

令和3年7月14日実施

令和4年度専攻科入学者選抜学力検査問題

【専門科目】無機・分析化学

(配点)

1	50点
2	50点

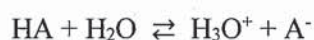
(注 意)

- 1 問題用紙は指示があるまで開かないこと。
- 2 問題用紙は1ページから2ページまで、解答用紙は2枚である。
検査開始の合図のあとで確かめること。
- 3 答えは、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 解答用紙の総得点欄および得点欄には記入しないこと。
- 5 計算用紙は本冊子から切り離さないこと。

1 イオン結晶である酸化マグネシウム (MgO) 結晶について以下の問いに答えなさい。

- (1) MgO 結晶の単位格子は面心立方格子であり、塩化ナトリウム (NaCl) 結晶と同じ構造をとる。このとき MgO 結晶の単位格子分の構造を図示しなさい。ただし、単位格子の中心イオンを Mg^{2+} イオンとし、 Mg^{2+} イオンと O^{2-} イオンの違いを明確に示すこと。
- (2) 上記 MgO の単位格子中の Mg^{2+} イオンの数と O^{2-} イオンの数を答えなさい。
- (3) 上記 MgO の単位格子中の Mg^{2+} イオンの配位数を答えなさい。
- (4) 上記 MgO の密度が 3.59 g/cm^3 であるとする。このとき、MgO の単位格子の一辺の長さを求めなさい。ただし、Mg の原子量を 24.31、O の原子量を 16.00、アボガドロ数を 6.02×10^{23} とする (解答は nm を単位とし、小数第 3 位まで求めなさい)。

2 弱酸 HA の水溶液中での電離平衡は次のように表される。



これについて、以下の問いに答えなさい。

- (1) HA の初濃度を c 、解離度を α とする。電離平衡に達したときの HA、 H_3O^+ 、 A^- の濃度である $[HA]$ 、 $[H_3O^+]$ 、 $[A^-]$ を、 c と α を使って表しなさい。
- (2) HA の酸解離定数 K_a を、 c と α を使って表しなさい。
- (3) この水溶液の pH を、 pK_a と c を使って表しなさい。ただし、解離度 $\alpha \ll 1$ とする。

[計 算 用 紙]

令和3年7月14日実施

令和4年度専攻科入学者選抜学力検査問題

【専門科目】有機化学

(配点)

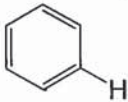
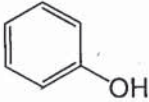
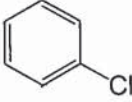
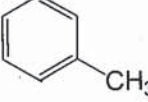
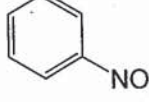
1	70 点
2	30 点

(注 意)

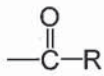
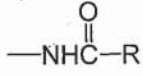
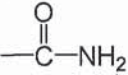
- 1 問題用紙は指示があるまで開かないこと。
- 2 問題用紙は1ページから4ページまで、解答用紙は2枚である。
検査開始の合図のあとで確かめること。
- 3 答えは、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 解答用紙の総得点欄および得点欄には記入しないこと。
- 5 計算用紙は本冊子から切り離さないこと。

1 置換反応に関する設問に答えなさい。ただし、Rはアルキル基とする。

(1) 次の化合物を、求電子置換反応でニトロ化する場合の反応速度が大きい順に並べ替え、その順番を a-e の記号で答えなさい。

a	b	c	d	e
				

(2) フェニル基に f-o の置換基が一つだけが結合した化合物が計 10 種類ある。各置換基が芳香環上の求電子置換反応を活性化する場合は「活性化」欄に「○」を付け、不活性化させる場合は「×」を付けなさい。また、芳香環上の求電子置換反応の配向性が「meta」の場合は「メタ」欄に○を付け、meta ではない場合は「×」を付けなさい。

f	g	h	i	j
	-OR		-F	-NR ₂
k	l	m	n	o
-I	-R	-CN	-OH	

(3) 求核置換反応の反応機構は、光学活性を持つ炭素原子への求核剤の攻撃が中心の炭素原子に結合していた原子団を反転させるものと反転させないものに大別できる。これら二つの内の反転させる反応機構では、どのようにして反転が生じるのか説明しなさい。「説明文:」と書かれた解答欄に反転を伴う反応機構の名称を書いた上で、どのようにして反転が生じるのか説明しなさい。また、反転する様子が分かる図も示しなさい。

