

理 科 (化学基礎・化学)

(工学部 建築・都市環境工学科)
物質・生命化学科

注 意 事 項

1. 開始の合図があるまで、この冊子および解答用紙を開いてはいけない。
2. 化学の解答用紙は全部で4枚である。4枚とも志願学科および受験番号を記入すること。
3. 問題は全部で4問ある。4問すべてを解答すること。
4. 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけない。
6. この問題冊子は持ち帰ること。

〔注意〕 必要なら、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16, S = 32, Cu = 64

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$,

水のイオン積 $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$

1 以下の問 1～問 6 に答えよ。

(1) 固体のうち、構成粒子が立体的に繰り返し、規則正しく配列したものを結晶といい、構成粒子の配列に規則性がないものを〔ア〕という。結晶について、その配列の仕方を結晶構造といい、結晶構造の繰り返し単位となる構造を単位格子という。結晶は、金属結晶、イオン結晶、共有結晶、分子結晶に大別される。それぞれ、構成粒子の種類や形成される化学結合などが異なるため、特徴的な性質を示す。イオン結晶では、多数の陽イオンと陰イオンが、

〔イ〕によってイオン結合を形成し、規則正しく配列している。イオン結晶の代表な例として、塩化ナトリウム NaCl と塩化セシウム CsCl があり、ナトリウムイオンおよびセシウムイオンは、それぞれ〔ウ〕個および〔エ〕個の塩化物イオンと隣接している。また、イオン結晶や分子結晶には、水分子を成分として含んでいるものがある。例えば、硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ は、 Cu^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 H_2O が結合してできた青色の結晶である。結晶中でイオンや分子と一定の割合で結合している水を〔オ〕と呼ぶ。

問 1 文章中の〔ア〕～〔オ〕にあてはまる適切な語句または数値を記せ。

問 2 文章中の下線部について、イオン結晶および分子結晶に属する物質をそれぞれ下記の物質(1)～(8)の中からすべて選んで番号で答えよ。

〔物質〕 (1) 硫化亜鉛 (2) ヨウ素 (3) 二酸化ケイ素 (4) 銀
(5) ドライアイス (6) ダイアモンド (7) 鉄 (8) 硫酸アンモニウム

問 3 表 1 は各イオンのイオン半径をまとめたものである。塩化ナトリウム型の結晶の融点について以下の問いに答えよ。

(1) フッ化ナトリウムと塩化ナトリウムでは、どちらの融点が高いか。融点が高い方の化合物名を答えよ。また、その理由を説明せよ。

(2) フッ化ナトリウムと酸化カルシウムでは、どちらの融点が高いか。融点が高い方の化合物名を答えよ。また、その理由を説明せよ。

表 1

陽イオン	イオン半径 [nm]	陰イオン	イオン半径 [nm]
ナトリウムイオン Na^+	0.116	フッ化物イオン F^-	0.119
カルシウムイオン Ca^{2+}	0.114	塩化物イオン Cl^-	0.167
		酸化物イオン O^{2-}	0.126

問 4 333 K で調製した硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 70 g を 293 K に冷却したとき、硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何 g 析出するか。答えを導く過程とともに有効数字 2 けたで答えよ。ただし、333 K および 293 K における水 100 g に対する硫酸銅(Ⅱ)無水物の溶解度はそれぞれ 40 および 20 である。

(Ⅱ) 管の断面積(内側)が 2 cm^2 である U 字管の中央を水分子のみを通す半透膜で仕切り、半透膜の右側に濃度 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩化ナトリウム水溶液を、左側にそれと同じ体積の純水を入れた(図 1(a))。十分に時間が経過した後に、図 1(b)に示すように左右の液面の高さに差ができた。その後に、図 1(c)に示すように U 字管の右側の口をフタで密閉し、密閉した空間 A に空気を液面差がなくなるまで追加で注入した。このとき、U 字管の口と液面との高低差は 120 cm であった。この実験の間、大気圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 300 K で一定であった。また、純水および塩化ナトリウム水溶液は蒸発しないものとする。

問 5 図 1(c)の状態の塩化ナトリウム水溶液の浸透圧を、答えを導く過程とともに有効数字 2 けたで答えよ。

問 6 空間 A に存在する気体の物質量を、答えを導く過程とともに有効数字 2 けたで答えよ。ただし、すべての気体分子は理想気体として振舞い、溶液へ溶解しないものとする。

