

■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。

（配点 150点）

物理化学

【1】

(1)

ア：融点

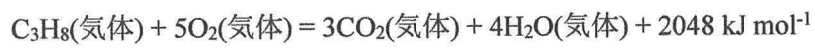
イ：沸点

(2)

a：融解熱

b：蒸発熱

(3)



(4)

86.0 kJ mol⁻¹

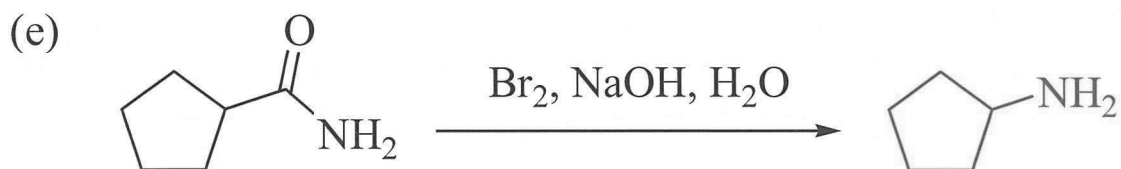
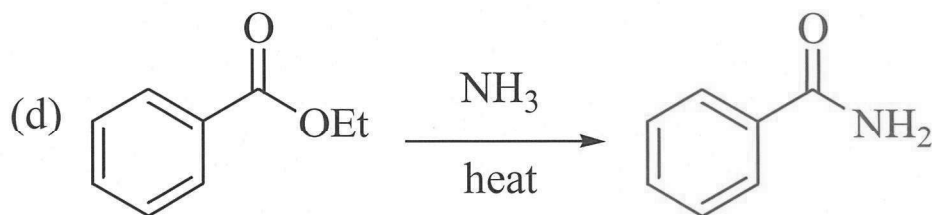
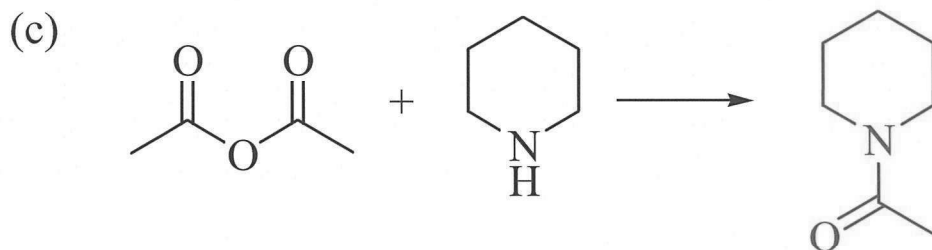
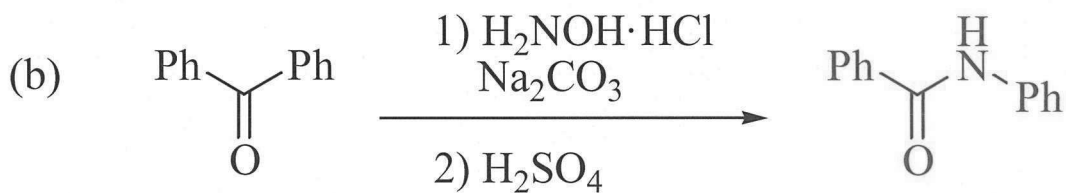
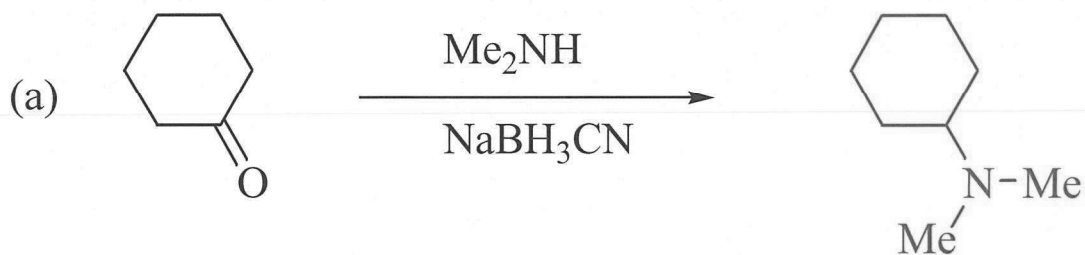
(5)

