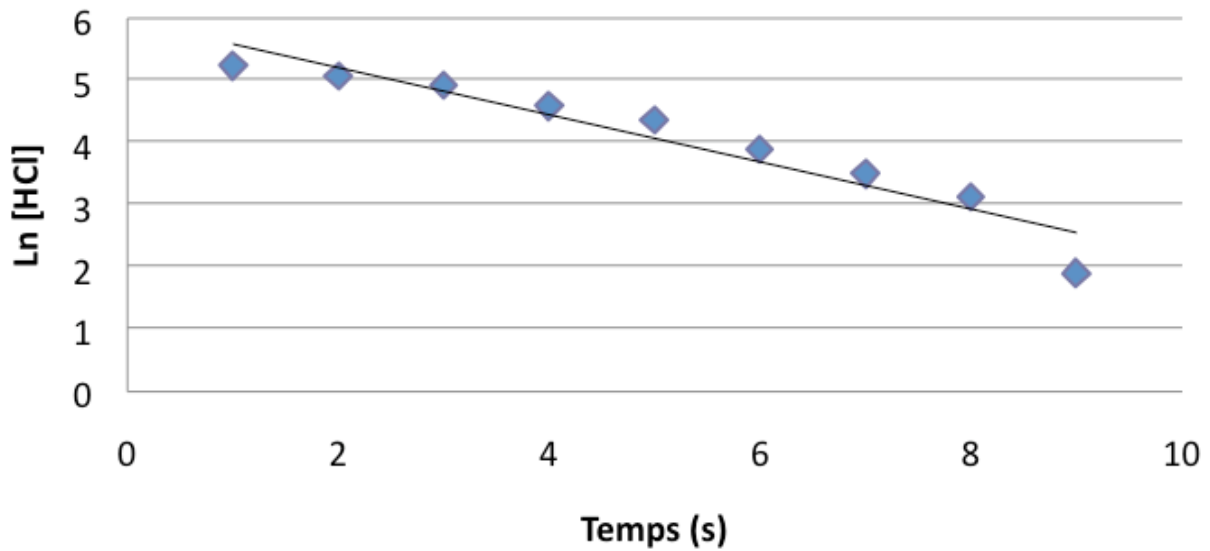
$$Ca(0) = 204,24 \text{ mol/m}^3$$

També podem representar una nova gràfica per a vore que l'evolució de la concentració amb el temps es de forma exponencial. Si ara representem $\ln(\text{concentració})$ vs temps, obtindrem esta gràfica que tindrà un ajust lineal:

$\ln(\text{concentració})$
5,241469199
5,078628777
4,922332174
4,591109293
4,369273787
3,892712757
3,497718949
3,123025499
1,903785223

ln concentració vs temps

$$y = -0,379x + 5,966$$
$$R^2 = 0,916$$



Segon problema

Si tota la dissolució que ix del tanc durant la primera hora de funcionament, s'arplega en un altre recipient de volum adequat. Calculeu (per tres procediments diferents) la concentració mitjana (mol/m³) d'HCl a este segon recipient.