

令和4年度入学試験問題（後期日程）

化学

出題意図及び正答例

問題 1

出題意図

物質の溶解や溶液に関する基礎的知識をはじめとして、温度による溶解度の違いを利用して物質を精製する再結晶等に関する理解度を問うた。また、溶解熱や中和熱を題材にした計算問題により反応熱に関する理解度を問うた。

正答例

(1)	ア	イ		ウ	エ
	オ	カ		キ	
	溶解	溶質		溶媒	電離
	水和	水素		無極性溶媒 (有機溶媒)	
(2)	略				
(3)	(a)	計算過程：略			
		答： <u>144 kJ</u> (-144 kJ も可)			
	(b)	$3.38 \times 10^3 \text{ g}$	(c)	物質名 硝酸カリウム	操作名 再結晶
				$2.75 \times 10^3 \text{ g}$	
(4)	(a)	計算過程：略		答： <u>17.6 kJ</u> (18 kJ も正解とする)	(b) 中和熱
	(c)	ヘスの法則（総熱量 保存の法則，総熱量 不変の法則も可）	(d)	NaOH (固) + HCl aq = NaCl aq + H ₂ O (液) + Q [kJ] 等	
	(e)	計算過程：略			
				答： <u>102 kJ</u> (101 kJ も可)	

※作図問題の正答例は開示していません。

※計算問題については、計算過程が妥当であり、正しく計算されていれば、計算で生じる誤差に配慮する。

問題 2

出題意図

無機物質の分野からマンガンを題材に取り上げ、酸化数の異なる種々のマンガン化合物について総合的に問うた。化学反応の速さと平衡の分野からは、酸化マンガンに触媒とした過酸化水素の分解反応について、また物質の変化の分野からは、マンガン乾電池および過マンガン酸カリウムによる酸化反応について問うた。

正答例

(1)	(a) +2	(b) +7	
(2)	正極活物質：(ア)	負極活物質：(ウ)	電解質：(エ)
(3)	(a) $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$		
	(b) $1.7 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$		
	(c) 計算過程：略	答： $k = 2.3 \times 10^{-2} / \text{s}$	
(4)	略		
(5)	(a) $2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$		
	(b) $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$		
	(c) 計算過程：略	答 $4.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$	
	(d) $2.6 \times 10^{-5} \text{ mol}$		


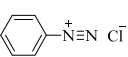
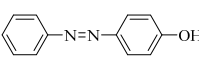
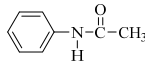
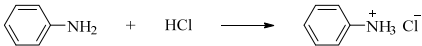
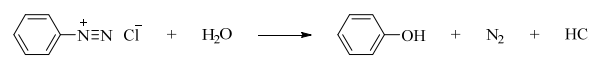
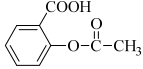
※記述問題の正答例は開示していません。

問題 3

出題意図

アミノ基をもつ炭化水素であるアミンとアニリンを中心に、有機化合物の構造と合成法に関する基本的な知識を正しく習得できているかを問うた。また、有機化合物の性質を構造式や化学反応式を用いて説明する力を試した。

正答例

(1)	ア ウェーラー	イ 尿素	ウ アミノ	
	エ アミノ酸 (α -アミノ酸も可)	オ フェニル	カ 混酸 (濃硝酸と濃硫酸の混合物も可)	
(2)	A $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	B $\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	C $\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	
	D 	E 	F 	G 
(3)	(a)	不斉炭素原子 (不斉炭素も可)		
	(b)	鏡像異性体 (光学異性体, エナンチオマーも可)		
(4)	pH 1.0 $\begin{array}{c} \text{NH}_3^+ \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	pH 6.0 $\begin{array}{c} \text{NH}_3^+ \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{H} \end{array}$	pH 11.0 $\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{H} \end{array}$	
(5)	略			
(6)	(a)			
	(b)			
(7)	(a)	名称 アセチルサリチル酸	構造式 	
	(b)	略		

