

受験番号						氏名	
------	--	--	--	--	--	----	--

2021年度

理 科

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
2. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりである。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～18	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	19～32	
生 物	33～54	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークせよ。

① 受験番号欄

受験番号を5ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する5ケタをマークせよ。(例)受験番号10025番→

1	0	0	2	5
---	---	---	---	---

と記入。

② 氏名欄 氏名・フリガナを記入せよ。

③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークせよ。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがある。

6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークせよ。


例えば

15

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークせよ。薄いもの、不完全なものは解答したことにはならない。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消すこと。鉛筆の色や消しくずが残ったり、のような消し方などをした場合は、修正したことにならない。
8. 解答をそれぞれの問題に指定された数と異なる数をマークした場合は無解答とする。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはならない。
10. 試験終了後、問題冊子および解答用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

化 学

(注意) 問題文中に指定がない場合、解答にあたって必要ならば、次の数値および条件を用いよ。

原子量 : H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Cl = 35.5, K = 39.1, Ca = 40.1, Cu = 63.5, S = 32.1

気体はすべて、理想気体としてふるまうものとする。

第1問 以下の問1～5の各群の①～⑤の中には、それぞれの問いの指示に該当するものが一つだけあるか、一つもないかのいずれかである。指示に該当するものが①～⑤の中に存在する場合は、①～⑤のうちから最も適切なものを一つ選べ。該当するものがない場合は⑥を選べ。

問 1

1

指示：誤りを含まないもの

- ① 金属結晶中では、金属原子が規則正しく配列している。この金属原子の価電子は構成するすべての原子に共有される形で結晶中を自由に移動できる。このような電子を共有電子対という。
- ② イオン結晶は一般に、陽性の強い非金属元素と陰性の強い金属元素からなる。このような結晶は比較的硬く、割れにくい。
- ③ ダイヤモンドCは多数の原子が次々と共有結合のみで結びついた分子結晶である。
- ④ フッ素 F_2 、塩素 Cl_2 、臭素 Br_2 、およびヨウ素 I_2 では、それぞれの分子間はファンデルワールス力という弱い引力で引き付けられている。上記4つの物質を比べると、フッ素の沸点が一番高く、ヨウ素の沸点が一番低い。
- ⑤ 石英ガラスでは、ケイ素原子Siと酸素原子Oの配列が不規則で、石英のような空間的な規則性はくずれている。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 2

2

指示：誤りを含まないもの

- ① アルカン C_nH_{2n+2} が完全燃焼するとき発生する燃焼熱は、一般に、炭素数 n が大きいアルカンほど小さくなる。
- ② 水分子をメタン CH_4 分子が取り囲んで網目状(またはかごのような)構造となったものを、メタンハイドレートという。
- ③ メタンに、メタン分子中の4つの水素原子がすべて塩素原子に置き換わるために十分な量の塩素を混ぜて光(紫外線)を当てると、メタン中の水素原子は塩素原子と順次付加反応し、四塩化炭素に変化する。
- ④ 鉄粉を触媒にしてベンゼンに塩素を反応させると、ヘキサクロロシクロヘキサン $C_6H_6Cl_6$ がおもに生成する。
- ⑤ シクロアルカンは、アルカンの構造異性体である。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 3

3

指示：誤りを含まないもの(ただし、選択肢中の下線部の記述は正しいものとする)