2.93 × 10⁴ J

（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) (A) ニュートン (Newton) (B) 速度
(C) Pa (または, $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$) (D) $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
(E) 運動量
(F) 粘度 (粘性率, 粘性係数でも可)
(G) $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
(H) 移動現象 (輸送現象, いずれも「論」を付けても可)
(I) 放物線
(①) カルマン・プラントルの 1/7 乗則
- (2) a) $Q = (10/60)/785 = 2.12 \times 10^{-4} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
b) $u = 2.12 \times 10^{-4} / ((20 \times 10^{-3})^2 \times \pi / 4) = 0.675 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
c) $Re = (20 \times 10^{-3}) \times 0.675 \times 785 / (1.1 \times 10^{-3}) = 9634 [-]$, $Re > 4000$ より, 流れは乱流
d) ①
- (3) a) $Q = W \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) = 2000 / 3600 \times 3.9 \times (80 - 15) = 140.8 \text{ kW}$
 $\Delta t_{\text{lm}} = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln(\Delta t_1 / \Delta t_2) = (95 - 30) / \ln(95 / 30) = 56.4^\circ\text{C}$
 $U = Q / (A \cdot \Delta t_{\text{lm}}) = 140.8 / ((92 \times 10^{-3} \times \pi \times 5) \times 56.4) = 1.73 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
b) 求める出口温度を $x^\circ\text{C}$ とする。
 $Q = W \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)$, $Q = U \cdot A \cdot \Delta t_{\text{lm}}$ より, $W \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) = U \cdot A \cdot \Delta t_{\text{lm}}$
 $2000 / 3600 \cdot 3.9 \cdot (-(x - 15))$
 $= 1.73 \times (92 \times 10^{-3} \times \pi \times 5) \times (x - 15) / \ln(105 / (120 - x))$
 $x = 86.9^\circ\text{C}$

【3-2】

- (1) ア : 3.25 イ : 4.16 ウ : 1
エ : 2.25 オ : 1.69 カ : 0.797 (0.800 も可)
- (2) ストークス域を仮定すると, $u_t = 7.53 \text{ m/s}$ ($Re_p : 271.9$) となり, 不適當である。また, アレン域を仮定すると(4)式より, $u_t = 2.08 \text{ m/s}$ ($Re_p : 75.2$) となり, 適當である。
- (3) (a) 頻度 $55/110 \times 100 = 50.0\%$, 通過率 $(35+55)/110 \times 100 = 81.8\%$
(b) 1

（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 50.00 (mg/L), カルシウム 30.00 (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:12.00, O:16.00

水の硬度は、 $\text{Mg}^{2+} \times \text{CaCO}_3 / \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} \times \text{CaCO}_3 / \text{Ca}^{2+}$

$$= 50 \times 100.08 / 24.31 + 30 \times 100.08 / 40.08$$

$$= 280.751 \text{ (mg/L)}$$

\therefore 水の硬度は 280.75 (mg/L)

