

■出題の意図■

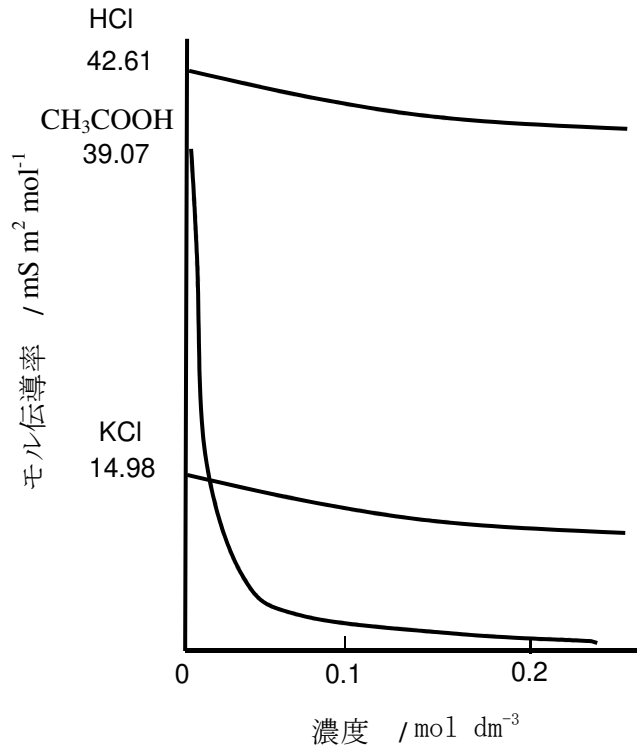
専門科目（受験区分コード：52）

建設環境系専攻の環境システム工学コース及び化学系専攻の環境化学・化学工学コースに関わる学問分野である物理化学、有機化学、化学工学（移動現象・単位操作）、環境浄化技術に関して、理解度を測る。

物理化学

解答例

(1)



(2) 強電解質はその濃度によらず電解質のほぼすべてが解離するため, (濃度によらず) モル伝導率はほぼ一定の値を示す. これに対し, 弱電解質は解離によって生じるイオンと非解離の分子との間に平衡が存在しており, 濃度が増加すると解離度は急激に減少するため, (濃度の増加に伴って) モル伝導率も急速に減少する.

(下線部分が大意として含まれていれば正答とする)

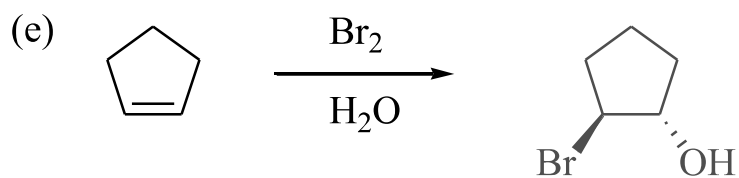
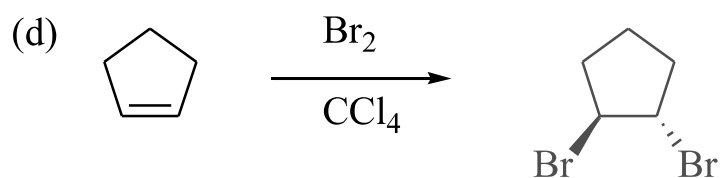
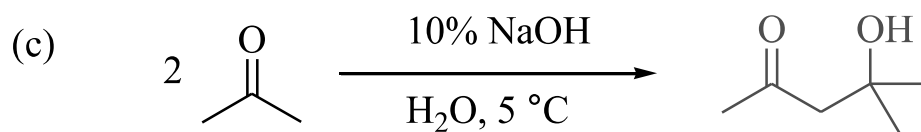
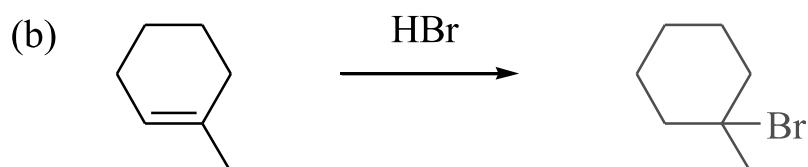
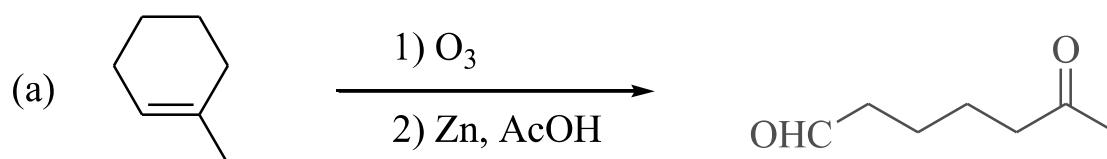
(3) 0.0203