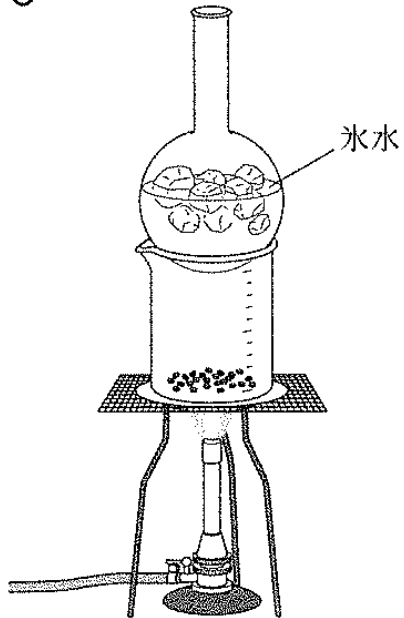
- ① ゼルとは、たとえば加熱したり冷却したりすることにより、コロイド溶液が流動性を失って固まった状態のことをいう。
- ② 正の電荷を帯びている水酸化鉄(Ⅲ) $Fe(OH)_3$ のコロイド溶液に、塩化ナトリウム $NaCl$ あるいは硫酸ナトリウム Na_2SO_4 を加えるとき、硫酸ナトリウムの方がより少ない物質質量でコロイド粒子を沈殿させることができる。
- ③ 疎水コロイドに一定量以上の親水コロイドを加えると、疎水コロイド粒子が親水コロイド粒子を取り囲む。
- ④ タンパク質やデンプンのような分子量の大きな分子は、1つの分子でコロイド粒子の大きさをもつ。このようなコロイドをミセルコロイドという。
- ⑤ 負の電荷を帯びている粘土 のコロイド溶液に電極を浸して直流電圧をかけると、コロイド粒子は陰極のほうに移動する。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 4

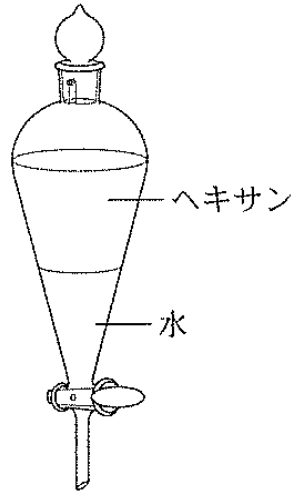
4

指示：混合物を分離・精製する装置にあてはまらないもの

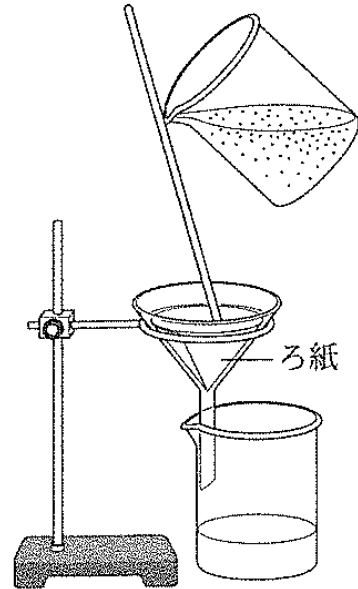
①



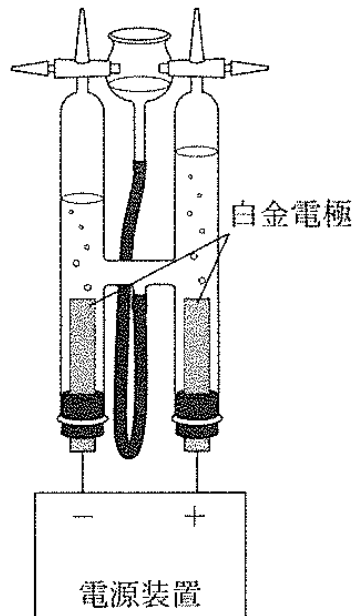
②



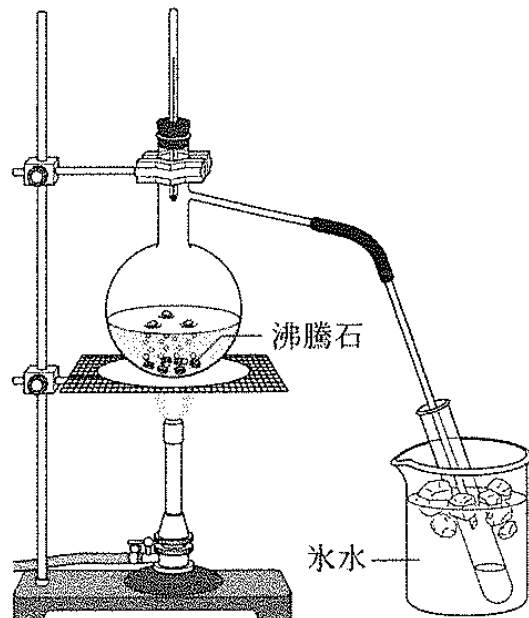
③



④



⑤



⑥ (①～⑤はすべて、混合物を分離・精製する装置にあてはまる。)

