

平成 31 年度  
大学院入学試験問題  
化 学

(マテリアル工学専攻受験者用)

午前 9:00 ~ 12:00

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 本冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答については「マテリアル工学基礎」の問題冊子の表紙の指示に従うこと。
4. 1問ごとに必ず1枚の解答用紙を使用すること。必要があれば、解答用紙の裏面を用いてもよい。
5. 草稿用白紙は本冊子から切り離さないこと。
6. 解答に関係のない記号、符号などを記入した答案は無効とする。
7. 解答用紙および問題冊子は持ち帰らないこと。

受験番号	No.
------	-----

上欄に受験番号を記入すること。

草 稿 用 白 紙

## 第 1 問 基礎物理化学

- I. 1 mol の理想気体で満たされた図 1.1 のようなピストン-シリンダー装置がある。この装置は閉鎖系であり、可逆的に変化する。以下の問いに答えよ。ただし、気体の圧力を  $p$ 、体積を  $V$ 、温度を  $T$  とする。また気体定数  $R$  は  $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。必要であれば以下の数値を利用せよ。

$$\ln 2 = 0.693, \quad \ln 3 = 1.10, \quad \ln 5 = 1.61, \quad \ln 10 = 2.30$$

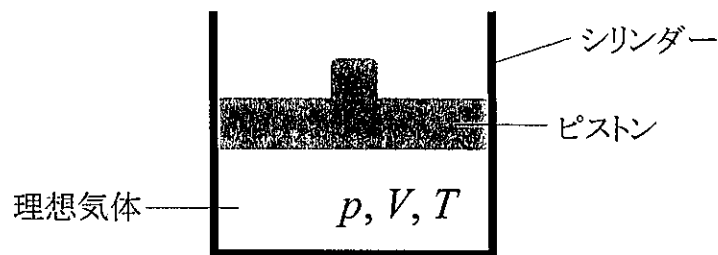


図 1.1

1. 理想気体の状態方程式を示せ。また  $V = 100 \text{ L}$ 、 $T = 300 \text{ K}$  とした場合の圧力  $p$  (kPa) を求めよ。ただし、 $1 \text{ kPa} = 1 \text{ J L}^{-1}$  である。
  2.  $T = 300 \text{ K}$  において、圧力  $p$  を  $200 \text{ kPa}$  から  $400 \text{ kPa}$  へ増加した場合の理想気体になされた仕事量  $\Delta W$  (kJ) とエントロピー変化  $\Delta S$  ( $\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ) を求めよ。
  3. 圧力一定または体積一定の場合の熱容量をそれぞれ  $C_p$  と  $C_v$  とする。 $C_p$  と  $C_v$  の関係式を示せ。
  4. 温度を  $T_i$  から  $T_f$  に上昇させたときの、圧力一定におけるエントロピー変化量と体積一定におけるエントロピー変化量をそれぞれ  $\Delta S_p$ 、 $\Delta S_v$  とする。 $\Delta S_p / \Delta S_v$  を  $C_p$  と  $C_v$  を用いて表せ。またその答えに至る過程も示せ。
- II. 粒子が図 1.2 のような無限大のポテンシャルエネルギー障壁をもった長さ  $L$  の一次元箱に閉じ込められている。以下の問いに答えよ。ただし、ポテンシャルエネルギーを  $U$ 、波動関数を  $\psi(x)$ 、プランク定数を  $h$ 、 $\hbar = h / 2\pi$  とする。

