

令和3年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～18 ページ

化 学 19 ページ～34 ページ

生 物 35 ページ～49 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

化 学

注意 1. 志望する学部・学科等により、表に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科等	解答する問題番号			
国際教養学部 志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	4
教育学部 志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	
理学部 物理学科志望者、および数学・情報数理学科、生物学科、地球科学科志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	
理学部 化学科	1	2	3	4
工学部	1	2	3	
園芸学部 志望者のうち化学を選択する者	1	3	4	
医学部 志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	4
薬学部	1	2	3	4
看護学部 志望者のうち化学を選択する者	2	3	4	
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 物理学関連分野、化学関連分野志望者、および生物学関連分野志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 工学関連分野	1	2	3	
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 植物生命科学関連分野	1	3	4	

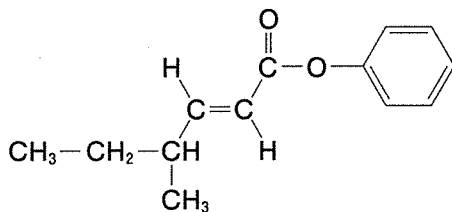
注意 2. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に、指定された方法で記入しなさい。

3. 必要があれば次の数値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5

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

4. 構造式は下の例にならって解答しなさい。



1 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

単体の窒素は、体積で約 %を占める大気的主要な成分である。窒素の同族元素には がある。^①単体の窒素は、窒素原子どうしが結合した窒素分子の形で存在する。窒素化合物の中でも、アンモニアは硝酸や肥料などの原料として利用される。アンモニウムイオンは、アンモニア分子と水素イオンが 結合して生成する。

アンモニアは、工業的には^②四酸化三鉄を主成分とした触媒を用い、窒素と水素から直接合成される。この合成方法は 法とよばれる。 法では、温度を高くして反応速度を十分に速くする必要があるが、この反応は 反応であるので、高温であるほど平衡は逆反応の方向(左方向)に移動する。そこで^③反応容器内の圧力を高くして平衡を正反応の方向(右方向)に移動させている。一方、実験室では^④塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して、発生した気体をソーダ石灰の中を通した後に で捕集し、アンモニアを得ることができる。

問1 ～ にあてはまる最も適切な語句または数字を、次の語群からそれぞれ一つずつ選びなさい。

語 群

58	68	78	88
98	硫黄	イオン	塩素
オストワルト	加熱	下方置換	吸熱
共有	ケイ素	上方置換	水上置換
水素	ソルベ	炭素	断熱
テルミット	配位	発熱	ハーバー・ボッシュ
ファンデルワールス		モール	リン

問 2 下線部①について、窒素原子から窒素分子が生成する反応を、電子式を用いてかきなさい。

問 3 下線部②について、実際には、四酸化三鉄は単体の鉄(Fe)となって触媒作用を示す。これについて、次の(1)・(2)に答えなさい。

- (1) 四酸化三鉄は、FeO と Fe_2O_3 から構成されているとみなすことができる。FeO、 Fe_2O_3 、および Fe について、鉄の酸化数をかきなさい。
- (2) 四酸化三鉄から単体の鉄が生成する反応について、次の(a)～(h)から適切なものを一つ選び、記号で答えなさい。
 - (a) 窒素が酸化剤としてはたらき、四酸化三鉄は酸化される。
 - (b) 窒素が酸化剤としてはたらき、四酸化三鉄は還元される。
 - (c) 窒素が還元剤としてはたらき、四酸化三鉄は酸化される。
 - (d) 窒素が還元剤としてはたらき、四酸化三鉄は還元される。
 - (e) 水素が酸化剤としてはたらき、四酸化三鉄は酸化される。
 - (f) 水素が酸化剤としてはたらき、四酸化三鉄は還元される。
 - (g) 水素が還元剤としてはたらき、四酸化三鉄は酸化される。
 - (h) 水素が還元剤としてはたらき、四酸化三鉄は還元される。

