

受験区分コード52

専門科目問題冊子

| | |
|------|--|
| 受験番号 | |
|------|--|

| | | | | |
|---------------|------|------|------|--------|
| 分野 | 物理化学 | 有機化学 | 化学工学 | 環境浄化技術 |
| 問題番号 | 【1】 | 【2】 | 【3】 | 【4】 |
| 選択欄 (2つに○) | | | | |

※注意事項

- ① 物理化学, 有機化学, 化学工学, 環境浄化技術の4分野の中から2分野を選択し, 対応する問題を解答して下さい。各分野150点満点です。
- ② 選択した分野を上記の表に○で示して下さい。また, 解答用紙には問題番号を記入して下さい。
- ③ 各分野それぞれ1枚の解答用紙を使用して下さい。なお, 解答用紙の裏も使用可能です。
- ④ この表紙で選択した問題番号と解答用紙の問題番号が一致しない場合は採点できませんので, 十分確認して下さい。

(配点 150点)

物理化学

【1】電解質が完全に解離し生成する陽イオンと陰イオンがお互いに影響を及ぼすことがないような無限希釈水溶液では①式に示す Kohlrausch のイオン独立移動の法則が成り立つ。

$$\Lambda^\infty = \Lambda_+ + \Lambda_- \quad \text{①}$$

ここで Λ^∞ は極限モル伝導率, Λ_+ と Λ_- はそれぞれ陽イオンと陰イオンの無限希釈におけるモルイオン伝導率である。下表に, 種々のイオンの 25°C での無限希釈水溶液におけるモルイオン伝導率を示す。

また, 酢酸などの弱電解質では, ある濃度における解離度 α とモル伝導率 Λ との間には②式の関係がある。

$$\Lambda = \alpha \Lambda^\infty \quad \text{②}$$

これらのことを踏まえて次の問いに答えなさい。

- (1) 25°Cにおける塩化カリウム, 塩酸, 酢酸の水溶液のモル伝導率と濃度の関係をグラフに示しなさい。縦軸にモル伝導率, 横軸に濃度を取り, 濃度の範囲は 0~0.2 mol dm⁻³ とする。グラフの縦軸にはそれぞれの電解質の名称と極限モル伝導率 Λ^∞ を示しなさい。グラフは各成分の違いがわかる程度の概略で構わない。
- (2) モル伝導率と濃度の関係は, 一般に「強電解質」と「弱電解質」の二つの型に類別される。「強電解質」と「弱電解質」におけるモル伝導率と濃度の関係の違いについて簡潔に説明しなさい。
- (3) 0.0500 mol dm⁻³ の酢酸水溶液のモル伝導率 Λ は 0.793 mS m² mol⁻¹ であった。このときの酢酸の解離度 α を求めなさい。
- (4) ある温度の水溶液中で, NaCl, NaNO₃, Mg(NO₃)₂ の極限モル伝導率はそれぞれ 12.64, 12.15, 24.90 mS m² mol⁻¹ であった。この温度の MgCl₂ の極限モル伝導率を求めなさい。

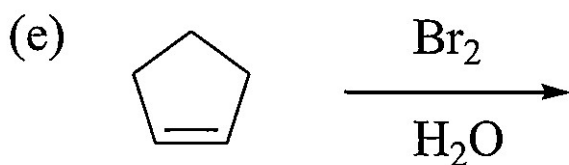
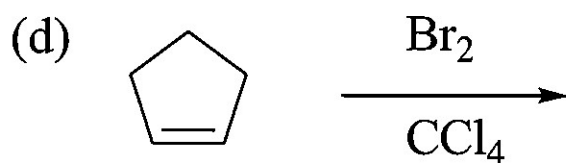
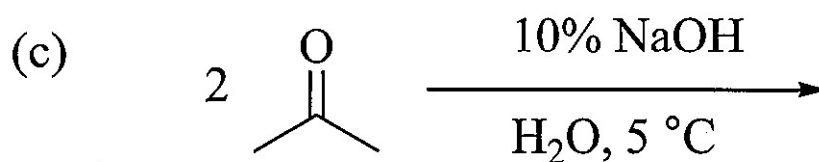
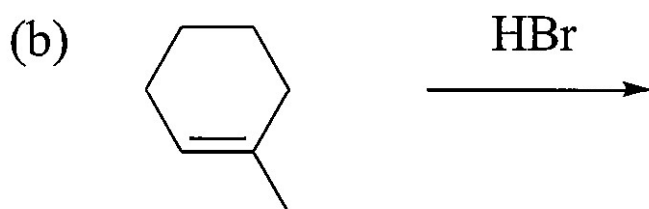
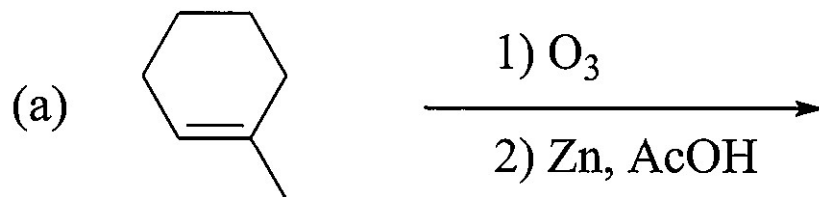
表 25°Cでの無限希釈水溶液におけるモルイオン伝導率