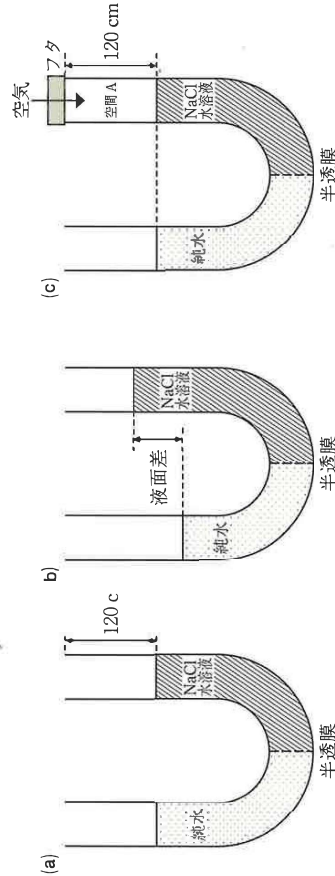


図 1

2 以下の問 1～問 9 に答えよ。アンモニアの電離定数 K_b は $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。必要があれば $\log_{10} 2 = 0.3$, $\log_{10} 3 = 0.5$ とし計算せよ。

(I) アンモニアは工業的には、四酸化三鉄を主成分とする触媒を用いて、窒素と水素を約 500℃、高压で直接反応させて合成する。これは以下の反応式で示される平衡反応である。



問 1 この製法の名称を答えよ。

問 2 より高压で反応させると平衡はどちらの向きに移動するか。理由とともに述べよ。

(II) アンモニアと塩化アンモニウムから成る緩衝液は塩基性条件下での化学実験に用いられる。緩衝液中のアンモニアおよび塩化アンモニウムの初濃度をそれぞれ C_1 , C_2 とする。この緩衝液の平衡時の pH を考えてみよう。

アンモニアは、水溶液中では次のように電離して、平衡に達している。



式 1 の反応の平衡定数を K とすると、アンモニアの電離定数 K_b は、 $K[\text{H}_2\text{O}]$ と表される。水の濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は一定とみなされるので、 K_b も定数となる。

また、塩化アンモニウムは次のように解離している。



式 2 の解離は、ほぼ完全であるから、以下のように表される。



溶液中の正電荷の量と負電荷の量が釣り合っていることから、以下の関係式が成り立つ。



式 3～式 5 より、アンモニウムイオンおよびアンモニアの濃度は以下のように表される。



式 6 および式 7 において、 C_1 および C_2 が十分大きければ、 $[\text{OH}^-]$ および $[\text{H}^+]$ を無視でき、 K_b は以下のよう表される。



式 8 の両辺の常用対数をとって、 $-\log_{10} [\text{H}^+] = \text{pH}$ および $-\log_{10} K_b = \text{p}K_b$ として整理すると pH を求める式が得られる。



問 3 文章中の (ア) に適した化学反応式を書け。

問 4 下線部について、 K_b をアンモニアの濃度 $[\text{NH}_3]$ およびアンモニウムイオンの濃度 $[\text{NH}_4^+]$ の関係式として示せ。

問 5 文章中の (イ) ～ (カ) にあてはまる式を C_1 , C_2 を使って表せ。

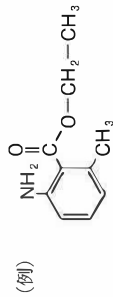
問 6 0.2 mol/L のアンモニウム水溶液 50 mL と 0.2 mol/L の塩化アンモニウム水溶液 50 mL を混合して調製した緩衝液の pH を、答えを導く過程とともに小数点以下 1 けたまで示せ。

問 7 上記と同様に 0.2 mol/L のアンモニウム水溶液と 0.2 mol/L の塩化アンモニウム水溶液を混合して、問 6 の緩衝液よりも pH が 1 高い緩衝液を調製したい。このとき、50 mL の塩化アンモニウム水溶液に対して何 mL のアンモニウム水溶液が必要か。答えを導く過程とともに整数で答えよ。

問 8 問 7 の溶液において、アンモニアの電離度を計算し、答えを導く過程とともに小数点以下 2 けたまで示せ。

問 9 この緩衝液に少量の強酸を添加した場合、pH がどのようにに変化するかを答え、その理由を、化学式を用いて説明せよ。

3 次の文章を読み、以下の問1～問7に答えよ。なお、構造式は例にならって記せ。



ベンゼン環の炭素原子にヒドロキシ基が結合した化合物をフェノール類という。フェノール類は我々の身近に多くみられ、例えば、分子式 C_7H_8O で表されるクレゾールは消毒薬として、分子式 $C_{10}H_8O$ で表されるナフトールは染料の原料として、用いられている。

