

令和 7 年度入学試験（後期日程）

化 学

出題意図及び解答例

問題 1

出題意図

二酸化炭素を題材に状態図の見方や各状態における相の理解について基礎的知識を問うた。また、低温で固体状態を示す二酸化炭素を通して固体の結晶構造に関する知識を、身のまわりで広く利用されている無機物との反応性について平衡移動の観点から理解できるかの能力を問うた。

解答例

(1)	略					
(2)	ア	三重点	イ	5.268	ウ	臨界点
	エ	超臨界状態／流体	オ	昇華	カ	融解
(3)	$I_2, C_{10}H_8$					
(4)	4 個				1.7 g/cm^3	
(5)	$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$					
(6)	$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$					
(7)	化学反応式	$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$			沈殿物	$CaCO_3$
	沈殿物が生じる理由：略					

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 2

出題意図

希薄溶液の凝固点降下に関する基礎的な知識を問うた。

冷却曲線の図から凝固点降下の値や、温度変化の傾向の理由を説明できるかを問うた。

凝固点降下度の値から、溶質の分子量や酸の電離度を計算する能力を試した。

解答例

(1)	ア	凝固点降下	イ	物質質量（または個数）	ウ	モル凝固点降下
(2)	$\Delta T_{\text{f}} = K_{\text{f}} m$					
(3)	図：略			凝固点	$-2.3^{\circ}\text{C} \sim -2.0^{\circ}\text{C}$	
(4)	略					
(5)	導出過程：略			答：	$M = (K_{\text{f}} \times x) / (y \times \Delta T_{\text{f}})$	
(6)	計算過程：略			答：	3.4×10^2	
(7)	(a)	計算過程：略		答：	$2.0 \times 10^{-1} \text{ mol/kg}$	
	(b)	計算過程：略		答：	3×10^{-2}	
(8)	略					

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 3

出題意図

分子式が同一のアルコールおよびエーテルを題材として，それらの構造と化学的性質の関係について問うた。また，実験結果から分子式を決定する方法についての問題を課することで，その方法を正確に理解できているかを問うた。なお，本問題は広島大学の 2014 年前期・化学の間 3 を題材とし，一部改変したものである。

解答例

(1)	a)	ア：ソーダ石灰 イ：塩化カルシウム		
	b)	イ		
	c)	略		
(2)	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$			
(3)	②： H_2 ③： CO_2			
(4)	B： $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$		F： $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$	
(5)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{CH}_3 \end{array}$	
(6)	C			
(7)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$			
(8)	C			

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 4

出題意図

代表的な機能性高分子であるイオン交換樹脂について，構造や性質について基礎的な知識を問うた。また，イオン交換反応に関連した計算を取り上げ，計算力を問うた。

解答例

(1)	ア	スルホン	イ	水素イオン，H ⁺	ウ	陽イオン
	エ	ナトリウムイオン，Na ⁺	オ	水酸化物イオン，OH ⁻	カ	陰イオン
	キ	塩化物イオン，Cl ⁻				
(2)	①	CH ₂ =CH- 	②	CH ₂ =CH-  -CH=CH ₂	③	-SO ₃ H
(3)	計算過程：略 答 9.1 個					
(4)	計算過程：略 答 0.15 mol/L					
(5)	C					
(6)	略					

※記述問題の正答例は開示していません。

問題訂正紙

「化学」

注意事項

1. 試験監督の合図があるまで、この紙を裏返してはいけません。
「解答はじめ」の指示の後に、裏返して内容を確認しなさい。
2. 試験終了後、この紙は持ち帰りなさい。

【問題冊子】

●問題訂正

4ページ ① 問題文 4行目

（誤）最低でも（イ） $\times 10^5$ Pa の圧力が必要である。

（正）最低でも（イ） $\times 10^5$ Pa より高い圧力が必要である。

5ページ ① 設問（3）1行目

（誤）ドライアイスと同じ種類の結合で結晶を形成している物質

（正）ドライアイスと同じ種類の結晶に分類される物質

7ページ ② 設問（6）1行目

（誤）凝固点は、 $-0.270\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。

（正）凝固点は、 1.013×10^5 Pa のもとで $-0.270\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。