| 陽イオン | $\Lambda_+ / \text{mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$ | 陰イオン | $\Lambda_- / \text{mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$ |
|-----------------|--|----------------------------------|--|
| H ⁺ | 34.98 | OH ⁻ | 19.80 |
| K ⁺ | 7.35 | Br ⁻ | 7.84 |
| Na ⁺ | 5.01 | Cl ⁻ | 7.63 |
| Li ⁺ | 3.87 | CH ₃ COO ⁻ | 4.09 |

(配点 150点)

有機化学

【2】最も適切な生成物を答えなさい。



(配点 150点)

化学工学 (その1)

【3】次の設問【3-1】および【3-2】に答えなさい。ただし、計算問題では計算過程も示し、有効数字3桁で答えなさい。

【3-1】次の設問に答えなさい。

(1) プロパン 10.0 kg を完全燃焼させる。空気中の O_2 と N_2 の体積比は 21 : 79 とする。原子量は $H=1.008$, $C=12.01$, $O=16.00$, $N=14.00$ である。このとき以下の問いに答えなさい。

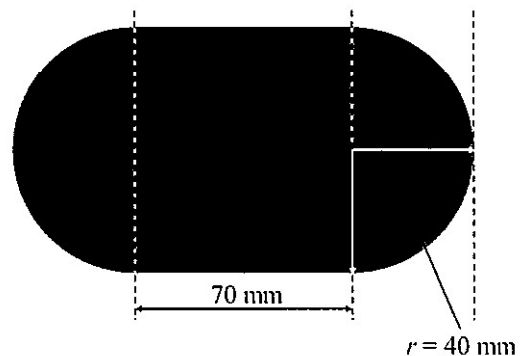
- 完全燃焼の反応式を書きなさい。
- 完全燃焼に必要な酸素の質量 [kg] を求めなさい。
- 25%過剰空気で完全燃焼させたときの燃焼ガスの組成を計算し、下の表を完成させなさい。完成させた表を解答用紙に書きなさい。

| | kmol | mol% |
|--------|------|------|
| CO_2 | | |
| H_2O | | |
| O_2 | | |
| N_2 | | |
| 合計 | | |

(2) 二重管型熱交換器の外管に $120^\circ C$ の飽和水蒸気を通し、内管内を流れる水を加熱している。水の入口および出口温度はそれぞれ $30.0^\circ C$, $80.0^\circ C$ であった。このとき、水の質量流量を W , 比熱容量を c_p , 熱交換器の伝熱面積を A , 総括熱伝達係数を U として以下の問いに答えなさい。

- 水が熱交換器で受ける熱量 Q に関する式を立てなさい。
- 飽和水蒸気から水への伝熱量 Q に関する式を対数平均温度差を用いて表しなさい。
- 水の入口温度が $30.0^\circ C$ から $10.0^\circ C$ になったとき、水の出口温度 T に関する関係式を求め、 T について整理しなさい。

(3) 断面が円形ではない管路内の流動を考える場合、円管の直径の代わりに相当直径 D_e (水力直径) を使用する。右図に示す半円の間に長方形が位置しているような断面の管路に対し、その断面積 A [m^2], ぬれ辺長 U [m], および D_e [m] をそれぞれ求めなさい。



化学工学 (その2)

【3-2】次の設問に答えなさい。

(1) 大気汚染, および空気清浄装置について, 次の問いに答えなさい。

a) PM 2.5 に関する次の説明文の空欄 (ア), (イ) を埋めなさい。

PM 2.5 とは, (ア) が 2.5 (イ) 以下の大気中を浮遊する粒子状物質である。

b) PM 2.5 を 95.0% 除去でき, それより大きい粒子は 99.0% 除去できる空気清浄機を用い, 汚れた空気を除去する。粒子濃度 $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ の空気において PM 2.5 濃度が $50.0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ であるとき, 除去率を求めなさい。