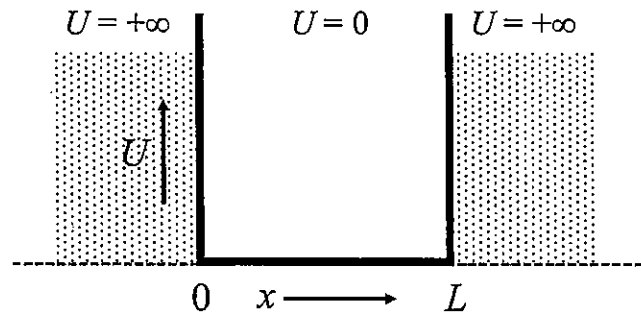


図 1.2

1. 粒子の全エネルギー  $E$  を粒子の質量  $m$  と運動量  $p$  を用いて表せ。
2. シュレディンガー方程式  $\hat{H}\psi(x) = E\psi(x)$  を  $m, \hbar, x, \psi(x)$  を用いて表せ。ここで、 $\hat{H}$  はハミルトニアン演算子、 $\hat{p} = -i\hbar \frac{d}{dx}$  は運動量演算子である。
3. シュレディンガー方程式を解くことにより、固有関数  $\psi_n(x) = C \sin \frac{n\pi x}{L}$  が得られる。 $n$  は量子数 ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )、 $C$  は定数である。量子数  $n = 1$  における固有関数  $\psi_1(x)$  を図示せよ。またポテンシャルエネルギー障壁が有限の場合の  $\psi_1(x)$  を図示し、その障壁が無限の場合と比べて  $\psi_1(x)$  はどのように異なるか説明せよ。

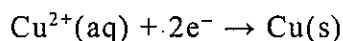
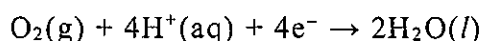
## 第 2 問 基礎無機化学

I. 次の物質の下線部の原子の酸化数を答えよ。

(a)  $\underline{\text{H}}$ <sub>2</sub> (b)  $\text{Cu}\underline{\text{O}}$  (c)  $\text{K}_2\underline{\text{Cr}}$  $\text{O}_4$  (d)  $\text{H}_2\underline{\text{O}}$ <sub>2</sub> (e)  $\underline{\text{Fe}}$ <sub>3</sub> $\text{O}_4$  (f)  $\text{K}\underline{\text{B}}$  $\underline{\text{H}}$ <sub>4</sub>

II. 中性条件において、過酸化水素と過マンガン酸カリウムを反応させた場合の半反応式と全反応式を記せ。

III. 以下の半反応式に基づく銅の酸化に関する以下の問いに答えよ。



1. 全反応式を記せ。
2. 銅の酸化と pH との関係を簡潔に述べよ。
3. 銅でできた屋根では、上述した反応は実際にはあまり進行しない。その理由を簡潔に述べよ。

IV. 窒素酸化物に関する以下の問いに答えよ。

1. NO の分子軌道のエネルギー準位を電子配置とともに図示せよ。
2. NO と NO<sup>+</sup> の結合次数を示せ。
3. NO と NO<sup>+</sup> の磁性について、簡潔に述べよ。

V. ハロゲン化物に関する以下の問いに答えよ。

1. HF, HCl, HBr, HI を、沸点が高い順に並べ、その理由を簡潔に述べよ。
2. HF, HCl, HBr, HI を、同じ濃度の水溶液の pH が小さい順に並べ、その理由を簡潔に述べよ。

VI. 置換オキソ酸に関する以下の問いに答えよ。

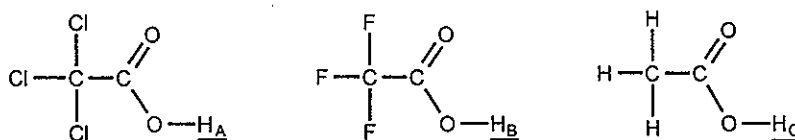
1. フルオロ硫酸 O<sub>2</sub>SF(OH) は、硫酸 O<sub>2</sub>S(OH)<sub>2</sub> よりも強い酸である理由を簡潔に述べよ。
2. アミド硫酸 O<sub>2</sub>S(NH<sub>2</sub>)(OH) は、硫酸 O<sub>2</sub>S(OH)<sub>2</sub> よりも弱い酸である理由を簡潔に述べよ。

### 第 3 問 基礎有機化学

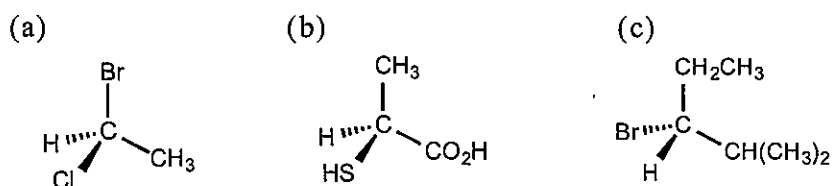
I. 次の汎用的な有機溶媒の構造式を描け。

- (a) アセトン (b) ジエチルエーテル (c) テトラヒドロフラン  
 (d) ジメチルスルホキシド (e) *N,N*-ジメチルホルムアミド

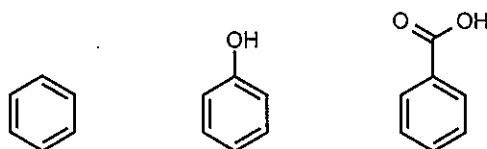
II. 次の下線が引かれた 3 つの水素 ( $H_A$ ,  $H_B$ ,  $H_C$ ) を  $pK_a$  が大きい順に並べよ。また, その理由を述べよ。



