13 章　問題解答

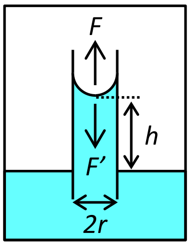
予習

１．

(1)　$\mathrm{FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl}$

(2)　$\mathrm{1mol \cdot dm^{-3}}$の$\mathrm{FeCl_3}$水溶液$\mathrm{10cm^3}$ $(= 10 \times 10^{-3}\mathrm{dm^3})$に含まれる$\mathrm{FeCl_3}$の物質量は，
$1 \times (10/1000) = 0.01\mathrm{mol}$である。また，(1)の化学反応式より，$\mathrm{1mol}$の$\mathrm{FeCl_3}$から$\mathrm{1mol}$の$\mathrm{Fe(OH)_3}$を生成することがわかる。したがって，生成される$\mathrm{Fe(OH)_3}$コロイドの物質量は$\underline{0.01\mathrm{mol}}$である。

２．



上向きの力F[N]と上昇した水の重さによる下向きの力F'[N]が釣り合ったとき、水の上昇は止まる。F'は上昇した水の重さm[kg]と重力加速度g[$\mathrm{m \cdot s^{-2}}$]の積で計算できる。また、mは上昇した水の体積V[$\mathrm{m^3}$]と密度ρ[$\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$]の積で計算できる。そこで、上昇した水の高さをh[m]、毛細管の半径をr[m]とすると、次式が成り立つ。

上昇した水の体積　　$V = \pi r^2 h$

上昇した水の重さ　　$m = V \times \rho = \pi r^2 h\rho$

下向きの力　　　　　$F' = mg = \pi r^2 h\rho g$

$F = F'$から、hを求めることができる。

$$h = \frac{F}{\pi r^2 \rho g} = \frac{100 \times 10^{-6}}{3.14 \times (250 \times 10^{-6})^2 \times 998.2 \times 9.81} = 0.0520\mathrm{m} = \underline{5.20\mathrm{cm}}$$

演習問題Ａ

13-A1

エーロゾル：(2)、エマルション：(3)(5)、サスペンション：(1)(4)

13-A2

界面を構成する２つの液体の親和性が高いほど界面張力は小さくなる傾向を示す。

(1) 大きい：デカンはヘキサンより疎水性が高いため。

(2) 大きい：テフロンに代表されるように、フッ素をもつ有機化合物はもたないものに比べて疎水性が高いため。

(3) 小さい：アルコールはヒドロキシル基を有し、水との親和性が高いため。

(4) 小さい：デカンとペルフルオロヘキサンは完全には混ざらないが、どちらも水に対するよりは溶解性を示すため。

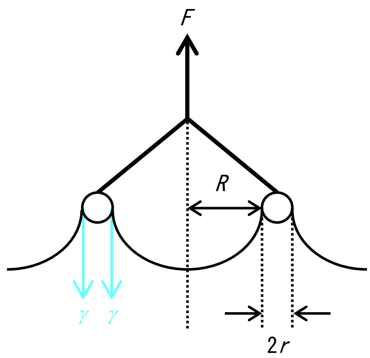
【参考】それぞれの界面張力は以下に示すとおりである。

ヘキサン／水界面張力　$\mathrm{50.80mN \cdot m^{-1}}$（20℃）、$\mathrm{50.41mN \cdot m^{-1}}$（25℃）

デカン／水界面張力　52.30mN・m^{-1}（20℃）
ペルフルオロヘキサン／水界面張力　56.45mN・m^{-1}（25℃）
ヘキサノール／水界面張力　6.8mN・m^{-1}（20℃）
デカン／ペルフルオロヘキサン界面張力　3.1mN・m^{-1}（24℃）

13-A3

リングに働く張力をF、表面張力をγ、リングの直径を$2R$、リングの管径を$2r$とする。図に示すように、表面張力はリングの内側と外側の２箇所に働くことを考慮すると、リングに働く張力と表面張力の釣り合いの式は次のように表される。



$$F = 2\pi R\gamma + 2\pi(R + 2r)\gamma = 4\pi R\gamma\left(1 + \frac{r}{R}\right) \cong 4\pi R\gamma$$

ここで、リングの管径$2r$はリングの直径$2R$に比べて無視できるほど小さいという条件を用いた。この式を用いることによって、表面張力を計算することができる。

$$\gamma = \frac{F}{4\pi R} = \frac{8.0}{4 \times 3.14 \times (1.6 \times 10^{-2})} = \underline{40\mathrm{mN \cdot m^{-1}}}$$

13-A4

親水基と疎水基がそれぞれ有している構造を書き表していけばよい。
(1) ヘキサデカン酸ナトリウム（パルミチン酸ナトリウムともいう。いわゆるセッケンのこと）
(2) 臭化ドデシルトリメチルアンモニウム
(3) ペンタエチレングリコールデシルエーテル

演習問題Ｂ

13-B1

①鉄釘の比表面積

鉄釘の表面積は円柱の側面と上面、下面の面積の合計であり、次のように計算できる。

$$(2 \times 3.14 \times 0.1 \times 3) + (3.14 \times 0.1^2 \times 2) = 1.95\mathrm{cm^2}$$

したがって、鉄釘の比表面積は次のように計算できる。

$$\frac{1.95}{0.7} = \underline{2.79\mathrm{cm^2 \cdot g^{-1}}}$$

②スチールウールの比表面積

スチールウール１本の表面積は①と同様に計算できる。

$(2 \times 3.14 \times 25 \times 10^{-4} \times 3) + [3.14 \times (25 \times 10^{-4})^2 \times 2] = 4.71 \times 10^{-2}\mathrm{cm}^2$