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 4

出題意図

生命体を構成する高分子化合物の構造と化学反応に関する知識，理解度と計算力を問うた。具体的には，DNA 上の遺伝情報に基づいて RNA やタンパク質が合成される過程やこれらの化合物の構成単位，タンパク質/酵素の特性，多糖の呈色反応と加水分解，多糖から半合成高分子化合物への変換に関する知識，理解度，化学量論的に計算する力を試した。

正答例

設問(1)のウとエの解答は逆でも可

(1)	ア 転写	イ 伝令 RNA (mRNA)	ウ リボソーム RNA (rRNA)	エ 転移 RNA (運搬 RNA, tRNA)
	オ 翻訳	カ ヌクレオチド	キ アミノ酸 (α -アミノ酸)	
(2)	略			
(3)	現象名：変性 (失活)	変化： 略		
(4)	基質特異性： 略		特定の部位の名称： 活性部位 (活性中心)	
(5)	呈色反応名：ヨウ素デンプン反応		試薬名：ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液 (ヨウ素溶液)	
	色の変化：無色から青色～赤紫色に変化する (「褐色から青色～赤紫色に変化する」でも可)			
(6)	反応式： $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$			
	計算過程： 略 答 72.0 g			
(7)	反応式： $[C_6H_7O_2(OH)_3]_m + 3m(CH_3CO)_2O \rightarrow [C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_m + 3mCH_3COOH$			
	計算過程： 略 答 32.4 g			

※記述問題の正答例は開示していません。

令和4年度 入学試験問題（後期日程）
問題訂正
「化学」

【問題冊子】

8 ページ 3 問題文 7 行目

(誤) 「直鎖状の炭素鎖をもつ・・・」

(正) 「このような直鎖状の炭素鎖をもつ・・・」

令和4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ます。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
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。氏名を書き添えてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから10ページにあります。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. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

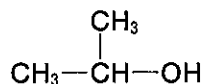
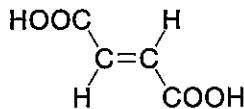
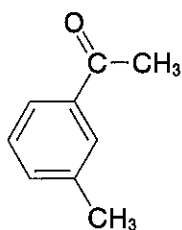
問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Cl : 35.5 K : 39.1

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

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)~(4)に答えよ。

物質が液体中に混合し、拡散により均一になる現象を(ア)といい、溶けている物質を(イ)、溶かしている液体を(ウ)、できた混合物を溶液という。

塩化ナトリウムが水に溶けると Na^+ と Cl^- に(エ)する。このときに、各イオンに水分子が引きつけられ結びつくことを(オ)という。また、スクロースを水に入れると、ヒドロキシ基が、水分子と(カ)結合によって(オ)されることでよく溶ける。一方、ナフタレンなどの無極性分子は、水にほとんど溶けない。しかし、ベンゼンやヘキサンなどの(キ)にはよく溶ける。

物質が液体に溶けるときには、熱を発生したり吸収したりする。各物質 1 mol を多量の水に溶かしたときに、発生する熱量を正の値、吸収する熱量を負の値として下記の表 1 に示す。

例として、水酸化ナトリウムを水に溶かしたときの反応の熱化学方程式は次のように表される。



また、表 2 には、水 100 g に溶ける各固体無水物の最大質量[g/水 100 g]と温度の関係を示す。

表 1 各物質 1 mol を多量の水に溶かしたときに発生または吸収する熱量[kJ/mol]

物質	NaOH(固)	HCl(気)	NaCl(固)	KNO ₃ (固)
熱量[kJ/mol]	44.5	74.9	-3.90	-34.9

表 2 水 100 g に溶ける各固体無水物の最大質量[g/水 100 g]と温度の関係

温度[℃]	0	20	40	60	80
NaCl	37.6	37.8	38.3	39.0	40.0
KNO ₃	13.3	31.6	63.9	109	169

- (1) 空欄(ア)~(キ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、水分子が各イオンに結びついている様子を分子の向きに注意して図示せよ。水分子は下記の例のように示し、各イオンに 3~4 個ずつ描け。



(大きい○は酸素原子、小さい○は水素原子を表す。)

