

# 令和4年度創成科学研究科理工学専攻修士課程入学試験問題

## 化 学 (一般選抜) (自然科学コース)

### (注意事項)

1. 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題・解答用紙は、この表紙を除いて問題・解答用紙 9 枚である。
3. 解答は、指定された解答欄に書くこと。指定された解答欄以外に書いたものは採点しない。  
また、裏面に解答したものも採点しない。
4. 解答開始後、問題・解答用紙の所定欄に受験番号をはっきりと記入すること。
5. 問題は、必須問題の基礎化学6問、選択問題の専門科目3問の合計9問からなる。  
①基礎化学6問(その1~その6)は、全問必ず解答すること。  
②専門科目(その7~その9)については、第1希望の研究分野の問題を1問選択し、その問題の選択欄(□)に○を記入した後解答せよ。2問以上を解答した場合、専門科目の解答は全て無効とする。
6. 試験で使用する電卓は、貸し出す。
7. 貸し出した電卓の電源を「ON」にしたあと、次の計算を実行して操作を確かめてください。  
この計算は、試験の評価に含まない。

計算式	電卓入力手順	計算結果
$\text{Log } 10 = 1$	: [log]+[10]+[=]	表示 1
$\ln 10 = 2.303$	: [ln] +[10]+[=]	表示 2.30258...
$10 \text{ の } 0.5 \text{ 乗} = 3.162$	: [shift]+[log]+[0.5]+[=]	表示 3.16227...
$e \text{ の } 0.5 \text{ 乗} = 1.649$	: [shift]+[ln] +[0.5]+[=]	表示 1.64872...
8. 試験終了後、配布した用紙、電卓などすべて回収する。

受験番号	
------	--

## 化 学 その1

基礎化学（基礎事項）

第1問 次の〔1〕と〔2〕に答えよ。

〔1〕 分子間力における「双極子-双極子相互作用」が生じるメカニズムを分子構造から概説せよ。

解答欄

〔2〕 金属錯体  $[\text{Co}(\text{acac})_3]$  の錯体の構造を示し、配位結合について説明せよ。

解答欄

小計

点

受験番号	
------	--

## 化 学 その2

基礎化学（無機・分析化学）

第2問 難溶性塩である硫酸バリウムの溶解度積  $K_{sp}=1.0 \times 10^{-10}$  である。実験として、水 100 mL に固体の硫酸バリウムを適量入れ溶解平衡に到達したあと、 $Ba^{2+}$ 濃度が 0.01M 過剰になるよう塩化バリウムを添加した。このとき新たに硫酸バリウムが生成する。次の〔1〕と〔2〕に答えよ。

〔1〕 溶解平衡に達した時の溶液中の各成分濃度を求めよ。

解答欄(解法の過程も示すこと)

〔2〕 新たに生成した硫酸バリウムの理論的な重量を求めよ。この現象を表す適切な効果の名称を示せ。

解答欄(解法の過程も示すこと)

名称：

小計	
----	--

点	
---	--

受験番号	
------	--

## 化 学 その3

基礎化学（物理化学）

第3問 理想気体の状態方程式は、分子運動論から理論的に導くことができる。

状態方程式  $PV=nRT$

ここで、圧力を  $P$ 、体積を  $V$ 、気体分子のモル数  $n$ 、気体定数を  $R$ 、絶対温度を  $T$  とする。気体分子を質量  $m$  と速度  $U$  で運動する質点と仮定する。絶対温度  $T$  において気体が、一辺の長さ  $L$  の立方体（体積  $V$ ）に閉じ込められている。速度  $U$  は空間のベクトルであり、その成分を  $U_x, U_y, U_z$  とする。この気体中の分子数  $N_0$ 、アボガドロ数  $N_A$ 、ボルツマン定数を  $k$  として、状態方程式を理論的に導くことができる。このことに関して解答欄中の①～⑩のそれぞれに答えつつ分子運動論から理論的に導け。