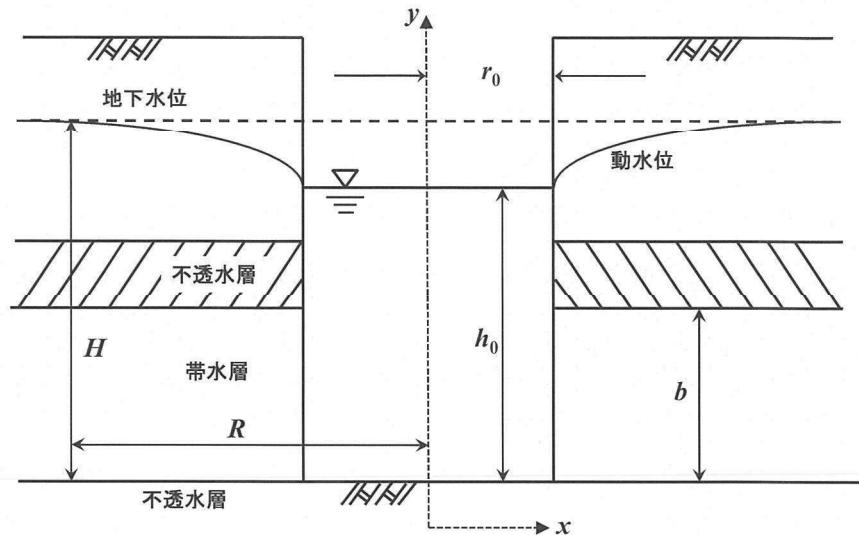
(2) 1.0 (mol/L) の塩酸溶液の pH を求めなさい。

\therefore pH=0.00

(3) 1.0 (mol/L) の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めなさい。

\therefore pH=14.00

(4) 次の図に示す被圧地下水の井戸の揚水量 Q (m^3/s) の式を導きなさい。ただし、透水係数を k (m/s) とする。また、半径 $r_0=0.20$ (m), 地下水位 $H=80.0$ (m), 揚水量 $Q=0.20$ (m^3/s), 井戸の水深 $h_0=70.0$ (m), 帯水層の水深 $b=3.0$ (m), 影響半径 $R=200$ (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、 $v=ki$, $A=2\pi x b$

被圧地下水は高さ b にて流入してくるので

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

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

積分して

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

境界条件 $x=r_0$ のとき、 $y=h_0$ より

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

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

②を①に代入して、

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

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

境界条件 $x=R$ のとき、 $y=H$ より

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

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

上記の式を変形して、

$$k = (2.3 \times Q \times \log_{10} (R/r_0)) / (2\pi b (H - h_0))$$

数値を代入すると

$$k = (2.3 \times 0.20 \times \log_{10} (200/0.20)) / (2 \times 3.14 \times 3.0 (80.0 - 70.0))$$

$$k = 7.321 \times 10^{-3}$$

$$\therefore 7.32 \times 10^{-3} \text{ (m/s)}$$

【4-2】下水道に関連して、活性汚泥法について以下の設問に答えなさい。

ある都市の下水は汚水量 40,000 (m³/day), BOD は 200 (mg/L), SS は 300 (mg/L) である。最初沈殿池での BOD および SS 除去率が 30% であり、曝気槽の容積が 10,000 (m³), MLSS が 1,500 (mg/L) である。解答には、式と単位も記しなさい。

(1) BOD-SS 負荷と BOD 容積負荷を求めなさい。

最初沈殿池流出水の BOD は、 $200 \times (1-0.30) = 140.0$ (mg/L)

$$\begin{aligned} \text{BOD-SS 負荷} &= (40,000 \times (140.0 \times 10^{-6} \div 10^{-3})) \div ((1,500 \times 10^{-6} \div 10^{-3}) \times 10,000) \\ &= \underline{0.373 \text{ (BOD} \cdot \text{kg/SS} \cdot \text{kg} \cdot \text{day)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD 容積負荷} &= (40,000 \times (140.0 \times 10^{-6} \div 10^{-3})) \div (10,000) \\ &= \underline{0.560 \text{ (BOD} \cdot \text{kg/ m}^3 \cdot \text{day)}} \end{aligned}$$

(2) 汚泥返送率が 30% であったときの返送汚泥濃度を求めなさい。

最初沈殿池流出水の SS は、 $300 \times (1-0.30) = 210.0$ (mg/L)

$$\begin{aligned} \text{返送流量} \div \text{流入流量} &= (1,500 - 210.0) \div (\text{返送汚泥濃度} - 1,500) = \text{汚泥返送率} \\ &= (1,500 - 210.0) \div (\text{返送汚泥濃度} - 1,500) = 0.30 \end{aligned}$$

$$\text{よって、返送汚泥濃度} = (1,500 - 210.0) \div 0.30 + 1,500 = 5800.0$$

したがって、返送汚泥濃度 = 5,800 (mg/L)