

DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA

Laboratori Introducció a l'enginyeria bioquímica

BALANÇ DE MATÈRIA
APLICAT A UN COMPONENT
EN ESTAT NO ESTACIONARI

1. INTRODUCCIÓ

Els balanços de propietat, o equacions de conservació, donen informació de la variació de propietat que té lloc en un sistema. Aquest sistema, o volum de control, és una regió de l'espai que ha de quedar perfectament definida.

L'expressió general d'un balanç de propietat té la forma:

$$\text{EIXIDA} - \text{ENTRADA} + \text{ACUMULACIÓ} = \text{GENERACIÓ} \quad (1)$$

on:

Entrada/eixida és la quantitat de propietat que travessa els límits del sistema des de fora cap a dins, o viceversa, en un temps determinat.

Acumulació és la quantitat de propietat que hi ha dins del sistema en un temps donat menys el que hi havia en un temps anterior.

Generació és la quantitat de propietat que apareix o desapareix dins del sistema, sense estar present dins aquest ni haver-se transferit a través dels seus límits, en un temps donat.

L'equació general de conservació es pot aplicar a qualsevol propietat: matèria, energia, població, diners, etc.

En el cas concret del balanç de matèria, com que en l'entorn on el plantejarem hi haurà normalment més d'un component, aquesta equació la podrem aplicar tant a la massa o quantitat de substància total del sistema com a la de qualsevol dels components individuals que el constitueixen.

Aplicant l'equació (1) a la quantitat de substància total d'un sistema, l'expressió simplificada que en resulta és:

$$\Sigma F_2 - \Sigma F_1 + \frac{dN}{dt} = g \cdot V \quad (2)$$

on:

- F_1 i F_2 són els cabals molars totals dels corrents d'entrada i eixida al sistema, respectivament (mol/s)
- N és el nombre total de mols del sistema en un instant determinat (mol)
- t és la variable temps (s)
- g és la quantitat de substància total generada uniformement en tot el sistema per unitat de temps i de volum (mol/s·m³)
- V és el volum total del sistema (m³).

L'equació (1) també es pot aplicar a qualsevol component individual A de el sistema, i en aquest cas l'equació simplificada que en resulta és:

$$\Sigma F_{A_2} - \Sigma F_{A_1} + \frac{dN_A}{dt} = g_A \cdot V \quad (3)$$

on:

F_{A_1} i F_{A_2} són els cabals molars de component A de entrada i eixida al sistema, respectivament (mol A/s)

N_A és el nombre de mols del component A en el sistema en un instant determinat (mol A)

g_A és la quantitat de component A generada uniformement en tot el sistema per unitat de temps i de volum (mol A/s·m³).

El cabal molar de qualsevol component i els seus mols totals es poden expressar com a:

$$F_A = Q_L \cdot c_A \quad (4)$$

$$N_A = V \cdot c_A \quad (5)$$

on:

Q_L és el cabal volumètric total de qualsevol corrent d'entrada o eixida al sistema (m³/s)

V és el volum total del sistema (m³)

c_A és la concentració màsica del component A (mol A/m³).

Si en el sistema no hi ha generació de component A i el volum es manté constant, l'expressió (3), tenint en compte la (4) i la (5), es transforma en:

$$\Sigma Q_{L_2} c_{A_2} - \Sigma Q_{L_1} c_{A_1} + V \frac{dc_A}{dt} = 0 \quad (6)$$

Si el sistema està perfectament agitat, la concentració del corrent d'eixida coincideix a cada moment amb la concentració a l'interior del sistema, és a dir:

$$c_{A_2} = c_A$$

Si, a més, hi ha una única entrada i una única eixida, i es tracta d'un sistema de densitat total constant, es compleix que:

$$Q_{L_1} = Q_{L_2} = Q_L$$

Tenint en compte aquestes consideracions, l'equació (6) es transforma en:

$$Q_L c_A - Q_L c_{A_1} + V \frac{dc_A}{dt} = 0 \quad (7)$$

Aquesta equació representa una de les formes simplificades més utilitzades del balanç de matèria aplicat a un component.