問 4 下線部③について、平衡が正反応の方向に移動する理由を、ルシャトリエの原理に基づいて、30 字以内で答えなさい。

問 5 下線部④について、次の(1)・(2)に答えなさい。

- (1) この加熱による反応の化学反応式をかきなさい。
- (2) 温度 28°C 、圧力 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、 0.750 L の容器にアンモニア 0.320 g を捕集した。容器内におけるアンモニアのモル分率はいくらか。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

2 次の文章 I・II を読み、以下の問い(問 1～7)に答えなさい。

I 気体分子内の共有結合を切断してばらばらの原子にするのに必要な熱量を

ア エネルギーといい、結合 1 mol あたりの熱量で表す。気体の塩素の

ア エネルギーは 243 kJ/mol である。1 mol のイオン結晶のイオン結合をすべて切断して、気体状態のばらばらのイオンにするのに必要なエネルギーを① 格子エネルギーといい、イオン結晶が安定かどうかの目安となる。塩化ナトリウムの結晶の格子エネルギーを直接測定することはできないが、

イ が提唱した イ の法則を用いることによって間接的に求めることができる。

水酸化ナトリウムを工業的に製造するには、イオン交換膜法とよばれる② 塩化ナトリウム水溶液の電気分解が用いられている。この方法では、ウ だけが エ を透過するので、純度の高い水酸化ナトリウムが得られる。

化学変化や状態変化に伴う熱の出入りは、エンタルピー変化 ΔH としても表すことができる。ある反応が発熱反応の場合、反応系のエンタルピー変化 ΔH は オ となり、吸熱反応の場合、エンタルピー変化 ΔH は カ となる。

問 1 ア および イ にあてはまる語句をかきなさい。

問 2 ウ および エ にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものを，次の A～F から一つ選び，記号で答えなさい。

	<input type="checkbox"/> ウ	<input type="checkbox"/> エ
A	水酸化物イオン	陽イオン交換膜
B	水酸化物イオン	陰イオン交換膜
C	ナトリウムイオン	陽イオン交換膜
D	ナトリウムイオン	陰イオン交換膜
E	塩化物イオン	陽イオン交換膜
F	塩化物イオン	陰イオン交換膜

問 3 オ および カ にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものを，次の A～G から一つ選び，記号で答えなさい。

	<input type="checkbox"/> オ	<input type="checkbox"/> カ
A	負の値	正の値
B	0	正の値
C	負の値	0
D	0	0
E	正の値	0
F	0	負の値
G	正の値	負の値