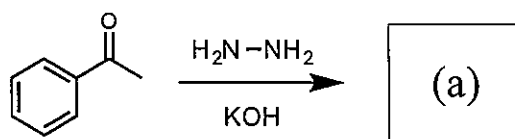
III. 次の 3 つの分子のキラル中心の *R/S* 配置を示せ。

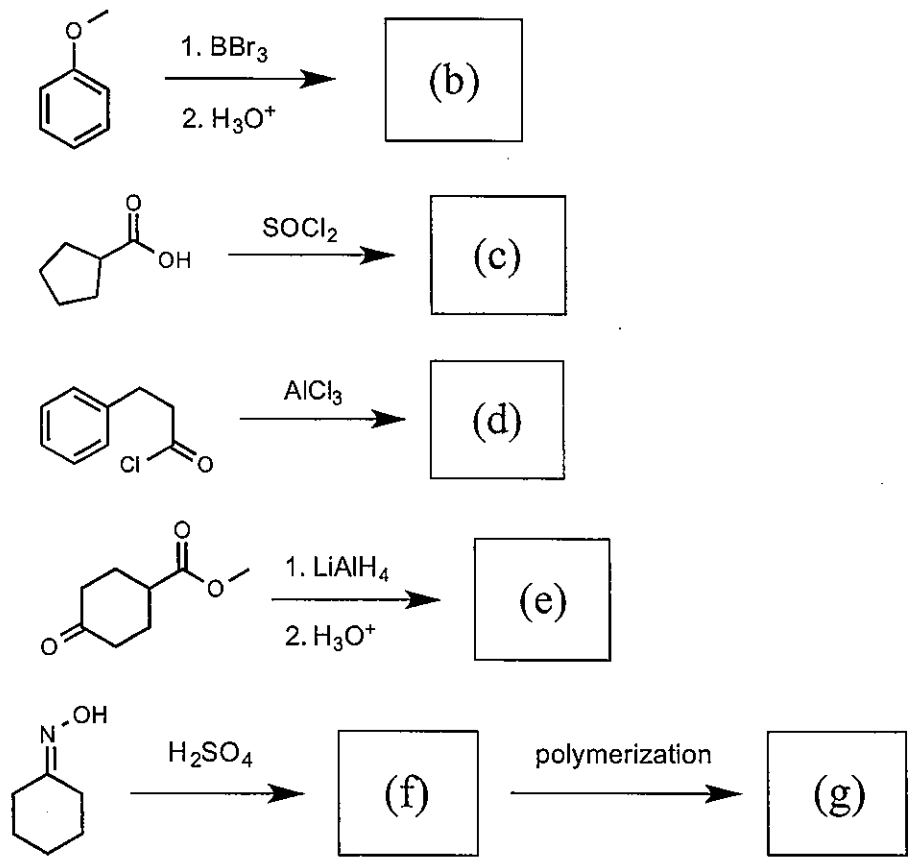


IV. 次の 3 つの分子を芳香族求電子置換反応における反応性が高い順に並べよ。また, その理由を述べよ。

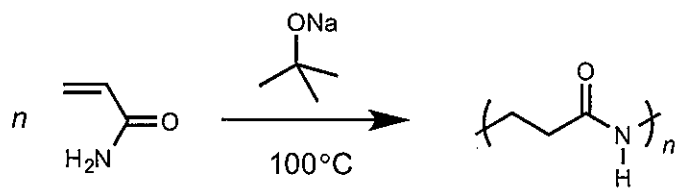


V. 以下の反応における主生成物(a)~(g)の構造式を描け。





VI. アクリルアミドをナトリウム *tert*-ブトキシド存在下 100 °C で重合したところ、ポリ( $\beta$ -アラニン)が得られた。反応機構を示せ。



草 稿 用 白 紙



草 稿 用 白 紙