7ページ ② 設問（7）1行目

（誤）凝固点は、 $-0.380\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。

（正）凝固点は、 1.013×10^5 Pa のもとで $-0.380\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。

8ページ ③ 実験結果（ii）1行目

（誤）化合物A～Gに金属ナトリウムを加えると、

（正）化合物A～Gにナトリウムを加えると、

10ページ ④ 問題文 7行目

（誤）この基の電離により（イ）を生じる。

（正）この樹脂を水に入れると、この基の電離により（イ）を生じる。

令和 7 年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入しなさい。また、解答用紙は問題ごとに別になっているので、注意すること。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて 12 ページあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

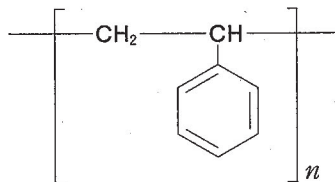
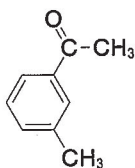
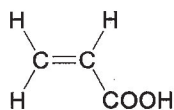
問題の解答に必要ならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 $H: 1.0$ $C: 12.0$ $O: 16.0$

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示しなさい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。

物質の状態は、温度と圧力によって決まる。温度と圧力が定まると、その物質がどの状態をとるかが決まる。横軸を温度、縦軸を圧力とする二酸化炭素の状態図を図1に示す。状態図中の固体と液体の境界線では、固体と液体が共存する。固体、液体、気体の3つの状態が共存している点を(ア)と呼ぶ。二酸化炭素が液体で安定に存在するためには、最低でも(イ) $\times 10^5$ Paの圧力が必要である。また、温度31℃、圧力 7.395×10^6 Paの点を(ウ)と呼び、これよりも温度と圧力が高い状態では気体とも液体とも区別のつかない(エ)となる。(エ)は工業的に広く利用されている。例えば、温度や圧力を調整した(エ)の二酸化炭素はカフェインをよく溶かすため、コーヒー豆からカフェインを効率よく抽出することができる。圧力 1.013×10^5 Paのもとで、ドライアイス(固体の二酸化炭素)は -78.5°C で(オ)し、気体へと変化する。圧力を(イ) $\times 10^5$ Paよりも高くして加熱していくと、ドライアイスは(カ)して液体となり、さらに蒸発して気体へと変化する。

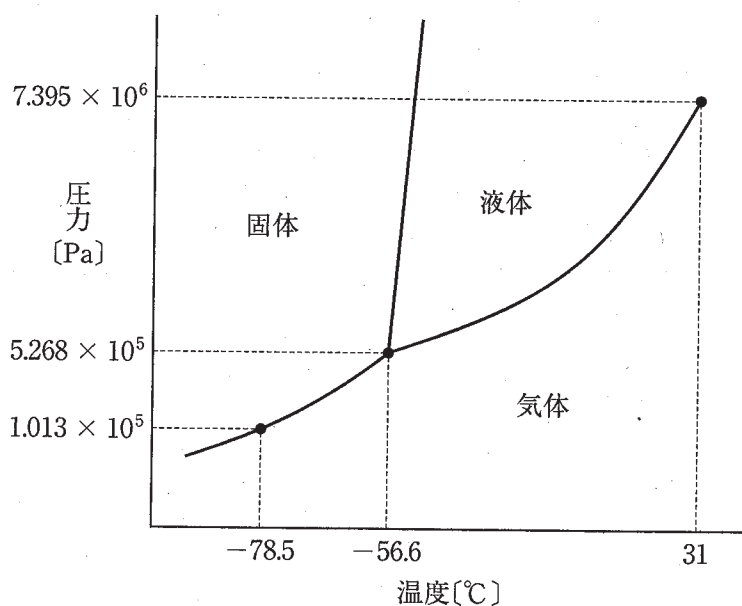


図1 二酸化炭素の状態図

二酸化炭素は大気中に約0.04%含まれる無色・無臭の気体であり、①実験室では石灰石(主成分 CaCO_3)に塩酸を加えることで得られる。二酸化炭素は、②水に少し溶け、わずかに電離する。そのため、その水溶液は弱い酸性を示す。上方を閉じていない試験管内にある石灰水に二酸化炭素を通じると、炭酸カルシウムの白色沈殿が生じる。③さらに、二酸化炭素を通じ続けると、その沈殿は消失する。