フェノールはベンゼンからつくることができる。実験室においては、ジアゾニウム塩を経た反応によりフェノールが合成される。この方法では、まずベンゼンに混酸を加えて加熱することによって置換体である (ア) を合成する。次に、(ア) を濃塩酸とスズで還元し、得られた塩に水酸化ナトリウム水溶液を加えて、塩基性の化合物である (イ) を得る。塩酸に溶解させた (イ) に氷冷下で亜硝酸ナトリウム $NaNO_2$ 水溶液を加えると、ジアゾニウム塩が生成する。得られたジアゾニウム塩の水溶液を加熱すると、水に溶けにくい気体である (ウ) を発生しながらフェノールが生じる。

一方、工業的にはクレメン法によりベンゼンからフェノールが合成される。この方法では、まず、触媒の存在下でベンゼンと分子式 C_3H_6 で表される鎮式不飽和炭化水素である (エ) を反応させてクレメンを合成する。次に、クレメンを酸化して過酸化物としたのち、酸触媒によって分解すると、カルボニル化合物である (オ) とフェノールが生じる。

フェノールは種々の有用な物質に変換される。例えば、(エ) フェノールを水酸化ナトリウムと反応させて得られる塩を、高温・高圧下で (カ) と反応させたのちに、酸を加えると、ヒドロキシ基のオルト位にカルボキシ基が結合した芳香族化合物である (キ) が得られる。硫酸を融媒として (キ) と無水酢酸を反応させると得られる白色の固体は、解熱鎮痛薬として用いられる。また、硫酸を触媒として (キ) とメタノールを反応させると得られる芳香をもつ液体は、消炎塗布薬として用いられる。

問1 文章中の (ア) ～ (キ) にあてはまる物質の名称を答えよ。

問2 下線部(a)について、クレゾールの構造異性体のうちベンゼン環を有するフェノール類すべてを構造式で示せ。また、ナフトールの構造異性体のうちナフタレン環を有するフェノール類すべてを構造式で示せ。

問3 下線部(b)の化学反応式を構造式で示せ。また、本反応の名称を答えよ。

問4 下線部(c)について、(エ) に水が付加した際に得られる第二級アルコールを構造式で示せ。

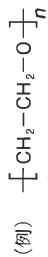
問5 下線部(d)の物質の名称を答えよ。また、この物質を生成する化学反応式を構造式で示せ。

問6 下線部(e)の物質の名称を答えよ。また、この物質を生成する化学反応式を構造式で示せ。

問7 (1) 下線部(f)の物質の名称と構造式を示せ。

(2) 下線部(e)および(f)の物質それぞれに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えた際にどのような違いが見られるか、それぞれの化合物の構造に基づいて説明せよ。

4 次の文章を読み、以下の問1～問8に答えよ。なお、高分子化合物の構造式は例にならって記せ。



高分子化合物は天然高分子化合物と合成高分子化合物に大別される。

合成ゴムのブタジエンゴム(ポリブタジエン)は1,3-ブタジエンを重合することで得られる。

1,3-ブタジエンとよく似た構造をもつイソプレンを重合して得られる合成ゴムがイソプレンゴム(ポリイソプレン)であり、天然ゴムと似た性質をもつ。

また、天然繊維である絹の主成分はフィブロインというタンパク質であり、多数のα-アミノ酸がアミド結合(ペプチド結合)で連結されている。合成繊維のナイロン66やナイロン6でも、単量体がアミド結合で連結されている。なお、ナイロン66はアジピン酸とヘキサメチレンジアミンが重合して生じ、ナイロン6はε-カプロラクタムが重合して生じる。

さらに、植物の天然繊維である木綿はほぼ純粋な(ア)である。(ア)の再生繊維はレーヨンや人造絹糸(人絹)とよばれ、主に木材パルプから製造される。(ア)の単量体である単糖は(イ)で、化学式はC₆H₁₂O₆である。

同様にデンブンの単量体も(イ)であることから、デンブンを加水分解することで、(イ)が得られる。ヒトの消化器系では、デンブンの分解は3つの段階で進行する。まず酵素アミラーゼによって可溶性の多糖である(ウ)が生成し、続いて(ウ)がさらに加水分解されて二糖の(エ)が生成する。最後に、別の加水分解酵素によって(エ)から(イ)が生成する。

工業的には、トウモロコシやイモから得られるデンブンを加水分解することで、(イ)を生産している。得られた(イ)を乳酸菌発酵することで乳酸が生成する。乳酸分子は、水素原子、メチル基、ヒドロキシ基、カルボキシ基という異なる4つの原子・原子団が結合した炭素原子を有し、分子間で縮合重合することで、(イ)が得られる。ポリ乳酸は生分解性高分子の一種で、手術糸として用いられると体内で一定期間が経過すると分解・吸収されるので抜糸の必要がない。