2. OBJECTE DE LA PRÀCTICA

a) Obtenir, experimentalment, la variació amb el temps de la concentració d'un component en un tanc agitat, on s'introdueix un cabal constant d'aigua i del qual ix un corrent amb un cabal idèntic al d'entrada, i amb una composició que a cada moment és representativa de la que hi ha al tanc.

b) Comparar la variació experimental observada amb la que s'ha obtingut teòricament, a partir d'un balanç de matèria en règim no estacionari aplicat al component en qüestió.

3. DISPOSITIU EXPERIMENTAL

Consisteix, bàsicament, en un recipient de vidre proveït d'un sistema amb sobreeixidor que assegura un nivell de dissolució constant, i un sistema d'agitació d'aquesta mitjançant un agitador de paletes.

En aquest recipient s'origina la dissolució concentrada d'àcid clorhídric afegint una certa quantitat de HCl concentrat al recipient. En aquest entra un corrent d'aigua pura amb un cabal constant i n'ix la dissolució amb el mateix cabal.

4. PROCEDIMENT

a) Ajusteu el cabal d'aigua d'entrada al depòsit a un valor al voltant de 10 L/h. Aquest cabal assegura una realització adequada de la pràctica. L'ajust es realitza mitjançant la regulació de la bomba peristàltica. Utilitzant proveta i cronòmetre, mesureu el cabal i augmenteu o disminuïu-lo fins aconseguir un valor pròxim al desitjat. Una vegada aconseguit el cabal, realitzeu-ne cinc mesures i traieu-ne el valor mitjà.

b) Prepareu 1 litre de dissolució d'hidròxid sòdic amb una concentració aproximada de 0,1 mol/L, dissolent 4,00 g de lletilles de NaOH en aigua, i portant la dissolució a 1 litre en un matràs aforat.

c) Afegiu HCl concentrat al recipient (aquesta operació l'ha de realitzar el professor o la professora de pràctiques). Deixeu transcórrer 30 segons, poseu en marxa el cronòmetre ($t = 0$) i preneu la primera mostra del corrent d'eixida del tanc agitat.

d) Preneu mostres del corrent d'eixida del recipient per a temps: 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 90 minuts. Les mostres han de ser d'uns 30 cm^3 , aproximadament.

e) Procediu a la valoració volumètrica de les mostres amb la dissolució de NaOH prèviament preparada. La valoració de cada mostra s'ha de fer dues vegades utilitzant una alíquota de 10 cm^3 en cada cas. Fareu servir fenolftaleïna com a indicador. Preneu un valor mitjà de les dues valoracions com a representatiu de cada mostra.

5. PRESENTACIÓ DE RESULTATS

Amb les dades experimentals obtingudes es construeix la taula següent:

TAULA I

Volum de dissolució = m^3
 Cabal de líquid = m^3/s

Mostra núm.	t (s)	Vol. NaOH (cm^3)	c_A (mol/m^3)
1	0	-----	-----
2	300	-----	-----
3	600	-----	-----
4	1200	-----	-----
5	1800	-----	-----
6	2400	-----	-----
7	3000	-----	-----
8	3600	-----	-----
9	5400	-----	-----

a) Representeu els valors experimentals de la concentració de HCl (c_A) enfront del temps (t) en escala decimal i semilogarítmica.

b) Ajusteu les dades experimentals (concentració de HCl i temps) a una equació exponencial de la forma:

$$c_A = A \cdot \exp(B \cdot t) \quad (8)$$

6. DISCUSSIÓ DE RESULTATS

a) Obteniu, mitjançant la realització d'un balanç de HCl [equació (7)] aplicat al recipient de treball, una expressió analítica de la forma de l'equació (8), i representeu la concentració teòrica de HCl enfront del temps en paper mil·limetrat.

b) Comenteu els resultats obtinguts.

7. BIBLIOGRAFIA

- N'hi ha prou amb els apunts de classe del mòdul "Introducció a l'enginyeria bioquímica".