- (1) 図1における気体と液体の境界線では、二酸化炭素は気液平衡にある。気液平衡とはどのような状態であるかを、次の3つの語句を用いて80字以内で説明せよ。【密閉容器・蒸発・凝縮】
- (2) 空欄(ア)～(カ)にあてはまる適切な語句および数値を記入せよ。
- (3) ドライアイスと同じ種類の結合で結晶を形成している物質を次の中から全て選択し、化学式で答えよ。

ヨウ素、黒鉛、ナフタレン、炭酸カルシウム、フッ化カルシウム

ダイヤモンド、二酸化ケイ素、塩化ナトリウム

- (4) 図2は、ドライアイス(固体の二酸化炭素)の結晶構造であり、その単位格子を示したものである。その1辺の長さは $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であり、これは面心立方格子の結晶構造をとる。この単位格子に含まれる二酸化炭素の分子数はいくつか答えよ。また、この結晶の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を有効数字2桁の数値で示せ。

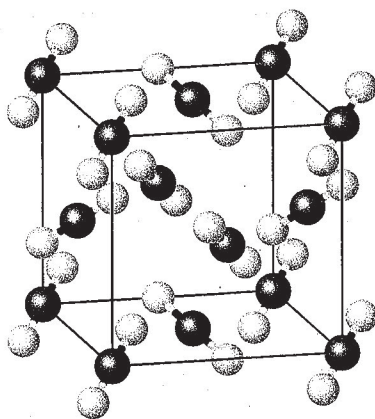


図2 ドライアイスの単位格子

- (5) 下線部①の反応を化学反応式で示せ。
- (6) 下線部②の現象について、その化学平衡の式を示せ。
- (7) 下線部③の反応を化学反応式で示せ。また、この水溶液を加熱した場合、沈殿物が生じる。その沈殿物の化学式を答え、沈殿物が生じる原因をルシャトリエの原理(平衡移動の原理)に基づいて80字以内で説明せよ。

2 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えよ。

我々にとって最も身近な溶媒である水の凝固点は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで 0°C であるため、冬季には凍結することもある。この対策として自動車のラジエーター液(冷却液)やウィンドウォッシャー液には、水にエチレングリコールやエタノールなどを溶かした水溶液を用いている。これらの水溶液は、水の凝固点になっても凝固しない。すなわち、溶液の凝固点は純溶媒より低くなる。この現象を(ア)という。①純溶媒の凝固点と希薄溶液の凝固点の差は、溶質の種類に無関係で、一定質量の溶媒に溶けている溶質粒子の(イ)だけに比例する。溶液の濃度が 1 mol/kg のときの(ア)の大きさを(ウ)という。(ウ)は溶媒に固有の値である。この現象は、②未知の物質の分子量を求めることや、上述のように③日常生活において利用されている。

- (1) 空欄(ア)～(ウ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、純溶媒の凝固点と希薄溶液の凝固点の差を $\Delta T_f[\text{K}]$ 、(ウ)を $K_f[\text{K}\cdot\text{kg/mol}]$ 、溶液の質量モル濃度を $m[\text{mol/kg}]$ とした場合に、これらの関係を式で示せ。
- (3) 図3は、ある溶液の冷却曲線を示している。以下の問いに答えよ。
 - (a) 凝固点を求めるために必要な線を図中に記入せよ。
 - (b) 凝固点を有効数字2桁の数値で答えよ。