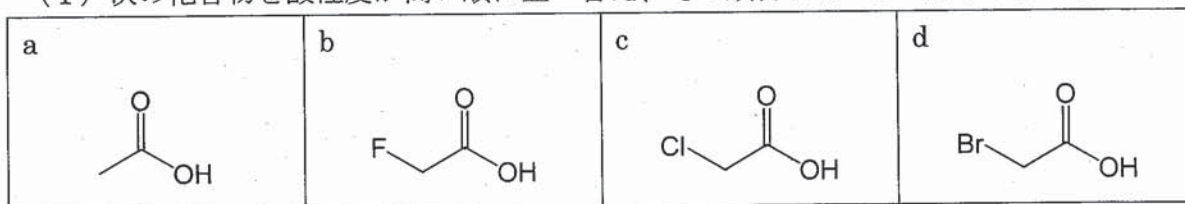
(4) 次の求核剤を求核力が強い順に並べ、その順番を p-s の記号で答えなさい。

p	q	r	s
R-O ⁻	F ⁻	R ₃ C ⁻	R ₂ N ⁻

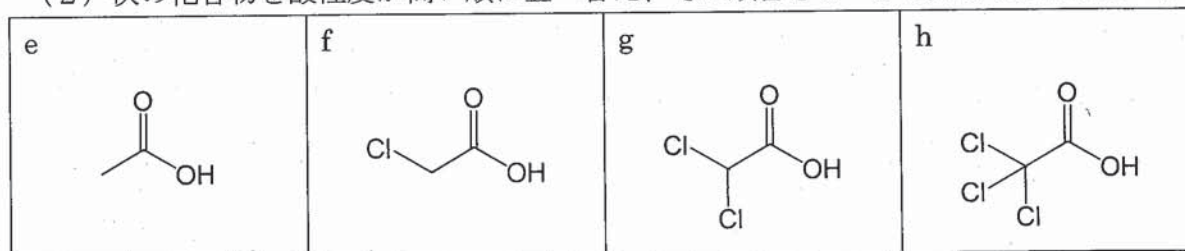
[計 算 用 紙]

2 有機物の酸性度や塩基性度に関する設問に答えなさい。

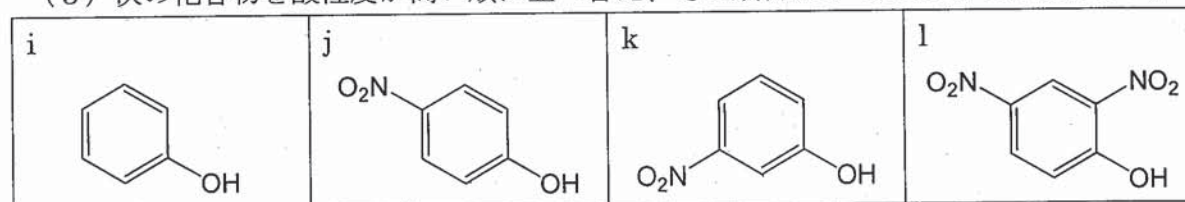
(1) 次の化合物を酸性度が高い順に並べ替え、その順番を a-d の記号で答えなさい。



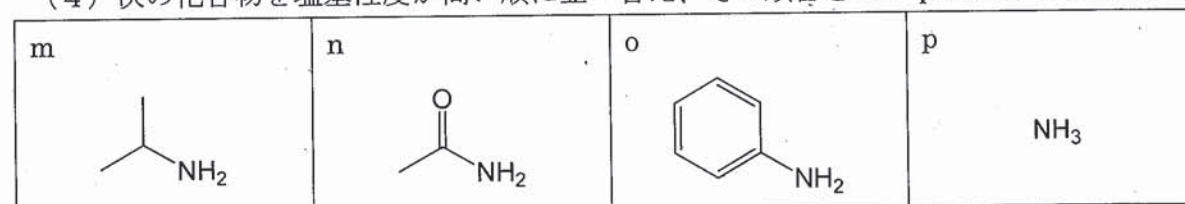
(2) 次の化合物を酸性度が高い順に並べ替え、その順番を e-h の記号で答えなさい。



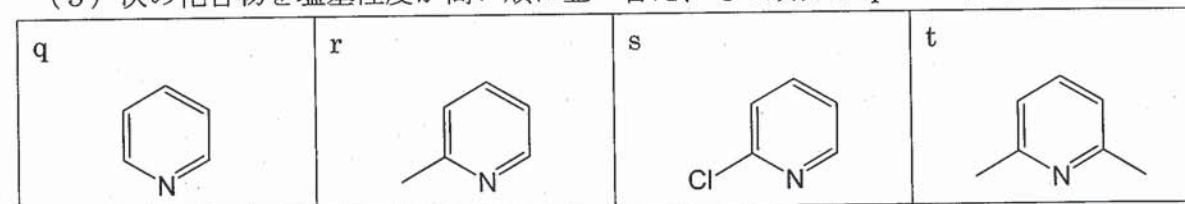
(3) 次の化合物を酸性度が高い順に並べ替え、その順番を i-l の記号で答えなさい。