問 5

5

指示：誤りを含まないもの

- ① ポリプロピレン，ヨウ素の単体，黒鉛，臭化カリウム，およびポリスチレンのうち，固体状態で電気を最もよく通す物質は，ヨウ素の単体である。
- ② 炭素と酸素とでは電気陰性度が大きく異なるため，炭素—酸素結合を多く含む酢酸エチルは水に溶けやすい。
- ③ 臭化カリウムを水に入れると，カリウムイオンと臭化物イオンはそれぞれ水分子に取り囲まれた水和イオンとなって溶解する。
- ④ リン酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で過不足なく中和して得られた正塩の水溶液の pH は 7 である。
- ⑤ ナトリウムの単体が水と反応するとき，ナトリウムが酸化され，酸素が還元される。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

第2問 ケイ素に関する次の文章を読み、以下の各問(問1～4)に答えよ。

単体のケイ素は、結晶中でダイヤモンドと同じ四面体構造をもつ。その結晶の単位格子(図1)は立方体である。単位格子の各辺を二等分して8個の小立方体に分割すると、2種類の小立方体が4個ずつできる。その一方は小立方体の4つの頂点と中心にケイ素原子をもつ。他方は4つの頂点にのみケイ素原子をもち、その中心にはケイ素原子をもたない。単位格子中では、これらの小立方体は互いに異なる種類の小立方体とのみ面を共有している。ケイ素原子が占める各小立方体の4つの頂点は、単位格子の面の中心または頂点のいずれかとなっている。図1に描かれた黒丸はケイ素原子の位置のみを表し、大きさは表さない。また、ケイ素原子は球として考え、最も近い位置にあるケイ素原子同士は互いに接しているものとする。

結晶中では1個のケイ素原子に[あ]個のケイ素原子が接している。単位格子内にケイ素原子は[い]個含まれている。単位格子の一辺の長さを L [cm]、ケイ素のモル質量を M [g/mol]、密度を d [g/cm³]、円周率を π とすると、ケイ素原子の直径は[う][cm]、単位格子の体積に占めるケイ素原子の体積の割合(充填率)は[え][%]、アボガドロ定数 N_A は[お][1/mol]と表される。

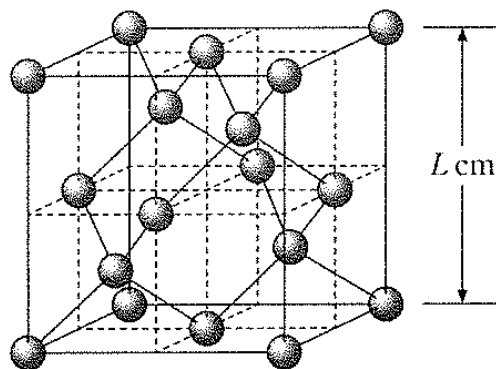


図1 ケイ素の単体の結晶の単位格子

問 1 問題文中の[あ]と[い]にあてはまる数字として最も適切なものを、以下の

①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

[あ] 個 [い] 個

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

問 2 問題文中の[う]にあてはまる式として最も適切なものを、以下の①～⑨のう

ちから一つ選べ。

cm

- ① $\frac{\sqrt{3}}{4}L$ ② $\frac{\sqrt{2}}{8}L$ ③ $\frac{1}{8}L$ ④ $\frac{\sqrt{3}}{2}L$ ⑤ $\frac{4\sqrt{3}}{3}L$
 ⑥ $\frac{\sqrt{2}}{2}L$ ⑦ $\frac{\sqrt{3}}{8}L$ ⑧ $\frac{\sqrt{2}}{4}L$ ⑨ $\frac{8\sqrt{2}}{3}L$