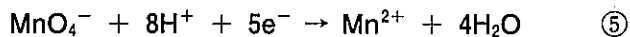
- (3) 次のような実験に関して、表1および表2を参照しながら、以下の問い(a)~(c)に答えよ。ただし、各物質は多量の水に溶解するとみなせる。
- (a) 塩化ナトリウム 58.5 g と硝酸カリウム 404.4 g を混合した固体の試料を 2.00 kg の水に溶かした。このとき、吸収する熱量[kJ]を有効数字3桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (b) (a)の水溶液を加熱して温度を 80℃に保ちながら、(a)の試料と同じ割合で塩化ナトリウムと硝酸カリウムが混合された試料を、硝酸カリウムが水溶液中でちょうど飽和するまでさらに加えて溶かした。このとき、水溶液中に含まれている硝酸カリウムは何 g か、有効数字3桁で答えよ。ただし、混合水溶液中の各物質のふるまいは、表2に示した関係に従うものとする。
- (c) この水溶液を 20℃まで冷却すると、ある物質が析出してきた。析出した物質の物質名を答えよ。また、その物質が何 g 析出してきたか、有効数字3桁で答えよ。また、このようにして固体物質を精製する操作を何というか答えよ。
- (4) 反応熱に関して、次のような実験を行った。以下の問い(a)~(e)に答えよ。ただし、各物質は多量の水に溶解するとみなせる。
- 25.0℃の水に、25.0℃の固体の水酸化ナトリウム NaOH(固) 0.100 mol と気体の塩化水素 HCl(気) 0.100 mol を、熱が逃げないように断熱した容器の中で同時に溶かしたところ、混合水溶液の質量は 1.00 kg、温度は 29.2℃になった。ただし、混合水溶液の比熱は 4.20 J/(g·K)とする。
- (a) 発生した熱量[kJ]を実験の結果より有効数字3桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (b) 水溶液中で酸と塩基が反応して、水 1 mol が生じるときに発生する熱量を何というか答えよ。
- (c) 反応熱は、反応の経路によらず、反応の初めの状態と終わりの状態で決まることを何の法則というか答えよ。
- (d) 固体の水酸化ナトリウム NaOH(固) 1 mol を塩酸 HCl aq に溶かすときの反応熱を Q [kJ]とするとき、この反応の熱化学方程式を示せ。書式は式②の例を参照せよ。
- (e) 表1も参照しながら、 Q [kJ]の値を有効数字3桁で答えよ。計算過程も示せ。

2 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

マンガン Mn は 7 族に属する元素で、単体は銀白色の金属である。化合物中の Mn は ① いろいろな酸化数をとる。単体は酸の水溶液に溶けてマンガンイオン Mn^{2+} を生じ、淡赤色の水溶液となる。Mn の単体は鉄よりもかたいがもろいため、単体では金属材料としては用いられないが、マンガン鋼の成分として重要である。

酸化マンガン(IV) MnO_2 は水に溶けない黒色の粉末であり、② 酸化剤としてマンガン乾電池に用いられる。また、③ 過酸化水素水から酸素を発生させるときの触媒として用いられる。

過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ は黒紫色の結晶で、水に溶けやすく、④ 硫酸で酸性にした溶液は過酸化水素 H_2O_2 を分解するような強力な酸化作用を示す(式⑤)。この $KMnO_4$ の強力な酸化作用によって水中の有機物が分解されることを利用すれば、⑥ 水中の有機物の量を見積もることができる。



(1) 下線部①について、次の化合物(a)と(b)の Mn の酸化数を答えよ。

(a) MnS (b) $KMnO_4$

(2) 下線部②について、マンガン乾電池を構成する主な物質は、(ア) MnO_2 、(イ)黒鉛 C、(ウ)亜鉛 Zn、(エ)塩化亜鉛 $ZnCl_2$ である。これら 4 つの物質のうちから、正極活物質、負極活物質、電解質を選び記号で答えよ。

(3) 下線部③について、0.880 mol/L の H_2O_2 の水溶液に少量の MnO_2 粉末を混合し、温度を一定に保ちながら H_2O_2 を分解させて酸素を生成させた。この反応において H_2O_2 水溶液の濃度 c [mol/L] を時間ごとに調べたところ表 1 のようになった。以下の問い(a)~(c)に答えよ。