問 4 下線部①について、NaCl(固)の格子エネルギー Q [kJ/mol]を求めるためのエネルギー図を図1に示す。次の(1)~(3)に答えなさい。

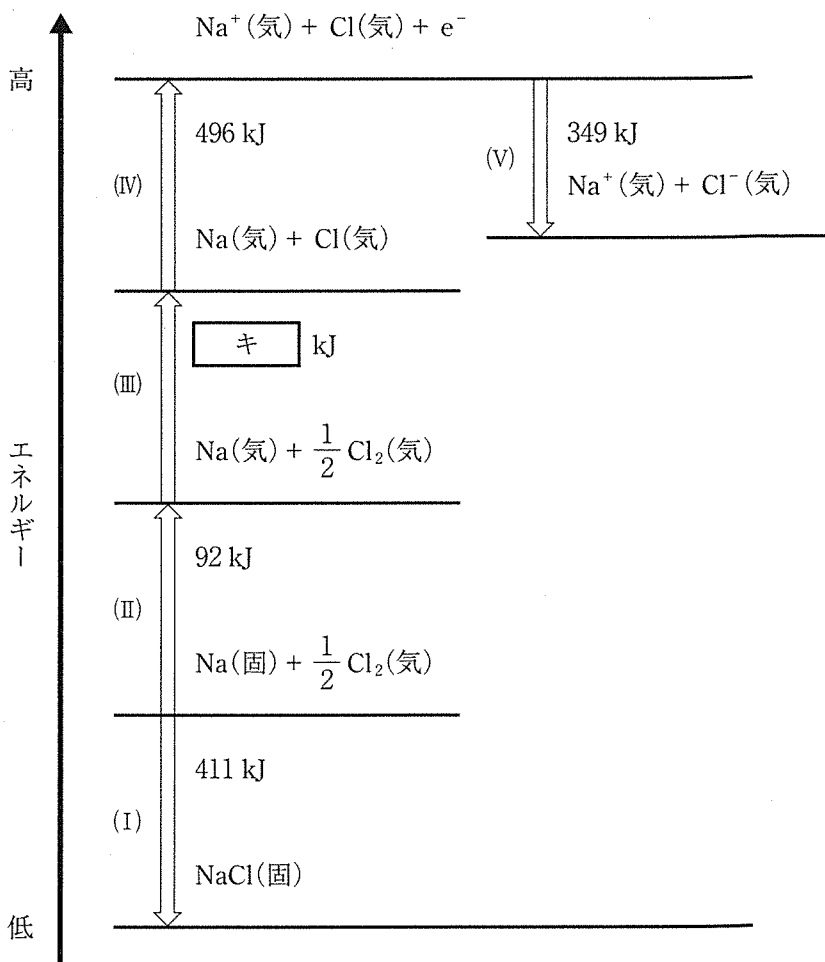


図 1

- (1) (I)~(V)の各反応のうち、発熱反応をすべて選び、記号で答えなさい。
- (2) キ にあてはまる数値を整数で答えなさい。
- (3) NaCl(固)の格子エネルギー Q [kJ/mol]はいくらか。整数で答えなさい。

問 5 下線部②について，陽極および陰極で起こる反応を，電子 e^- を含むイオン反応式でかきなさい。

II 水に水酸化ナトリウムを溶解させたときに生じる発熱量 Q' [J] を求めるため、温度 T_0 [K] の水 m [g] に、時間 t_0 [分] において温度 T_0 の水酸化ナトリウム a [g] を加え、かき混ぜながらすべて溶かした。このときの水溶液の温度変化を図 2 に示す。ただし、実験を行った際の室温および実験開始時の器具の温度は T_0 であり、実験による水溶液の体積変化は無視できるものとする。また、この水溶液の比熱を c [J/(g·K)] とする。

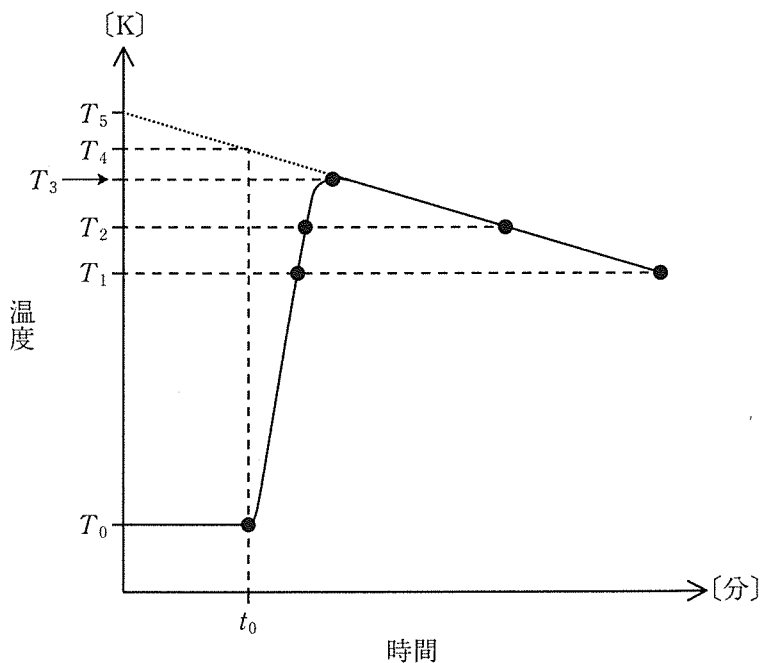


図 2

問 6 発熱量 Q' に関して、次の(1)・(2)に答えなさい。

- (1) 水酸化ナトリウムの溶解は瞬時に起こり、かつ発生した熱はすべて水溶液に吸収されたと仮定する。このときにとりうる最も高い温度を $T_0 \sim T_5$ の中から一つ選び、記号で答えなさい。
- (2) (1)の場合において、 Q' を表す式を $a, c, m, T_0 \sim T_5$ のうち、必要な記号を用いてかきなさい。

