

Esercitazione sul trasferimento di massa

1

---

In un impianto industriale si utilizza una colonna ad assorbimento per lavare vapori contenenti  $H_2S$  provenienti da una camera di combustione. L' $H_2S$  viene assorbito da un film liquido che scorre lungo le pareti della colonna. Il coefficiente di trasferimento di massa è dato dalla seguente espressione:

$$\frac{kz}{D} = 0.69 \left( \frac{zv_0}{D} \right)^{0.5} \quad (1)$$

dove  $z$  è la posizione lungo la colonna,  $v_0$  è la velocità media del film e  $D$  è il coefficiente di diffusione. Si sa che il film di liquido alla parete ha le seguenti caratteristiche: spessore  $\delta = 0.07 \text{ cm}$ ,  $v_0 = 3 \text{ cm/s}$  e che il coefficiente di diffusione dell' $H_2S$  in acqua è  $D = 1.8 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ . Sapendo che il diametro della colonna è pari a  $d = 2 \text{ m}$ ,

1. impostare un bilancio di massa per descrivere il trasferimento dell' $H_2S$  dalla fase gas alla fase liquida;
2. determinare quale deve essere l'altezza della colonna perchè la concentrazione in fase liquida raggiunga un valore  $0.1 \cdot C_{sat}$  assumendo che la concentrazione all'interfaccia gas/film rimanga pari a  $C_{sat}$ .

2

---

Un fiume scorre con velocità  $u = 0.5 \text{ m/s}$  e livello  $h = 2 \text{ m}$  a valle di una zona inquinata dove la concentrazione di  $O_2$  disciolto è scesa a  $C = 2 \text{ mg/l}$  provocando una moria di pesci. Sapendo che lo scambio di  $O_2$  attraverso l'interfaccia avviene con costante di trasferimento data da:

$$k_l = \frac{3.9 \cdot 10^{-2} u^{0.5}}{h^{1.5}} \quad (2)$$

e che la concentrazione di ossigeno in aria a pressione atmosferica a  $25^\circ C$  è pari a  $C_{sat} = 8 \text{ mg/l}$ ,

1. impostare un bilancio di massa per descrivere il trasferimento dell' $O_2$  attraverso la superficie libera della corrente;
2. determinare a che distanza a valle dello scarico industriale la concentrazione di  $O_2$  risale a valori accettabili ( $6 \text{ mg/l}$ ) per la fauna ittica.

3

---

Per ridurre il tenore di  $CO_2$  di fumi all'uscita di un combustore si utilizza una colonna ad assorbimento in cui il gas è a contatto con un film di liquido. Sapendo che la portata del film per unità di lunghezza è pari a  $\Gamma = 0.05 \text{ kg/s m}$ , che il coefficiente di trasferimento di massa misurato dopo una lunghezza  $L = 5 \text{ m}$  del film è dato da:

$$k_L = \left( \frac{6D\Gamma}{\pi\rho\delta L} \right)^{0.5} \quad (3)$$

dove  $D = 1.96 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  è il coefficiente di diffusione della  $CO_2$  nel liquido,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  è la densità del liquido e lo spessore del film è dato dalla legge:

$$\delta = \left( \frac{3\mu\Gamma}{\rho^2 g} \right)^{1/3} \quad (4)$$

dove  $\mu = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ , calcolare la concentrazione di  $CO_2$  nel film a distanza  $L$  se la concentrazione all'interfaccia è  $C_{sat} = 0.0336 \text{ kmoli/m}^3$ .

4

---

In un impianto industriale si utilizza uno scrubber a liquido per lavare vapori contenenti VOC provenienti da un processo di resinatura. I VOC vengono assorbiti da gocce di liquido nebulizzate all'interno di una torre di assorbimento in cui il gas viene fatto fluire dal basso verso l'alto mentre le gocce cadono per gravità. Si sa che la portata di gas da trattare è pari a  $Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ , la concentrazione dei VOC è  $C_{sat} = 5 \text{ mg/m}^3$ , la sezione della

torre di lavaggio è di  $5 \text{ m}^2$ , e il coefficiente di diffusione dei VOC in fase liquida è pari a  $D = 2 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ , la viscosità del gas è  $\mu = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ . Ipotizzando che il trasferimento tra gas e liquido avvenga secondo la legge:

$$J(z) = D \frac{C_{sat} - C(z)}{D_p/2} \quad (5)$$

con  $C(z)$  concentrazione nella goccia alla generica posizione lungo la colonna e  $D_p$  diametro della goccia,

1. impostare un bilancio di massa per descrivere il trasferimento dei VOC dalla fase gas alla fase liquida;
2. determinare quali devono essere le dimensioni della goccia perchè la concentrazione in fase liquida raggiunga un valore  $0.8 \cdot C$  quando la goccia arriva alla base della torre lunga 5 m.