(4) 25.88 $\text{mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$

(配点 150点)

有機化学

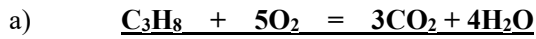
【2】最も適切な生成物を答えなさい。



化学工学

【3-1】

(1)



b)
$$\text{C}_3\text{H}_8 = 12.01 \times 3 + 1.008 \times 8 = 44.094 \text{ g/mol}$$

10 kg の C_3H_8 は $10 \times 10^3 \div 44.094 = 0.227 \text{ kmol}$

燃焼に必要な酸素の質量は $0.227 \times 5 \times 32.00 = \underline{\underline{36.3 \text{ kg}}}$

c) 25%過剰空気中の O_2 と N_2 のモル数は N_2 のモル数を $x \text{ mol}$ とすると,

$1.25 \times 5 \times 0.227 : x = 21 : 79 \therefore x = 5.337 \approx 5.34 \text{ mol}$ (燃焼ガス中に含まれる).

燃焼ガス中の O_2 のモル数は $(1.25 - 1.00) \times 5 \times 0.227 = 0.284 \text{ mol}$

a)で示した式より, CO_2 は $3 \times 0.227 = 0.681 \text{ kmol}$, H_2O は $4 \times 0.227 = 0.908 \text{ kmol}$

	kmol	mol%
CO_2	0.681	9.44
H_2O	0.908	12.6
O_2	0.284	3.94
N_2	5.34	74.1
合計	7.21	100

(2)

a) 水が熱交換器で受ける熱量は $Q = W \cdot c_p \cdot (80.0 - 30.0) = \underline{\underline{50Wc_p}}$

b) 飽和水蒸気から水への伝熱量は対数平均温度差を用いて以下のように表される.

$$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln (\Delta T_1 / \Delta T_2)$$

ここで, $\Delta T_1 = 120 - 30.0 = 90.0$, $\Delta T_2 = 120 - 80.0 = 40.0$ より,

$$\underline{\underline{Q = 61.7UA}}$$

c) 水の入り口温度が 10.0°C になった場合の水が熱交換器で受ける熱量と飽和水蒸気から水への伝熱量をそれぞれ式で表す.

水が熱交換器で受ける熱量は $Q = W \cdot c_p \cdot (T - 10.0) = (T - 10.0) \cdot W \cdot c_p \dots \textcircled{1}$

ここで, 飽和水蒸気から水への伝熱量 Q は $\Delta T_1 = 120 - 10.0 = 110$, $\Delta T_2 = 120 - T$ より,

$$Q = U \cdot A \cdot (T - 10.0) / \ln \{110 / (120 - T)\} \dots \textcircled{2}$$

① = ②より,

$$(T-10.0) \cdot W \cdot c_p = U \cdot A \cdot (T-10.0) / \ln \{110 / (120 - T)\}$$

ここで, $T-10.0 \neq 0$ であるから, 両辺を $(T-10.0)$ で除すると,

$$W \cdot c_p = U \cdot A / \ln \{110 / (120 - T)\}$$

さらに整理すると,
$$\underline{T = 120 - 110 \cdot e^{-U \cdot A / (W \cdot c_p)}}$$

$$(3) \quad A = \pi D^2 / 4 / 2 \times 2 + (\text{長方形の面積}) = \pi (2 \times 40 \times 10^{-3})^2 / 4 + (2 \times 40 \times 10^{-3}) \times (70 \times 10^{-3}) \\ = 0.010627 = \underline{1.06 \times 10^{-2} \text{ m}^2}$$

$$U = \pi D + 2 \times (70 \times 10^{-3}) = \pi (2 \times 40 \times 10^{-3}) + 2 \times (70 \times 10^{-3}) = 0.391327 = \underline{3.91 \times 10^{-1} \text{ m}}$$

$$D_e = 4A / U = 4 \times 1.06 \times 10^{-2} / (3.91 \times 10^{-1}) = 0.1084 = \underline{1.08 \times 10^{-1} \text{ m}}$$