問 7 水酸化ナトリウムの質量の測定は、すばやく行わなければならない。その原因となる水酸化ナトリウムの性質を、次の(a)~(f)から一つ選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|---------|---------|----------|
| (a) 導電性 | (b) 風解性 | (c) 延性 |
| (d) 昇華性 | (e) 潮解性 | (f) 熱可塑性 |

3 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えなさい。

ベンゼン環にヒドロキシ基が直接結合した化合物をフェノール類といい、
 ① フェノール樹脂の原料などに利用されている。 ② フェノールの製法としてはクメン法がある。

フェノールに ③ 濃硫酸と濃硝酸の混合物を反応させると、分子式 $C_6H_5NO_3$ の化合物 A と B が生成し、続いて化合物 A からは化合物 C と D が、化合物 B からは化合物 D のみが生成した。さらに反応を進めると、最終的に黄色の化合物 E が得られた。

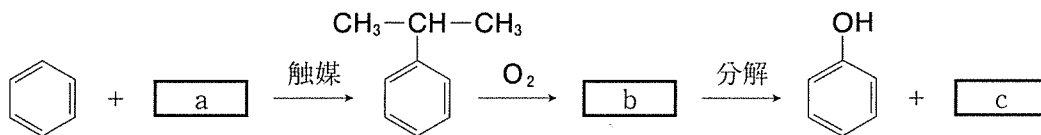
また、化合物 A に無水酢酸を反応させると、化合物 F が生成した。次に、ニッケル触媒を用いて化合物 F を水素で還元すると分子式 $C_8H_9NO_2$ の化合物 G が生成した。この化合物 G に無水酢酸を反応させると、化合物 H が得られた。

塩酸中でアニリンを氷冷しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 I が生成した。この反応を冷やしながらかる理由、温度が高くなると ④ 化合物 I が分解してフェノールが生成するからである。 化合物 I とフェノールのナトリウム塩を反応させると、橙色の化合物 J が得られた。

問 1 化合物 C, H, および J の構造式をかきなさい。

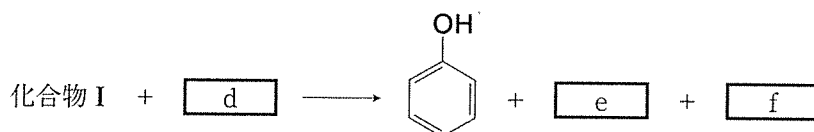
問 2 下線部①について、フェノール樹脂は熱硬化性樹脂であり、加熱しても軟化しない性質をもつ。この理由を 20 字以内で答えなさい。

問 3 下線部②について、 ～ にあてはまる化合物の構造式をかきなさい。



問 4 ニトロベンゼンを用いて下線部③の反応を行うと、水素原子の一つが置換された化合物が主生成物として得られた。この化合物の構造式をかきなさい。

問 5 下線部④について、 ~ にあてはまる物質の化学式をかきなさい。なお、 と の順序は問わない。



問 6 化合物 E について、次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 化合物 E の化合物名をかきなさい。
- (2) 化合物 E の分子量はいくらか。有効数字 3 けたで答えなさい。
- (3) フェノール 141 g を反応させると化合物 E が何 g 得られるか。有効数字 3 けたで答えなさい。ただし、反応は完全に進行するものとする。