解答欄

- ①  $x$  軸方向の1回の衝突による分子の運動量の変化を示せ
- ② 1個の気体分子が、 $x$  軸方向において1秒間に容器の片面に衝突する回数を示せ
- ③ 1分子が1秒間に容器壁の1面を押す力を示せ
- ④ 1分子が容器壁に対して持っている圧力  $p$ （単位面積あたりの押す力）を示せ
- ⑤  $N_0$ 個の分子集団が持つ平均の圧力  $P$  を示せ
- ⑥ 一分子の平均速度  $U$  の成分  $U_x, U_y, U_z$  の関係式を示せ
- ⑦ 気体分子の平均速度  $U$  を  $U_x, U_y, U_z$  で示せ
- ⑧ 平均速度  $U$  の大きさを  $U_x, U_y, U_z$  を用いて示せ
- ⑨  $N_0$ 個の分子集団が示す圧力  $P$  を分子の運動エネルギーが見えるように変形せよ
- ⑩ 気体分子の1分子と1モル( $n=1$ )の平均運動エネルギー  $\bar{E}_k$  と  $E_k$  を示せ  
 $\bar{E}_k =$  ;  $E_k =$
- ⑪ 状態方程式の左辺  $PV$  が、分子の平均運動エネルギーで表されることを示せ

小計	
----	--

	点
--	---

受験番号	
------	--

## 化 学 その4

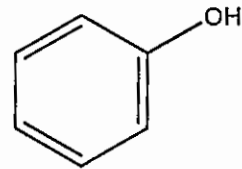
基礎化学（有機化学）

第4問 次の〔1〕と〔2〕に答えよ。

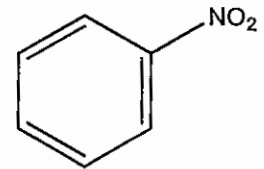
〔1〕次の Fischer 投影図で描いたものを，くさび型表記法で示せ。

	解答欄
--	-----

〔2〕フェノールは主としてオルト-パラ位に求電子置換を受けるのに対して，ニトロベンゼンは主にメタ位に置換を受ける。この結果を説明せよ。



フェノール



ニトロベンゼン

解答欄	
-----	--

小計		点
----	--	---

受験番号	
------	--

## 化 学 その5

基礎化学（機器分析：無機分析）

第5問 次の〔1〕と〔2〕に答えよ。

〔1〕 ガラス電極を含む pH 複合電極とデータ処理部からなる pH メーターがある。次の①～③に答えよ。

① pH 複合電極には、ガラス電極の他にある電極とセンサーが内蔵されている。名称を答えよ。

解答欄	電極名： _____ 電極	センサー名： _____ センサー
-----	---------------	-------------------

② これを用いて pH を測定するときの留意点を重要なもの 3 つ示せ。

解答欄	1.  2.  3.
-----	------------------------

③ ガラス電極の構造と水素イオン感応性の仕組みを示せ。

解答欄	
-----	--

〔2〕 吸光光度法で定量実験を実施した。ブランク測定の標準偏差  $\sigma$  は 0.003 abs であった。検量線の傾斜としての感度は、3.6 ppm/abs であった。検出限界と定量限界を求めよ。単位 ppm は、mg/L である。

解答欄	
検出限界	定量限界

小計	点
----	---

受験番号	
------	--

## 化学 その6

基礎化学（機器分析：有機化学）

第6問 金属元素を含まない化合物を同定するため以下の実験を行なった。次の〔1〕と〔2〕に答えよ。

実験:重クロロホルム中で測定した<sup>1</sup>H-NMRスペクトルでは $\delta = 1.29$  ppmに多重度1のピークのみ現れた。また、一般的な炭素・水素・窒素を対象とした元素分析を行なうと炭素 73.78 %, 水素 13.93 %, 窒素 0.00 %であったので、構成する炭素：水素：窒素の比は4：9：0であると推定した。

- 〔1〕 「<sup>1</sup>H-NMRスペクトル」「炭素：水素：窒素の比は4：9：0」という2つの情報から、考えられる金属元素を含まない未知有機化合物の候補構造式を複数挙げよ。また、元素分析の結果を考慮し最も可能性のある化合物の構造式を一つ挙げよ。

解答欄

候補化合物：	最も可能性のある化合物：

- 〔2〕 比較すべき標準試料を持っていない状態で、最終的に〔1〕で推定した構造を確定するために次の機器分析法から1つを選択し、どのような結果が得られれば「未知化合物 = 最も可能性のある化合物」とであると特定できるか？具体的に説明せよ。