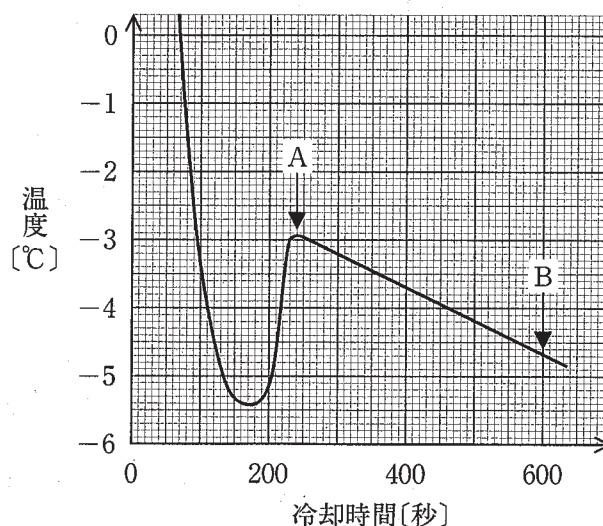


図3 溶液の冷却曲線

- (4) 図3において、点Aから点Bで温度が下がり続けている理由を40字以内で説明せよ。
- (5) 下線部②について、非電解質 x [g] が溶媒 y [kg] に溶けている場合、非電解質の分子量 M を求める式を導出せよ。式の導出過程も示せ。設問(2)で使用した ΔT_f , K_f を使ってもかまわない。
- (6) ある不揮発性の非電解質 10.0 g を水 200 g に溶かした水溶液の凝固点は、 -0.270°C であった。非電解質の分子量を有効数字2桁の数値で求めよ。ただし、この水溶液は希薄溶液とみなしてよく、水の K_f を $1.85\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。計算過程も示せ。
- (7) 酢酸 2.40 g を水 200 g に溶かした水溶液の凝固点は、 -0.380°C であった。以下の問いに答えよ。ただし、この酢酸水溶液は希薄溶液とみなしてよく、酢酸の揮発は無視できるものとする。また酢酸水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とし、水の K_f を $1.85\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。計算過程も示せ。
- (a) この酢酸水溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] を有効数字2桁の数値で求めよ。
- (b) この酢酸水溶液中での酢酸の電離度 α を有効数字1桁の数値で求めよ。
- (8) 下線部③について、冬季には道路の凍結防止剤として塩化カルシウムなどがよく利用されている。同じ物質量の塩化カルシウムまたは塩化ナトリウムを散布した場合、効果が大きいのはどちらか、化学的な観点から40字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えよ。

化合物 A ～ G は、炭素、水素、酸素のみから構成される有機化合物であり、分子量が 100 以下で同一の分子式をもつ。以下の(i)～(viii)は、化合物 A ～ G に関連する実験結果である。

実験結果：

- (i) 化合物 A ～ G をそれぞれ 14.8 mg はかりとり、完全に燃焼させたところ、いずれの化合物でも ① 二酸化炭素 35.2 mg と水 18.0 mg が生成した。
- (ii) 化合物 A ～ G に金属ナトリウムを加えると、化合物 A ～ D では ② 気体が発生したが、化合物 E ～ G では気体が発生しなかった。
- (iii) 化合物 A ～ D を二クロム酸カリウムの硫酸酸性溶液でおだやかに酸化すると、化合物 A ～ C からは中性の有機化合物が得られた。一方、化合物 D はこの条件で酸化されなかった。
- (iv) 化合物 A と化合物 B を二クロム酸カリウムの硫酸酸性溶液で十分に酸化すると、酸性を示す有機化合物が得られた。得られた化合物を炭酸水素ナトリウムと反応させると ③ 気体が発生した。
- (v) 化合物 B と化合物 D に濃硫酸を加えて加熱すると、分子内脱水により同一の不飽和炭化水素が得られた。
- (vi) 化合物 C に濃硫酸を加えて加熱すると、分子内脱水により ④ 不飽和炭化水素の異性体が三種類得られた。
- (vii) 化合物 E は炭素骨格に枝分かれをもっていることがわかった。
- (viii) 化合物 G は、ある一種類のアルコールを分子間脱水することで得られた。