表 1 MnO_2 混合後における H_2O_2 水溶液の濃度 c の時間変化

時間[s]	0	30	60	90	120	150
濃度 c [mol/L]	0.880	0.440	0.210	0.100	0.048	0.025

(a) H_2O_2 の分解反応の化学反応式を示せ。

(b) 時間 90 s から 120 s の間における H_2O_2 分解の平均の反応速度 \bar{v} を、単位とともに有効数字 2 桁で答えよ。

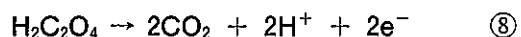
(c) H_2O_2 分解の平均の反応速度 \bar{v} は、 H_2O_2 の平均濃度 \bar{c} に比例すると仮定する。これを式で表すと、

$$\bar{v} = k\bar{c} \quad (k \text{ は比例定数}) \quad \text{⑦}$$

となる。(b)の結果を利用して比例定数 k を単位とともに有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

(4) 下線部④について、 $KMnO_4$ の強力な酸化作用は、塩基性溶液中では弱まる。その理由を 30 字以内で説明せよ。

- (5) 下線部⑥について、水中の有機物の量を見積もるため、次の実験を行った。コニカルビーカーにとった試料水に少量の希硫酸および 0.0020 mol/L の KMnO_4 水溶液 10 mL を加え加熱した。溶液は無色透明に近い淡赤色であったので、同じ KMnO_4 水溶液をさらに 5.0 mL 加え同様に操作した結果、溶液は赤紫色になった。次に温度が下がりきらないうちに、ビュレットから 0.0050 mol/L のシュウ酸 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液を、赤紫色が消え無色透明に近い淡赤色になるまで滴下した。赤紫色が消えるのに要した $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液の体積は 2.0 mL であった。なお、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ は次の式⑧のように二酸化炭素 CO_2 へ還元される。以下の問い(a)~(d)に答えよ。



- (a) KMnO_4 と $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ の酸化還元反応について、式⑤と式⑧を用いてイオン反応式を完成させよ。
- (b) 添加した KMnO_4 の合計は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。
- (c) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ と反応した KMnO_4 は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (d) 水中の有機物を酸化するのに要した KMnO_4 は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。

3 次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

19世紀のはじめ頃まで、有機化合物は動物や植物などの生命をもつもの(有機体)から得られる化合物を意味していた。1828年、ドイツの化学者である(ア)は、無機化合物のシアン酸アンモニウム(NH_4OCN)から有機化合物である(イ)が得られることを発見した。これにより、有機化合物は無機化合物からも人工的に合成できることが明らかとなった。今日では、炭素原子を骨格とする化合物を有機化合物とよび、様々なものが知られている。

有機化合物は、しばしば官能基により分類される。たとえば、飽和炭化水素の水素原子1つを(ウ)基で置き換えた化合物は、脂肪族アミンに分類される。直鎖状の炭素鎖をもつ脂肪族アミン $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$ には、2つの構造異性体AとBが考えられる。異性体Bには、分子中に4種の異なる原子あるいは原子団が結合した炭素原子が存在する。Bのエチル基をカルボキシ基で置き換えた化合物Cは、(ウ)基とカルボキシ基の2つの官能基をもつ化合物であり、このような化合物は一般に(エ)とよばれる。Cは側鎖にメチル基をもつ(エ)であり、その等電点は6.0であった。

アンモニアの水素原子1つを(オ)基で置換した化合物をアニリンという。アニリンにさらし粉水溶液を加えると赤紫色を呈する。アニリンは、工業的には、ニッケルまたは白金を触媒として用い、化合物Dを水素で還元してつくられる。また、Dはベンゼンに(カ)を作用させて合成することができる。アニリンなどの芳香族アミンは、染料や医薬品、有機材料などの原料にも用いられる。氷冷したアニリンの希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると化合物Eが生じる。この溶液を氷冷したままナトリウムフェノキシドの水溶液と反応させると、アゾ基をもつ化合物Fが得られる。一方、アニリンに無水酢酸を作用させると、アセチル化が起こる。この反応により得られる化合物Gには解熱作用があり、かつては医薬品として使用されていた。しかし、その副作用が問題となったため、現在はGのベンゼン環のパラ位にヒドロキシ基を導入した化合物Hが使用されている。