(2) 重力沈降, および遠心分離について, 次の問いに答えなさい。

a) 大気中や水中の粒子が重力沈降 (自由沈降) するとき, 終末沈降速度 u_t は粒子に働く力のつり合いの式より導出できる。この導出において考慮する力をすべて答えなさい。

b) Stokes 域において, 粒径 $3.00 \mu\text{m}$ の粒子 (密度 $\rho_p = 3.50 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) が水中で重力沈降するときの u_t を求めなさい。ただし, 水の密度, および粘度はそれぞれ $997 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $8.90 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ とし, 重力加速度は $9.80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ とする。

c) Stokes 域の遠心場において, 中心から水平方向に r だけ離れた位置で角速度 ω で円運動する粒子の移動速度 u_c は, u_t に対する Stokes 域の式の重力加速度 g を遠心加速度に置き換えることで表記できる。 u_c を示すものを次の①~④より選びなさい。ただし, d_p : 粒子径, ρ_p : 粒子の密度, ρ : 媒体の密度, μ : 媒体の粘度, g : 重力加速度とする。

$$\textcircled{1} \frac{d_p^2 (\rho_p - \rho) r g \omega^2}{18\mu} \quad \textcircled{2} \frac{d_p^2 (\rho_p - \rho) r \omega}{18\mu} \quad \textcircled{3} \frac{d_p^2 (\rho_p - \rho) r \omega^2}{18\mu} \quad \textcircled{4} \frac{d_p^2 (\rho_p - \rho) \omega^2}{18\mu}$$

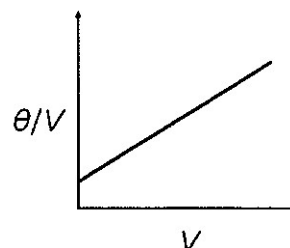
d) b) と同じ粒子が同じ液体中の遠心場を移動することを考える。この粒子が中心から水平方向にある距離だけ離れた位置において円運動するときの遠心加速度を $1.96 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ とすると, u_c は b) で求めた u_t の何倍となるか答えなさい。

(3) ろ過について, 次の問いに答えなさい。

a) スラリーの定圧ろ過で一般的な Ruth の式を導出しなさい。ただし, Ruth の式は次に示す①式を $\theta = 0$ のとき $V = 0$, $\theta = \theta$ のとき $V = V$ の境界条件で積分して得られ, A , V , θ , V_m , K はそれぞれ, ろ過面積, ろ液量, ろ過時間, ろ材抵抗に相当する仮想ろ液量, Ruth の定圧ろ過係数とする。

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{KA^2}{2(V+V_m)} \quad \text{---①}$$

b) 定圧ろ過試験において, 右図に示す直線関係を得た。この直線の傾きおよび切片を a) で導出した Ruth の式の中の文字を用いて示しなさい。



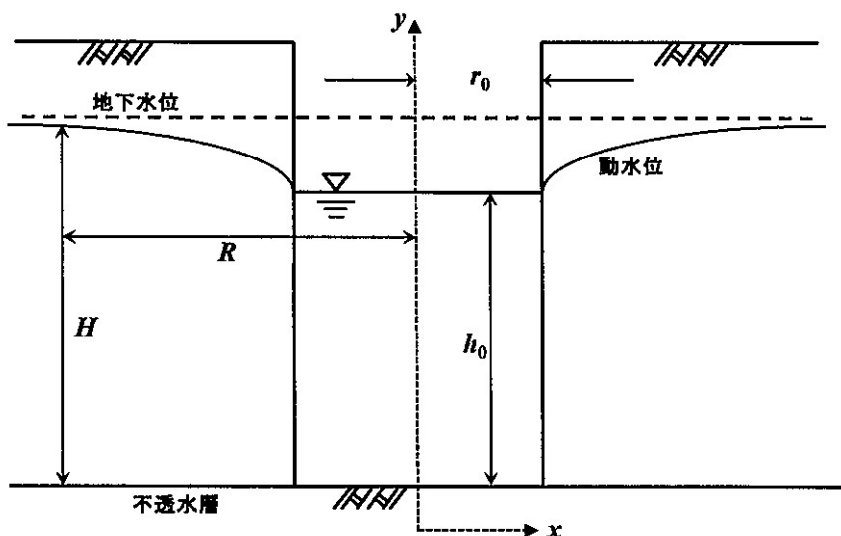
(配点 150点)

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
- (2) 1.00 (mol/L) の硝酸溶液の pH を求めなさい。
- (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。
- (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。)

【4-2】流量が 400.0 (m^3/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 (m^3/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。
- (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。
- (3) 工場排水の BOD 負荷量 (g/s) を求めなさい。
- (4) 工場排水の BOD (mg/L) を求めなさい。