【質量分析・赤外分光分析・HPLC・蛍光X線分析・走査型電子顕微鏡】

解答欄

機器分析法：
結果から特定できる根拠：

小計	
----	--

	点
--	---

受験番号	
------	--

選択欄

### 化学 その7

専門科目（無機・分析化学）

第7問 次の〔1〕と〔2〕に答えよ。

〔1〕水溶液中で金属イオンに水和する水分子は、金属イオンに直接結合を持つ「第一水和圏」と直接結合は持たず、静電引力に引き寄せられた「第二水和圏」にそれぞれ存在する。「第一水和圏」と「第二水和圏」の大きさについて金属イオンの「電荷」と「イオン半径」との関係の説明せよ。

解答欄

〔2〕シュウ酸カルシウムの溶解度へのNaClの影響をもとに「塩効果」について活量係数から説明せよ。

[NaCl]	mol/L	0.00	0.01	0.60
[CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O]	mmol/L	0.055	0.091	0.26

解答欄

小計	点
----	---



受験番号	
------	--

選択欄

## 化学 その8

専門科目 (物理化学)

第8問 次の [1] ~ [3] に答えよ。

[1] 完全気体が断熱可逆膨張し、膨張以外の仕事が無いときの仕事が  $C_v(T_f - T_i)$  であることを証明せよ。熱力学第一法則は証明せずとも利用してよい。 ( $dU$ : 内部エネルギー変化,  $w$ : 系にされた仕事,  $q$ : 熱として供給されたエネルギー,  $C_v$ : 定容熱容量,  $T_i$ : 初温度,  $T_f$ : 終温度)

解答欄

[2] HF の分子軌道と電子配置を図示し、分子軌道が形成される条件を説明せよ。

解答欄

分子軌道	条件

[3] シュレディンガー方程式の概要について説明せよ。

解答欄

小計	点
----	---

受験番号	
------	--

選択欄

## 化学 その9

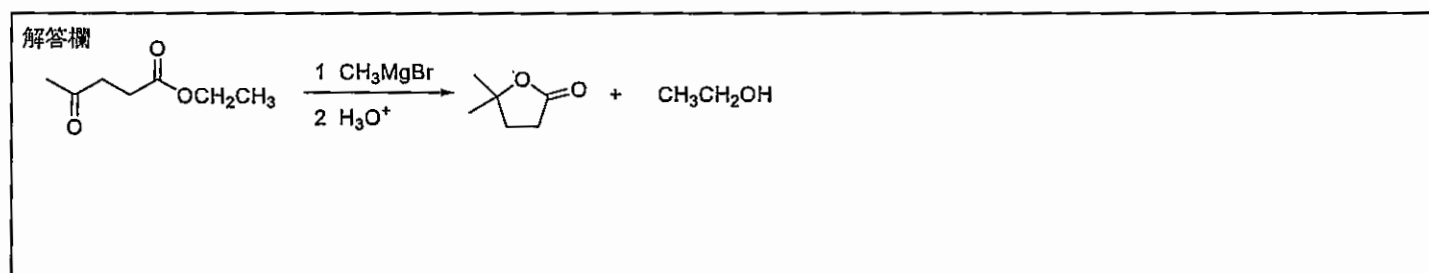
専門科目 (有機化学)