- (1) 空欄(ア)~(カ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 化合物A~Hの構造式を答えよ。
- (3) 下線部①について、以下の問い(a)と(b)に答えよ。
 - (a) この炭素原子を何とよぶか答えよ。
 - (b) この炭素原子により生じる立体異性体を特に何とよぶか答えよ。
- (4) 下線部②について、化合物Cの水溶液に酸あるいは塩基を加え、溶液のpHを1.0, 6.0, 11.0に変化させた。それぞれのpHにおいて、化合物Cは主にどのようなイオンの状態で存在するか、構造式で答えよ。
- (5) 下線部③について、さらし粉はどのような役割をはたしているのか答えよ。

- (6) 下線部④について、以下の問い(a)と(b)に答えよ。
- (a) アニリンと塩化水素の反応を化学反応式で示せ。
 - (b) 化合物 E の水溶液を 5℃以上で放置したところ、E が加水分解した。この反応を化学反応式で示せ。
- (7) 下線部⑤について、以下の問い(a)と(b)に答えよ。
- (a) サリチル酸をアセチル化して得られる化合物 I も、解熱剤の有効成分として用いられる。その名称と構造式を答えよ。
 - (b) 化合物 I に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色するかしないか、その理由とともに答えよ。

4 次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

すべての生物の細胞には DNA(デオキシリボ核酸)とよばれる高分子化合物が存在する。DNA 上の塩基の並び順(塩基配列)は、生物が生命活動を営むために必要な遺伝情報となっている。DNA の塩基配列が(ア)されて RNA(リボ核酸)が合成される。RNA は(イ)、(ウ)、(エ)の3種類が代表的であるが、(イ)が(オ)されてタンパク質が合成される。このとき、(ウ)、(エ)が重要な役割を果たす。DNA、RNA、タンパク質は生命体を構成する高分子化合物(生体高分子)の代表例であり、DNA の塩基配列に由来する配列情報をもっている。DNA や RNA は(カ)が重合してできたポリマー、タンパク質は(キ)が重合してできたポリマーであるが、核酸やタンパク質は複数種類のモノマーで構成されている。一方、多糖も生体高分子であるが、そのうちデンプンやセルロースはいずれも1種類のモノマーで構成されており、DNA に由来する配列情報をもっていない。

- (1) 空欄(ア)~(キ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) DNA と RNA の構成単位である(カ)は、それぞれの核酸に固有の構造的特徴をもつ。DNA と RNA の構成単位の構造的相違点について 70 字以内で説明せよ。
- (3) タンパク質は、加熱、強酸・強塩基、有機溶媒、重金属イオンなどの作用により、その生理的な機能が失われることが多い。この現象を何とよぶか、現象名を答えよ。また、このときタンパク質に起こる変化について 30 字以内で説明せよ。
- (4) 生体内の化学反応に対して、触媒としてはたらくタンパク質を酵素とよぶ。酵素は基質特異性とよばれる特性をもつ。この特性について 30 字以内で説明せよ。また、酵素分子内には基質に結合し触媒作用を及ぼす特定の部位がある。この部位を何とよぶか、その名称を答えよ。
- (5) デンプンの存在を確認するための簡便な呈色反応は何か、反応名を答えよ。また、その反応で用いる液体試薬、色の変化についても説明せよ。
- (6) デンプンの水溶液に希硫酸を加えて十分に加水分解するとグルコースとなる。この化学変化を反応式で示せ。デンプンの重合度は n と表記せよ。また、この反応によって 64.8 g のデンプンから何 g のグルコースが生成するか、有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (7) 無水酢酸を用いてセルロースをアセチル化して、バイオプラスチックの一種であるトリアセチルセルロースを合成することができる。この合成反応の反応式を示せ。セルロースの重合度は m と表記せよ。また、トリアセチルセルロースを 57.6 g 合成するためには、何 g のセルロースが必要か、有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も示せ。