生分解性高分子のように特別な機能を備えた高分子化合物は、機能性高分子化合物と呼ばれる。これ以外に、イオン交換樹脂や導電性樹脂などがよく知られている。

問1 文章中の、(ア)～(エ)にあてはまる物質名を記せ。

問2 下線部(a)について次の問いに答えよ。

- (1) n 個の1,3-ブタジエンが重合してポリブタジエンが生成する化学反応式を書け。
- (2) 分子量81,000のポリブタジエン分子には、二重結合はいくつ含まれているか。答えを導く過程とともに、有効数字2けたで答えよ。

問3 下線部(b)について、次の問いに答えよ。

- (1) ポリイソプレン中の二重結合には、シス形とトランス形の両方がある。天然ゴムでは、どうなっているか、次の①～③から最も適したものを答えよ。
 - ① シス形のみ
 - ② シス形とトランス形がほぼ等量
 - ③ トランス形のみ

- (2) 天然ゴムに少量の硫黄を加えて加熱すると弾性が増す。ポリイソプレン分子でどのような化学変化が生じて弾性が増したのか、説明せよ。

問4 下線部(c)について、α-アミノ酸のうち、アラニンの構造式を記せ。なお、アラニンの側鎖はメチル基である。

問5 下線部(d)について、n 個のε-カプロラクタムが重合してナイロン6が生成する化学反応式を書け。

問6 下線部(e)について次の問いに答えよ。

- (1) このような炭素原子のことを、何と呼ぶか。
- (2) このような炭素原子をもつことで、乳酸には右手と左手にたとえられる2つの立体異性体が存在する。このような異性体のことを一般に何というか、答えよ。

問7 下線部(f)について、ポリ乳酸の構造式を記せ。

問 8 下線部(g)について、次の問いに答えよ。

- (1) 0.050 mol/L の硫酸ナトリウム水溶液 40 mL を十分な量の陰イオン交換樹脂に通し、純水でよく洗浄して 400 mL の流出液が得られた。流出液の pH を計算し、答えを導く過程とともに、整数で答えよ。
- (2) (1)で得られた流出液を中和するには、0.50 mol/L の塩酸が何 mL 必要であるか。答えを導く過程とともに、整数で答えよ。

志願学科		受験番号	
------	--	------	--

見本

令和5年度入学者選抜学力検査問題
解 答 用 紙
〔前 期 日 程〕

理科（化学基礎・化学）

（4枚中の第1枚）

1	問 1	(ア)	(イ)	(ウ)
		(エ)	(オ)	
	問 2	イオン結晶		分子結晶
	問 3	(1) (化合物名)	(理由)	
		(2) (化合物名)	(理由)	
	問 4	(答を導く過程)		
		(答) g		
	問 5	(答を導く過程)		
		(答) Pa		
	問 6	(答を導く過程)		
		(答) mol		

採点	1	2	3	4	合計	
----	---	---	---	---	----	--

志願学科		受験番号	
------	--	------	--

令和5年度入学者選抜学力検査問題紙
解 答 用
〔前 期 日 程〕

理科（化学基礎・化学）

（4枚中の第2枚）

2

問 1			
問 2	(向き)	(理由)	
問 3	(ア)		
問 4			
問 5	(イ)	(ウ)	(エ)
	(オ)	(カ)	
問 6	(答を導く過程)		(答) pH =
問 7	(答を導く過程)		(答) mL
問 8	(答を導く過程)		(答)
問 9			

採点	2
----	---

志願学科		受 験 番 号	
------	--	------------	--

令和5年度入学者選抜学力検査問題
解 答 用 紙
〔前 期 日 程〕

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第3枚)

3 問 1	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
	(オ)	(カ)	(キ)	
問 2	(クレゾールの異性体)		(ナフトールの異性体)	
問 3	(反応式)			
	(反応の名称)			
問 4	(構造式)			
問 5	(物質の名称)			
	(反応式)			
問 6	(物質の名称)			
	(反応式)			
問 7	(1) (物質の名称)		(2)	
	(構造式)			

採 点	3
--------	---

志願学科		受験番号	
------	--	------	--

令和5年度入学者選抜学力検査問題紙
 解 答 用 紙
 〔前期日程〕

理科（化学基礎・化学）

（4枚中の第4枚）

4

問 1	(ア)		(イ)
	(ウ)		(エ)
問 2	(1)		
	(2) (答を導く過程)		(答) 個
問 3	(1)	(2)	
問 4			
問 5	化学反応式		
問 6	(1)		(2)
問 7			
問 8	(1) (答を導く過程)		(答) pH =
	(2) (答を導く過程)		(答) mL

採点	4
----	---