ภาคผนวก ฌ

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลเชิงปริมาตร ($K_{OL}a$) ที่ได้จากการระเหยเบนซีนจากแหล่งน้ำ สำหรับการทดลองที่ความเร็วรอบเท่ากับ 260 rpm และที่อุณหภูมิของแหล่งน้ำเท่ากับอุณหภูมิห้อง

จากการทำดุลมวลรอบบ่อเติมอากาศจะได้ว่า

$$\ln \frac{C_{L,t}}{C_{L,0}} = -\frac{K_{OL}a}{V}t$$

เมื่อ $K_{OL}a$ = สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลเชิงปริมาตร , $m^3\ s^{-1}$

$C_{L,t}$ = ความเข้มข้นของ VOC ในวัฏภาคของเหลวที่เวลา t , $mol\ m^{-3}$

$C_{L,0}$ = ความเข้มข้นของ VOC ในวัฏภาคของเหลวที่เวลาเริ่มต้น , $mol\ m^{-3}$

V = ปริมาตรของสารละลาย , m^3

t = เวลาที่ใช้ , s

เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง $\ln(C_{L,t}/C_{L,0})$ กับ t โดยใช้ Linear regression จะได้

$$\frac{-K_{OL}a}{V} = -1.746\times10^{-3}$$

และ $V = 0.05\ m^3$

ดังนั้นจะได้ค่า $K_{OL}a = 8.729 \times 10^{-5}\ m^3\ s^{-1}$

2. การทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลเชิงปริมาตรโดยใช้ทฤษฎีสองฟิล์ม

$$\frac{1}{K_{OL}a} = \frac{1}{k_La} + \frac{RT}{Hk_Ga}$$

เมื่อ k_La = สัมประสิทธิ์ฟิล์มแก๊ส , $m^3\ s^{-1}$

k_Ga = สัมประสิทธิ์ฟิล์มของเหลว , $m^3\ s^{-1}$

H = ค่าคงที่ของเฮนรี่ , $atm\ m^3\ mol^{-1}$

R = ค่าคงที่ของแก๊สสากล , m^3 atm mol^{-1} K^{-1}

T = อุณหภูมิของน้ำ , K

จากทฤษฎีจะเห็นได้ว่าค่า $K_{OL}a$ เป็นฟังก์ชันกับ k_La , k_Ga และจำเป็นที่จะต้องคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

การคำนวณ $K_{OL}a$ ของเบนซีนที่ความเร็วรอบเท่ากับ 260 rpm และอุณหภูมิของแหล่งน้ำเท่ากับ 300.15 K

2.1 การคำนวณค่าคงที่ของเฮนรี่ (H)

$$k_H = k_H^{\Theta} \exp\left(\frac{-\Delta H_{solution}}{R}\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T^{\theta}}\right)\right)$$

เมื่อ $k_H^{\Theta} = 160$ mol L^{-1} atm^{-1} (Staudinger and Roberts , 1996)

$$\frac{d \ln k_H^{\Theta}}{d(1/T)} = \frac{-\Delta H_{solution}}{R} = 4100$$

$$k_H = 160 \exp\left(4100\left(\frac{1}{300.15}-\frac{1}{298.15}\right)\right)$$

$H = 1/k_H = 6.850 \times 10^{-3}$ atm m^{-3} mol^{-1}

2.2 การคำนวณค่า Re

$$\mathrm{Re} = \frac{ND_R^2}{\upsilon}$$

เมื่อ N = ความเร็วรอบ , rps

D_R = เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด , m

υ = kinematic viscosity , $m^2 s^{-1}$

$= \mu/\rho$

ρ = ความหนาแน่นของสารละลาย , $kg\ m^3$

μ = ความหนืดของสารละลาย , $kg\ m^{-1} s^{-1}$

ดังนั้นที่ความเร็วรอบ 260 rpm สามารถคำนวณได้เป็น

$$Re = \frac{(4.333) \times (0.15)^2}{8.876 \times 10^{-7}} = 113693$$

2.3 การคำนวณค่า $D_{benzene\text{-}liquid}$ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

$$D_{AB} = \frac{(7.4 \times 10^{-8})(\varphi M_B)^{0.5} T}{\mu v_A^{0.6}}$$

เมื่อ D_{AB} = การแพร่ของสาร A ในตัวทำละลาย B , $m^2 s^{-1}$

M_B = น้ำหนักโมเลกุลของตัวทำละลาย , $g\ mol^{-1}$

T = อุณหภูมิ , K

μ = ความหนืดของสารละลาย , cp

v_A = solute molal volume at normal boiling point , $cm^3\ mol^{-1}$

φ = 2.26 สำหรับตัวทำละลายเป็นน้ำ

แทนค่า M_B = 18.02 $g\ mol^{-1}$

T = 300.15 K

μ = 0.725 cp

v_A = 96.379 $cm^3\ mol^{-1}$

จะได้ $$D_{benzene-liquid} = \frac{(7.4 \times 10^{-8})((2.26)(18.02))^{0.5}(300.15)}{(0.725)(96.379)^{0.6}}$$

