Departamento de Ingeniería Civil
Química y Biotecnología.
Facultad de Ciencias Físicas
y Matemáticas.
UNIVERSIDAD DE CHILE
[IQ46B] Operaciones de
Transferencia I; 2009 - Semestre II

Control 3

Profesor: Tomás Vargas.
Auxiliar: Melanie Colet.
Ayudante: Jorge Monardes – Diego Guiachetti.

Pregunta 1

a) Deduzca la ecuación que describe la variación de la concentración de oxígeno en un tanque con agua de volumen V [L] en función del tiempo. Para ello considere que la concentración de oxígeno inicial es C_A^0 [mg/L] y que el aire que es burbujeado al sistema tiene una concentración parcial de oxígeno p_A^0 [atm] constante en el tiempo. Tenga en cuenta además que dentro del estanque existen microorganismos que consumen oxígeno a una velocidad constante R [mg/L-h]. Describa la velocidad de transferencia en función del coeficiente global $K_L \cdot a$ [1/h].

b) Determine el tiempo necesario para subir la concentración de oxígeno disuelto de 2 [mg/L] a 5 [mg/L] en un tanque con 20.000 [pie^3] de agua que se sopla con aire a 1,22 [atm], siendo el valor $K_L \cdot a$ igual a 25 [1/h]. El equilibrio que describe la solubilidad del oxígeno en el agua está dado por la ley de Henry:

$$p_{O2} = 4{,}01x10^4 \text{ [atm/fracción molar]} \cdot x_{O2}$$

Los microorganismos consumen oxígeno a una razón de 100 [mg/L-h].

<u>DATOS:</u>
[1] x_{O2} corresponde a la fracción molar: moles de soluto/moles de inerte, donde el soluto corresponde al oxígeno y el inerte al agua
[2] 1 pie^3 =28,317 L
[3] Considere la densidad molar del agua como 55,6 [mol/L]
[4] El aire se compone por un 21% de oxígeno y un 79% de nitrógeno
[5] El peso molecular del O_2 es 32 [g/mol]

a) En primer lugar, se hace el balance de masa de soluto de oxígeno al interior del estanque (A):

$$\frac{d(V\cdot C_A)}{dt}=\frac{dM_A}{dt}=K_L\cdot a\cdot V\cdot(C_A^*-C_A)-R\cdot V$$ (1,5 pts)

Donde C_A^*: Concentración en equilibrio con fase gas (Ley de Henry)
C_A: Concentración de soluto en estanque

$$\frac{dC_A}{dt}=K_L\cdot a\cdot(C_A^*-C_A)-R$$

$$\frac{dC_A}{dt}=K_L\cdot a\cdot[(C_A^*-C_A)-\frac{R}{K_L\cdot a}]$$

$$\frac{dC_A}{dt}=K_L\cdot a\cdot[(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-C_A]$$

$$\frac{dC_A}{(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})}=K_L\cdot a\cdot dt$$

$$-\ln\left|\ (C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-C_A)\ \right|_0^t=K_L\cdot a\cdot t\ \rightarrow \ln[\frac{(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-C_A}{(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-C_{A0}}]=K_L\cdot a\cdot t$$

$$(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-C_A=[(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-C_{A0}]\cdot\exp(-K_L\cdot a\cdot t)$$

$$C_A(t)=(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-[(C_A^*-\frac{R}{K_L\cdot a})-C_{A0}]\cdot\exp(-K_L\cdot a\cdot t)$$ (1,5 pts)

b) En primer lugar se calcula C_A^* a través de la ley de Henry:

$$x_A^*=\frac{p_{O2}}{4{,}01x10^4}=\frac{0{,}21\cdot 1{,}22[atm]}{4{,}01x10^4}=6{,}389x10^{-6}\quad\rightarrow\quad x_A=\frac{moles\ O_2\ en\ el\ es\tan que}{moles\ de\ inerte}$$

Moles de Inerte $\rightarrow\ 20000[pie^3]\cdot\frac{28{,}317[L]}{1[pie^3]}\cdot 1\frac{[kg]}{[L]}\cdot\frac{1[kmol]}{18[kg]}=31463{,}3[kmol]$

De esta forma los moles de O_2 en el estanque son:

$$n_{O2}=(31463{,}3\cdot 1000)[mol\ inerte]\cdot 6{,}389\cdot 10^{-6}=201[moles]$$

Finalmente la concentración de O_2 es:

$$C_A^* = \frac{201[mol]\cdot 32[\frac{g}{mol]}}{566340[L]} = 0{,}01136[\frac{g}{L}] = 11{,}36[\frac{mg}{L}]$$ (1,5 pts)

Reemplazando en la expresión obtenida en la parte a) para la concentración respecto al tiempo:

$5[\frac{mg}{L}] = (11{,}36 - \frac{100}{25}) - (11{,}36 - \frac{100}{25} - 2)\cdot \exp(-25\cdot t)$; despejando t de esta ecuación:

$t = 0{,}03284[h] = 1{,}97[\min]$ (1,5 pts)