4 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えなさい。

タンパク質は、 α -アミノ酸どうしがペプチド結合を介して連なった高分子化合物である。二つ以上のペプチド結合をもつため、タンパク質水溶液は **ア** 反応によりペプチド結合部位と銅(II)イオンが錯イオンを形成し、赤紫色に呈色する。タンパク質の多くは α -ヘリックスや β -シートを形成している。また、^①天然に存在するタンパク質を構成する α -アミノ酸の種類は多岐にわたり、これらの側鎖に含まれる官能基間のイオン結合やジスルフィド結合などにより、タンパク質はさらに立体的に複雑な **イ** 構造をとる。 α -アミノ酸だけではなく糖、色素、核酸などが構成成分に含まれるタンパク質を **ウ** タンパク質という。タンパク質に熱や酸、アルコールなどを作用させると分子の形状が変化し、性質が変わる。これをタンパク質の **エ** という。

α -アミノ酸は、^②さまざまなpHにおいて異なる荷電状態をとることから、イオン交換樹脂を利用して分離することができる。表1に示す α -アミノ酸のいずれかから構成されるトリペプチドを完全に加水分解したところ、3種類の α -アミノ酸X、Y、およびZを得た。これらをpH11の緩衝液に溶解し、カラム(筒状の容器)に詰めた陰イオン交換樹脂にすべて吸着させた後、カラムの上部から緩衝液を流した。この緩衝液のpHを徐々に小さくすることにより、 α -アミノ酸が段階的に溶出され、X、Y、Zの順に検出された。このとき、Xは不斉炭素原子をもたない α -アミノ酸であり、^③Yは側鎖の部分でジスルフィド結合を介して二量体を形成することができる α -アミノ酸であった。メタノールと濃塩酸を用いて、490 mgの α -アミノ酸Zをすべて反応させたところ、エステル化が完全に進行した生成物が塩酸塩として705 mg得られた。

表 1

α -アミノ酸	構造	分子量	等電点
1	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	133	2.77
2	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	147	3.22
3	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	121	5.07
4	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	105	5.68
5	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	149	5.74
6	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	75	5.97
7	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	89	6.00
8	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	146	9.74

問 1 ア ~ エ にあてはまる最も適切な語句を、次の語群からそれぞれ一つずつ選びなさい。

語 群

一次	二次	三次
ニンヒドリン	ビウレット	ヨウ素デンブun
キサントプロテイン	必須	単純
複合	置換	変性
転化	けん化	凝析

問 2 下線部①について、天然に存在するタンパク質を加水分解して得られる α -アミノ酸は約何種類か。次の(a)~(e)から最も適切なものを一つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 10 種類 (b) 20 種類 (c) 30 種類 (d) 40 種類 (e) 50 種類

問 3 下線部②について、アラニンは水溶液中で図 1 に示す電離平衡状態で存在する。次の(1)~(3)に答えなさい。ただし、電離定数は $K_1 = 1.0 \times 10^{-2.3}$ mol/L および $K_2 = 1.0 \times 10^{-9.7}$ mol/L とする。

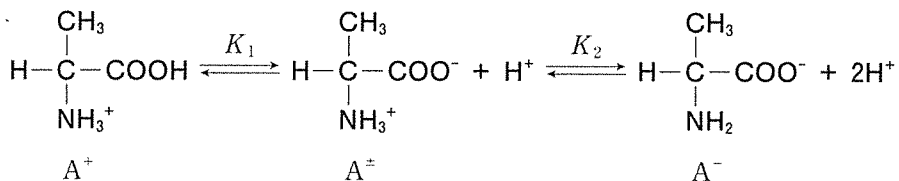


図 1

- (1) A^\pm で表されるイオンを何イオンというか、答えなさい。
- (2) pH 6.5 において、 A^+ の濃度は A^- の濃度の何倍か。有効数字 2 けたで答えなさい。
- (3) pH 2.3 において、 A^+ として存在するアラニンは何%か。整数で答えなさい。

問 4 α -アミノ酸 X および Y の名称をかきなさい。

問 5 下線部③について、二量体の構造を表 1 に示した構造にならってかきなさい。ただし、光学異性体が存在しても区別しなくてよい。

問 6 α -アミノ酸 Z を表 1 の 1~8 から一つ選び、番号で答えなさい。