【3-2】

(1) a) PM 2.5 とは, (粒子直径) が 2.5 (μm) 以下の大気中を浮遊する粒子状物質である.

b) 空気清浄機通過後の濃度 PM2.5 : $2.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

PM2.5 より大きい粒子 : $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

$$\text{空気清浄機の除去率} : \frac{150-3.5}{150} \times 100 = \underline{97.7 \%}$$

(2) a) 重力, 浮力, 抵抗力

$$b) \quad u_t = \frac{d_p^2 (\rho_p - \rho) g}{18\mu} = \underline{1.38 \times 10^{-5} \text{ m/s}}$$

c) ③

$$d) \quad \frac{(\text{遠心加速度})}{(\text{重力加速度})} = \frac{1960}{9.8} = \underline{200 \text{ 倍}}$$

(3) a) ①式を $2(V+V_m)dV=KA^2d\theta$ と変形し, 境界条件で積分して, $\underline{V^2+2V_m V=KA^2\theta}$

b) a)で導出した式を変形して, $\theta/V=V/KA^2+2V_m/KA^2$

傾き : $\underline{1/KA^2}$, 切片 : $\underline{2V_m/KA^2}$

(配点 150 点)

環境浄化技術

【4】次の設問【4-1】および【4-2】に答えなさい。

【4-1】上水道に関連して、以下の設問に答えなさい。

- (1) マグネシウム 30.00 (mg/L), カルシウム 50.00 (mg/L) を検出した水の硬度を求めなさい。
解答には、式と単位も記しなさい。なお、各原子量は次の通りとする。Mg:24.31, Ca:40.08,
C:12.01, O:16.00

$$\begin{aligned} \text{水の硬度は、} & \text{Mg}^{2+} \times \text{CaCO}_3 / \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} \times \text{CaCO}_3 / \text{Ca}^{2+} \\ & = 30.00 \times 100.08 / 24.31 + 50.00 \times 100.08 / 40.08 \\ & = 248.355 \text{ (mg/L)} \end{aligned}$$

∴水の硬度は 248.36 (mg/L)

- (2) 1.00 (mol/L) の硝酸溶液の pH を求めなさい。

HNO_3 は 1 価の強酸であるから、 $[\text{H}^+] = 1.00 \times 1 = 1.00$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log[1.00] = 0.00$$

∴pH=0.00

- (3) 0.50 (mol/L) の水酸化カルシウム水溶液の pH を求めなさい。

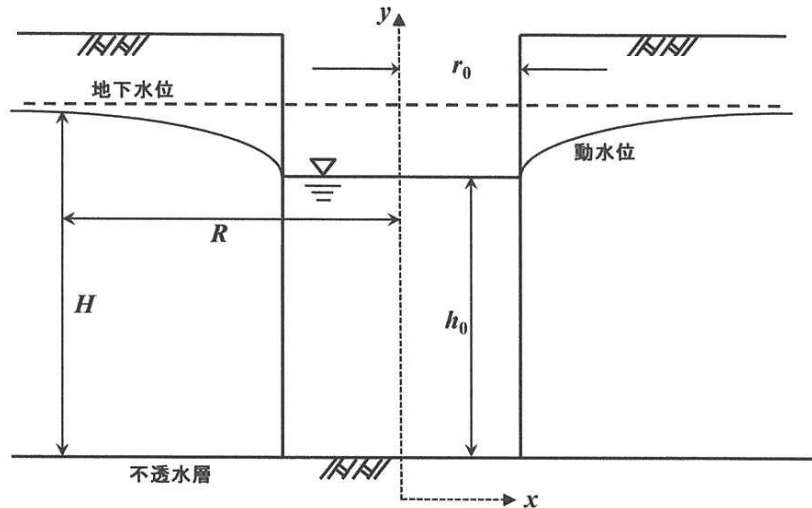
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ は 2 価の強アルカリであり、 $[\text{OH}^-] = 0.50 \times 2 = 1.00$