(4) 次の化合物を塩基性度が高い順に並べ替え、その順番を m-p の記号で答えなさい。



(5) 次の化合物を塩基性度が高い順に並べ替え、その順番を q-t の記号で答えなさい。



[計 算 用 紙]

令和3年7月14日実施

令和4年度専攻科入学者選抜学力検査問題

【専門科目】物理化学

(配点)

1	60点
2	40点

(注 意)

- 1 問題用紙は指示があるまで開かないこと。
- 2 問題用紙は1ページから4ページまで、解答用紙は2枚である。
検査開始の合図のあとで確かめること。
- 3 答えは、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 解答用紙の総得点欄および得点欄には記入しないこと。
- 5 計算用紙は本冊子から切り離さないこと。

1 エントロピー S の定義は次式で与えられる。

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

ここで、 T は温度、 dQ は熱量の微小変化量を表す。この定義を参考に、エントロピーについて以下の問題に答えなさい。必要な場合は、温度を T 、圧力を P 、体積を V 、物質量を n 、気体定数を R ($= 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)、定圧モル熱容量を $C_{p,m}$ として解答すること。解答用紙には解答のみ記入すること。

(1) 等温条件下、 n [mol] の理想気体の体積変化にともなうエントロピー変化 ΔS の式を示しなさい。ただし、変化前の体積を V_1 、変化後の体積を V_2 とする。また、等温条件下で理想気体の体積変化にともなう内部エネルギー変化は 0 であることが知られている。積分した後の式で解答すること、つまり解答には積分記号 (\int) を付けたままにしないこと。

(2) 定圧条件下、 n [mol] の理想気体の温度変化にともなうエントロピー変化 ΔS の式を示しなさい。ただし、変化前の温度を T_1 、変化後の温度を T_2 とする。また、次式で定義される定圧モル熱容量 $C_{p,m}$ は温度に依存しないとする。

$$\frac{dQ}{dT} = nC_{p,m}$$

積分した後の式で解答すること、つまり解答には積分記号 (\int) を付けたままにしないこと。

(3) 等温条件下、2.00 mol の理想気体の体積を初めの体積の $1/3$ まで圧縮した。このときのエントロピー変化 ΔS を求めなさい。有効数字 3 桁で解答すること。

(4) 水蒸気の分解反応 $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + (1/2)\text{O}_2(\text{g})$ について、標準状態、298.15 K におけるエントロピー変化 ΔS_{298}° を求めなさい。ただし、298.15 K における各成分の標準エントロピー S° は以下のとおりである。有効数字 3 桁で解答すること。

$$S^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = 188.7 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \quad S^\circ(\text{H}_2(\text{g})) = 130.6 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$S^\circ(\text{O}_2(\text{g})) = 205.0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

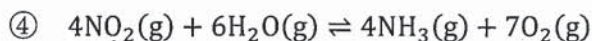
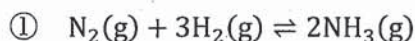
(5) 定圧条件下、400.15 K で、ある液体 1.00 mol が気体へ相転移するときのエントロピー変化 ΔS を求めなさい。有効数字 3 桁で解答すること。ただし、この液体のモル蒸発熱 ΔH は $5.00 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ とする。

[計 算 用 紙]

2 化学平衡について以下の問題に答えなさい。なお、問題中の T は温度、 R は気体定数 ($8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$) を表している。解答用紙には解答のみ記入すること。

(1) 平衡状態において圧力や温度などの条件を変化させた場合、変化させた条件の影響を和らげる方向に平衡が移動する。この原理名を答えなさい。

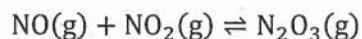
(2) 次に示す反応の中で、圧力を増加させた場合に生成物が増加する反応をすべて選びなさい。解答用紙には番号 (①~④) で解答すること。



(3) 反応の標準ギブスエネルギー変化 ΔG° と圧平衡定数 K_p の間には次の関係式が成り立つ。

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

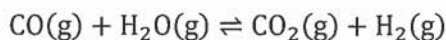
298.15 K において、以下の反応の標準ギブスエネルギー変化 ΔG° は $1.57 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ である。この反応の 298.15 K における圧平衡定数 K_p を求めなさい。有効数字 3 桁で解答すること。



(4) 平衡定数の温度依存性は次のファンツ・ホッフの式で与えられる。

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2}$$

以下の反応の 298.15 K における圧平衡定数 K_p は 1.02×10^5 である。また、この反応の標準エンタルピー変化 ΔH° は $-41.2 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ で温度に依存しないとする。この反応の 498.15 K における圧平衡定数 K_p を求めなさい。有効数字 3 桁で解答すること。



[計 算 用 紙]