$D_{benzene\text{-}liquid} = 1.352 \times 10^{-5}\ cm^2\ s^{-1}$

2.4 การคำนวณค่า $D_{toluene\text{-}liquid}$ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

คำนวณเช่นเดียวกับหัวข้อ 2.2 แต่เปลี่ยน $v_A = 118.718\ cm^3\ mol^{-1}$

$$D_{toluene-liquid} = \frac{(7.4\times10^{-8})((2.26)(18.02))^{0.5}(300.15)}{(0.725)(118.718)^{0.6}}$$

$D_{toluene\text{-}liquid} = 9.351 \times 10^{-6}\ cm^2\ s^{-1}$

2.5 การคำนวณค่า $D_{benzene\text{-}air}$ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

$$D_{AB} = \frac{10^{-3}\times\left(3.03-(0.98/\sqrt{M_{AB}})\right)\times T^{3/2}}{p_t\sqrt{M_{AB}}(r_{AB})^2 f\left(kT/\varepsilon_{AB}\right)}$$

$$r_A = 1.18 v_A^{1/3}$$

$$r_{AB} = \sqrt{(r_A)(r_B)}$$

$$\frac{\varepsilon}{k} = 1.15 T_b$$

$$\frac{\varepsilon_{AB}}{k} = \sqrt{(\varepsilon/k)_A(\varepsilon/k)_B}$$

เมื่อ D_{AB} = diffusivity , $m^2 s^{-1}$

T = อุณหภูมิ , K

M_A, M_B = น้ำหนักโมเลกุลของสาร A และสาร B ตามลำดับ , $g\ mol^{-1}$

p_t = ความดันสัมบูรณ์ , bar

r_{AB} = molecular separation of collision , ^0A

ε_{AB} = energy of molecular attraction

k = Boltzmann's constant

$f(kT/\varepsilon_{AB})$ = collision function

แทนค่า $v_A = 96.379\ cm^3\ mol^{-1}$

$T = 300.15\ , K$

$M_A = 78.11\ g\ mol^{-1}$

$M_B = 28.97\ g\ mol^{-1}$

$T_b = 353.25\ K$

$r_A = 5.410\ ^0A$

$r_B = 3.620\ ^0A$

$f(kT/\varepsilon_{AB}) = 1.195$

จะได้

$$D_{benzene-air} = \frac{10^{-3} \times \left(3.03 - (0.98/\sqrt{42.297})\right) \times 300.15^{3/2}}{\sqrt{42.297} \times (1.01325) \times (4.425)^2 \times (1.195)}$$

$D_{benzene\text{-}air} = 9.705 \times 10^{-6}\ m^2 s^{-1}$

2.6 การคำนวณค่า $D_{methanol\text{-}air}$ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

คำนวณเช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4 แต่เปลี่ยน

$v_A = 42.284\ cm^3 mol^{-1}$

$T = 300.15\ , K$

$M_A = 32.04\ kg\ kmol^{-1}$

$M_B = 28.97\ kg\ kmol^{-1}$

$T_b = 337.85\ K$

$r_A = 4.111\ ^0A$

$r_B = 3.620\ ^0A$

$f(kT/\varepsilon_{AB}) = 1.1845$

จะได้

$$D_{methanol-air} = \frac{10^{-3} \times \left(3.03 - (0.98/\sqrt{30.445})\right) \times 300.15^{3/2}}{\sqrt{30.445} \times (1.01325) \times (3.857)^2 \times (1.1845)}$$

$D_{methanol\text{-}air} = 1.505 \times 10^{-5}\ m^2 s^{-1}$

2.7 การคำนวณค่า $k_L a$ และค่า $k_G a$ จากสมการ (3.12) และ (3.13) ตามลำดับ

จากสมการ (3.12) จะได้ว่า

$$k_L a\,(benzene) = (1.94\times10^{-7} + 5.62\times10^{-13}\,113693^{1.62})\left(\frac{1.352\times10^{-5}}{9.351\times10^{-6}}\right)$$

$k_L a$ (benzene) = $1.262 \times 10^{-4}\ m^3 s^{-1}$

และจากสมการ (3.13) จะได้ว่า

$$k_G a\,(benzene) = (3.55\times10^{-4} + 3.24\times10^{-8}\,113693^{0.94})\left(\frac{9.705\times10^{-6}}{1.505\times10^{-5}}\right)$$

$k_G a$ (benzene) = $1.410 \times 10^{-3}\ m^3 s^{-1}$

2.8 การคำนวณค่า $K_{OL} a$ จากทฤษฎีสองฟิล์มจะได้ว่า

$$\frac{1}{K_{OL} a} = \frac{1}{1.262\times10^{-4}} + \frac{(8.206\times10^{-5})(323.15)}{(0.006850)(1.410\times10^{-3})}$$

$K_{OL} a = 9.540 \times 10^{-5}\ m^3\ s^{-1}$

จากการคำนวณทั้งสองวิธีจะเห็นว่าค่าที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวอมราภรณ์ แก้วชะฎา

วัน เดือน ปี เกิด 3 ตุลาคม 2520

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2541