第9問 次の [1] ~ [5] に答えよ。

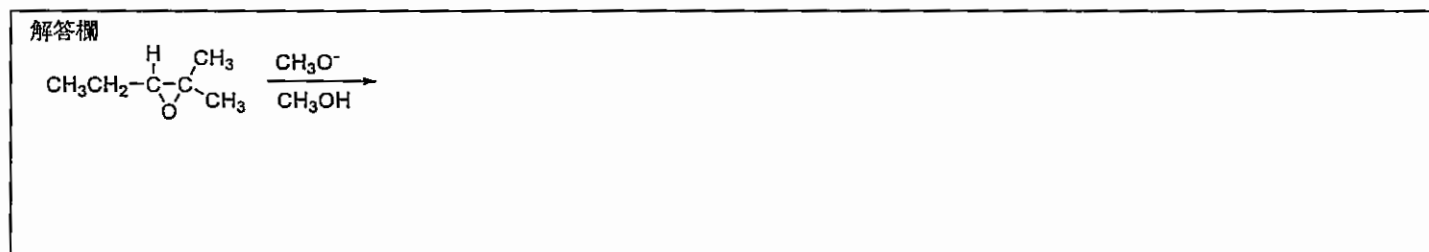
[1] 次の反応を、用いる試剤と電子の矢印等を用いて説明しなさい。



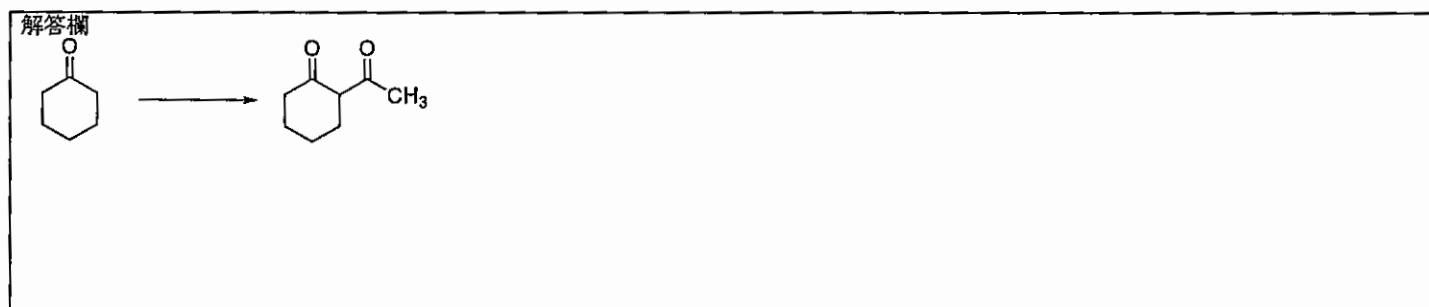
[2] 次の反応を、電子の矢印等を用いて説明しなさい。



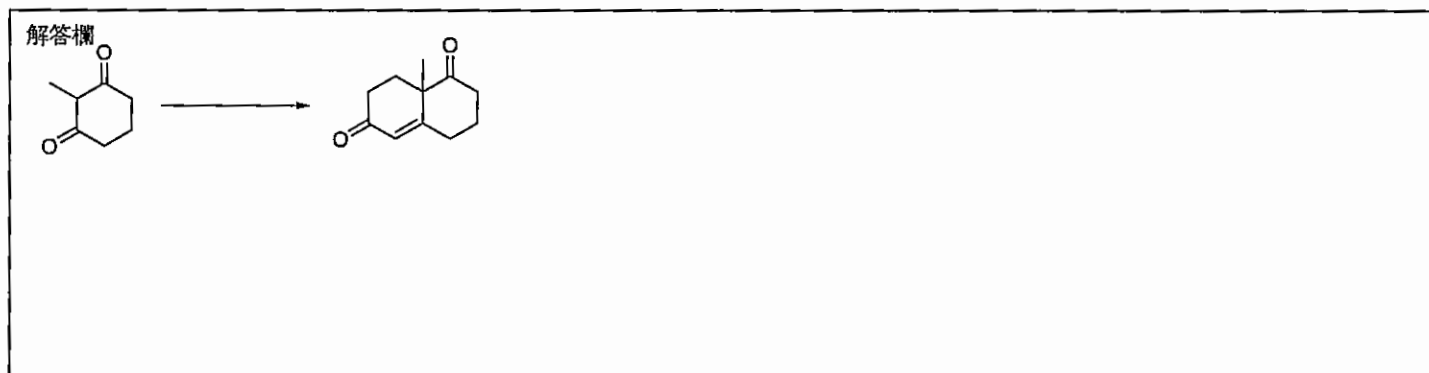
[3] 次の反応で起こる生成物を、電子の矢印等を用いて説明しなさい。



[4] 次の反応を、用いる試剤と電子の矢印等を用いて説明しなさい。



[5] 次の反応を、用いる試剤と電子の矢印等を用いて説明しなさい。



小計	点
----	---