ここで、鉄釘１本からスチールウールが何本作れるか考えるため、鉄釘とスチールウールの体積を考える。

鉄釘の体積　$3.14 \times 0.1^2 \times 3 = 9.42 \times 10^{-2}\mathrm{cm}^3$

スチールウールの体積　$3.14 \times (25 \times 10^{-4})^2 \times 3 = 5.89 \times 10^{-5}\mathrm{cm}^3$

したがって、鉄釘１本から作れるスチールウールの本数は次のように計算できる。

$$\frac{9.42 \times 10^{-2}}{5.89 \times 10^{-5}} = 1599$$

以上から、スチールウールの比表面積は次のように計算できる。

$$\frac{4.71 \times 10^{-2} \times 1599}{0.7} = \underline{1.08 \times 10^2 \mathrm{cm}^2 \cdot \mathrm{g}^{-1}}$$

③鉄粉の比表面積

鉄粉１粒の表面積は次のように計算できる。

$(50 \times 10^{-4})^2 \times 6 = 1.50 \times 10^{-4}\mathrm{cm}^2$

ここで、鉄釘１本から鉄粉が何粒作れるか考えるため、鉄粉の体積を考える。

鉄粉の体積　$(50 \times 10^{-4})^3 = 1.25 \times 10^{-7}\mathrm{cm}^3$

したがって、鉄釘１本から作れる鉄粉の数は次のように計算できる。

$$\frac{9.42 \times 10^{-2}}{1.25 \times 10^{-7}} = 753600$$

以上から、鉄粉の比表面積は次のように計算できる。

$$\frac{1.50 \times 10^{-4} \times 753600}{0.7} = \underline{1.61 \times 10^2 \mathrm{cm}^2 \cdot \mathrm{g}^{-1}}$$

したがって、比表面積は鉄釘からスチールウールを作るとおよそ39倍、鉄粉を作ると58倍になる。[答]

13-B2

河川の水$1\mathrm{m}^3$に含まれる粘土粒子の数Nは次のように計算できる。

$$N = \frac{13}{2.00 \times 10^{-13}} = 6.50 \times 10^{13}$$

河川の水$1\mathrm{m}^3$に含まれる粘土粒子の全体積Vは次のように計算できる。

$$V = \frac{1.50}{2.70 \times 10^3} = 5.56 \times 10^{-4}\mathrm{m}^3$$

したがって、粘度粒子１個の体積vは次のように計算できる。

$$v = \frac{V}{N} = \frac{5.56 \times 10^{-4}}{6.50 \times 10^{13}} = 8.55 \times 10^{-18}\mathrm{m}^3$$

粘土粒子の半径をrとすると、$v = 4\pi r^3/3$が成り立つので、rを計算できる。

$$r = \sqrt[3]{\frac{3v}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 8.55 \times 10^{-18}}{4 \times 3.14}} = 1.27 \times 10^{-6}\mathrm{m} = \underline{1.27\mu\mathrm{m}}$$

13-B3

ストークスの式(13-5)に数値を代入して計算する。

$$u = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)g}{9\eta} = \frac{2 \times (25 \times 10^{-6})^2 \times (930 - 1030) \times (300 \times 9.81)}{9 \times (2.50 \times 10^{-3})} = \underline{-1.64 \times 10^{-2}\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

（参考）遠心分離前の脂肪粒子の沈降速度は次のように計算できる。

$$u = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)g}{9\eta} = \frac{2 \times (10 \times 10^{-6})^2 \times (930 - 1030) \times 9.81}{9 \times (2.50 \times 10^{-3})} = -8.72 \times 10^{-6}\mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

したがって、遠心分離中の沈降速度は遠心分離前のおよそ 1900 倍であることがわかる。

13-B4

式 13-8 を用いる。はじめに、温度一定の条件下、問題に与えられた式をCで偏微分する。

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial C}\right)_T = 0.104C - 2.69$$

次に、$C = 8.00\mathrm{mmol \cdot dm^{-3}}$のときの傾きを求める（単位に注意）。

$$\left(\frac{\partial \gamma}{\partial C}\right)_T = 0.104 \times 8.00 - 2.69 = -1.858\mathrm{mN \cdot m^{-1} \cdot mmol^{-1} \cdot dm^3}$$

この数値を式 13-8 に代入することによって、界面過剰量Γを求めることができる。

$$\Gamma = -\frac{C}{RT}\left(\frac{\partial \gamma}{\partial C}\right)_T = -\frac{8.00}{8.314 \times 298} \times (-1.858 \times 10^{-3}) = 6.00 \times 10^{-6}\mathrm{mol \cdot m^{-2}}$$
$$= \underline{6.00\mu\mathrm{mol \cdot m^{-2}}}$$

13-B5

凹凸表面の表面積A'と平滑表面の表面積Aの比rは次のように計算できる。

$$r = \frac{A'}{A} = \frac{15}{10} = 1.5$$

ウェンゼルの式を用いると、次のように計算することができる。

$$\cos\theta' = r\cos\theta = 1.5 \times \cos 110° = -0.513$$

したがって，$\theta' = \underline{121°}$

この結果から、もともと疎水的だった表面が、凹凸処理を施して表面積を増やすことによって、より疎水的な挙動を示すことがわかる。