(1) 以下の(a)～(c)に答えよ。

- (a) 下線部①で燃焼の生成物の質量を求める際、二酸化炭素の吸収剤として(ア)が、水の吸収剤として(イ)が用いられる。空欄(ア)と(イ)にあてはまる適切な語句を記せ。
 - (b) 燃焼の生成物を吸収させる実験で、上記(a)のアとイのどちらに先に通じるのが適切か。アまたはイの記号で答えよ。
 - (c) 上記(b)で順序を逆にすると燃焼の生成物の質量が正確に得られない。その理由を 20 字以内で記せ。
- (2) 化合物 A ～ G に共通の分子式を記せ。
- (3) 下線部②および下線部③で発生した気体の分子式をそれぞれ記せ。
- (4) 化合物 B および化合物 F の構造式をそれぞれ記せ。

- (5) 下線部④で得られた三種類の異性体の構造式をすべて記せ。
- (6) 化合物 A ～ G のうち、不斉炭素原子を有するものの記号をすべて答えよ。不斉炭素原子を有する化合物がない場合は「なし」と記入すること。
- (7) 化合物 A ～ G のうち、最も沸点が高いものはどれか。その化合物の構造式を記せ。
- (8) 化合物 A ～ G のうち、水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めると黄色沈殿を生じるものの記号をすべて答えよ。この反応を起こす化合物がない場合は「なし」と記入すること。

4 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

高分子化合物は、構造材料として用いられるだけでなく、さらに官能基を付け加えることで特殊な機能をもたせて、機能性高分子としても利用されている。

溶液中のイオンを別のイオンと交換するはたらきをもつイオン交換樹脂は、代表的な機能性高分子である。① スチレンに少量の ② *p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると、ポリスチレン鎖が *p*-ジビニルベンゼンによって架橋され、三次元網目構造をもつポリスチレンができる。

架橋構造をもつポリスチレン(以降、架橋ポリスチレンとよぶ)を濃硫酸で(ア)化すると、ベンゼン環の水素原子が ③ スルホ基で置換される。この基の電離により(イ)を生じる。このような酸性の官能基を多く含む樹脂を(ウ)交換樹脂という。この樹脂に塩化ナトリウム水溶液を入れると、④ (エ)が(イ)と交換される。

一方、架橋ポリスチレンに $-\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ などの塩基性の官能基を導入した樹脂では、これらの基の電離により(オ)を生じる。このような塩基性の官能基を多く含む樹脂を(カ)交換樹脂という。この樹脂に塩化ナトリウム水溶液を入れると、⑤ (キ)が(オ)と交換される。

粒状の(ウ)交換樹脂と(カ)交換樹脂をそれぞれ円筒容器(カラム)に詰め、電解質水溶液を両カラムに順次通すと、⑥ 純水(脱イオン水)が得られる。研究用や工業用の純水として使われる。

- (1) 空欄(ア)～(キ)にあてはまる最も適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①、②の化合物の構造式、および下線部③の官能基の化学式を示せ。
- (3) スチレン 10.4 g と *p*-ジビニルベンゼン 1.3 g を全て共重合させた架橋ポリスチレン中のベンゼン環 100 個に対する架橋の数を計算せよ。計算過程も示し、有効数字 2 桁の数値で答えよ。
- (4) (3)で得られた架橋ポリスチレンのスチレン部分の 90 % に対して、そのベンゼン環上の水素原子 1 個をスルホ基で置換してイオン交換樹脂を合成した。このイオン交換樹脂を詰めたカラムに、濃度不明の硫酸ナトリウム水溶液 10 mL を通した。得られた流出液を過不足なく中和するのに、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 30 mL を要した。カラムに通した硫酸ナトリウム水溶液の濃度 [mol/L] を求めよ。計算過程も示し、有効数字 2 桁の数値で答えよ。なお、通じた水溶液は全量回収できたとする。

- (5) 下線部④, ⑤の交換反応後の樹脂をもとの状態に再生する操作として, 次の文章の空欄(a), (b)にあてはまる最も適切な語句の組み合わせを下表の A ~ D から選んで答えよ。

「④の再生は多量の薄い(a)の水溶液を通し, ⑤の再生は多量の薄い(b)の水溶液を通す。」

	(a)	(b)
A	弱酸	弱塩基
B	弱塩基	弱酸
C	強酸	強塩基
D	強塩基	強酸

- (6) 下線部⑥の理由を 90 字以内で説明せよ。