また、 $[\text{H}^+] = (1.0 \times 10^{-14}) / [\text{OH}^-] = (1.0 \times 10^{-14}) / (1.00)$ であるので、

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log[(1.0 \times 10^{-14}) / (1.00)] = 14.00$$

∴pH=14.00

- (4) 次の図に示す自由地下水の井戸の揚水量 Q (m^3/s) を導きなさい。ただし、透水係数を k (m/s) とする。また、半径 $r_0 = 2.0$ (m), 地下水位 $H = 5.0$ (m), 揚水量 $Q = 0.50$ (m^3/s), 井戸の水深 $h_0 = 4.0$ (m), 影響半径 $R = 100$ (m) のとき、透水係数 k (m/s) を求めなさい。解答には、式と単位も記しなさい。



(ただし、 r_0 は井戸の半径であり、 y 軸は井戸の中心線とする.)

ダルシーの法則から、 $v=ki$, $A=2\pi xy$

$$Q = Av = A \cdot ki = 2\pi xy \cdot k \cdot dy/dx$$

$$Q \cdot dx/x = 2\pi y \cdot k \cdot dy$$

積分して

$$Q \ln x = \pi k y^2 + C \quad \dots \textcircled{1} \quad (\text{ここで、} C \text{は積分定数})$$

境界条件 $x=r_0$ のとき、 $y=h_0$ より

$$Q \ln r_0 = \pi k h_0^2 + C$$

$$\therefore C = Q \ln r_0 - \pi k h_0^2 \quad \dots \textcircled{2}$$

②を①に代入して、

$$Q \ln x = \pi k y^2 + Q \ln r_0 - \pi k h_0^2$$

$$Q \ln (x/r_0) = \pi k (y^2 - h_0^2)$$

境界条件 $x=R$ のとき、 $y=H$ より

$$Q \ln (R/r_0) = \pi k (H^2 - h_0^2)$$

$$\therefore Q = \pi k (H^2 - h_0^2) / (\ln (R/r_0)) \quad \text{あるいは} \quad Q = \pi k (H^2 - h_0^2) / (2.3 \log_{10} (R/r_0))$$

上記の式を変形して、

$$k = (2.3 \times Q \times \log_{10} (R/r_0)) / (\pi (H^2 - h_0^2)) = (2.3 \times 0.50 \times \log_{10} (100/2.0)) / (3.14 \times (5.0^2 - 4.0^2))$$

$$= 0.069137$$

$$\therefore \underline{6.9 \times 10^{-2} \text{ (m/s)}}$$

【4-2】流量が $400.0 \text{ (m}^3/\text{s)}$, BOD が 1.50 (mg/L) の河川に工場排水が排出された結果, 河川流量が $500.0 \text{ (m}^3/\text{s)}$, BOD が 2.00 (mg/L) になった. 以下の設問に答えなさい. 解答には, 式と単位も記しなさい.

(1) 工場排水が排出された地点より上流の河川の BOD 負荷量 (g/s) を求めなさい.

$$400.0 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.50 \text{ mg/L} \times 10^3 \text{ L/m}^3 \times 10^{-3} \text{ g/mg} = 600.0 \text{ g/s}$$

$\therefore 600.0 \text{ g/s}$

(2) 工場排水が排出された地点より下流の河川の BOD 負荷量 (g/s) を求めなさい.

$$500.0 \text{ m}^3/\text{s} \times 2.00 \text{ mg/L} \times 10^3 \text{ L/m}^3 \times 10^{-3} \text{ g/mg} = 1000.0 \text{ g/s}$$

$\therefore 1000.0 \text{ g/s}$

(3) 工場排水の BOD 負荷量 (g/s) を求めなさい.

$$1000.0 \text{ g/s} - 600.0 \text{ g/s} = 400.0 \text{ g/s}$$

$\therefore 400.0 \text{ g/s}$

(4) 工場排水の BOD (mg/L) を求めなさい.

$$\text{流量は } 500.0 \text{ m}^3/\text{s} - 400.0 \text{ m}^3/\text{s} = 100.0 \text{ m}^3/\text{s}$$
$$\text{BOD濃度は } 400.0 \text{ g/s} \div 100.0 \text{ m}^3/\text{s} = 4.00 \text{ g/m}^3 = 4.00 \text{ mg/L}$$

$\therefore 4.00 \text{ mg/L}$