問 3 問題文中の[え]にあてはまる式として最も適切なものを、以下の①～⑨のう

ちから一つ選べ。

%

- ① $\frac{\sqrt{3}}{16}\pi$ ② $\frac{25\sqrt{3}}{4}\pi$ ③ $\frac{25\sqrt{3}}{64}\pi$ ④ $\frac{\sqrt{2}}{25}\pi$ ⑤ $\frac{5}{48}\pi$
 ⑥ $\frac{125}{12}\pi$ ⑦ $\frac{25\sqrt{2}}{6}\pi$ ⑧ $\frac{\sqrt{2}}{16}\pi$ ⑨ $\frac{25\sqrt{2}}{4}\pi$

問 4 問題文中の[お]にあてはまる式として最も適切なものを、以下の①～⑧のう

ちから一つ選べ。

/mol

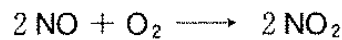
- ① $\frac{8M}{dL^3}$ ② $\frac{dL^3}{8M}$ ③ $\frac{4M}{dL^3}$ ④ $\frac{dL^3}{4M}$
 ⑤ $\frac{2M}{dL^3}$ ⑥ $\frac{dL^3}{2M}$ ⑦ $\frac{M}{dL^3}$ ⑧ $\frac{dL^3}{M}$

第3問 硝酸 HNO_3 は次に示す(A), (B), (C)の3段階の工程により工業的に製造される。工程(A)~(C)ではどの反応もすべて、必要な酸素あるいは水が十分に供給されて完全に進行するものとして、以下の各問(問1~5)に答えよ。なお、水溶液中では硝酸は完全に電離するものとする。

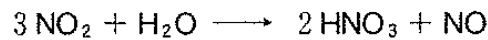
(A) 空気と白金 Pt 触媒を用いてアンモニア NH_3 を酸化して、一酸化窒素 NO とする。



(B) 一酸化窒素をさらに酸化して、二酸化窒素 NO_2 とする。



(C) 二酸化窒素を水に溶かして硝酸とする。



ここで生じる一酸化窒素は工程(B)に戻り、さらに酸化され、再び工程(C)を経由して最終的にすべて硝酸になる。

問1 アンモニアにおける窒素原子の酸化数はいくらか。以下の①~⑪のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

11

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① - 5 | ② - 4 | ③ - 3 | ④ - 2 |
| ⑤ - 1 | ⑥ 0 | ⑦ + 1 | ⑧ + 2 |
| ⑨ + 3 | ⑩ + 4 | ⑪ + 5 | |

問2 硝酸における窒素原子の酸化数はいくらか。以下の①~⑪のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

12

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① - 5 | ② - 4 | ③ - 3 | ④ - 2 |
| ⑤ - 1 | ⑥ 0 | ⑦ + 1 | ⑧ + 2 |
| ⑨ + 3 | ⑩ + 4 | ⑪ + 5 | |

問 3 アンモニア 1.00 mol から前記(A), (B), (C)の工程を経て最終的に生成した硝酸をすべて水に溶解させ、25 °C で密度 1.36 g/cm³、濃度 13.0 mol/L の濃硝酸とすると、得られる 13.0 mol/L の濃硝酸は 25 °C で理論上何 g となるか。以下の①～⑩のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

g

- ① 28.3 ② 52.3 ③ 56.6 ④ 76.9
 ⑤ 100 ⑥ 105 ⑦ 113 ⑧ 136
 ⑨ 153 ⑩ 209 ⑪ 384

問 4 0.170 g のアンモニアから前記(A), (B), (C)の工程を経て最終的に生成した硝酸のちょうど半分の水を加えて 1.50 L の水溶液イにした。25.0 °C においてこの水溶液イの水素イオン濃度 [H⁺] は何 mol/L か。最も適切な数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、この温度における水のイオン積 K_w を $K_w = 1.00 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ とする。

mol/L

- ① 1.02×10^{-12} ② 1.53×10^{-12} ③ 2.04×10^{-12} ④ 3.05×10^{-12}
 ⑤ 6.01×10^{-12} ⑥ 8.99×10^{-4} ⑦ 1.66×10^{-3} ⑧ 3.33×10^{-3}
 ⑨ 4.91×10^{-3} ⑩ 6.55×10^{-3} ⑪ 9.82×10^{-3}

問 5 問 4 の水溶液イを中和するには、0.120 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が何 mL 必要か。以下の①～⑩のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

mL

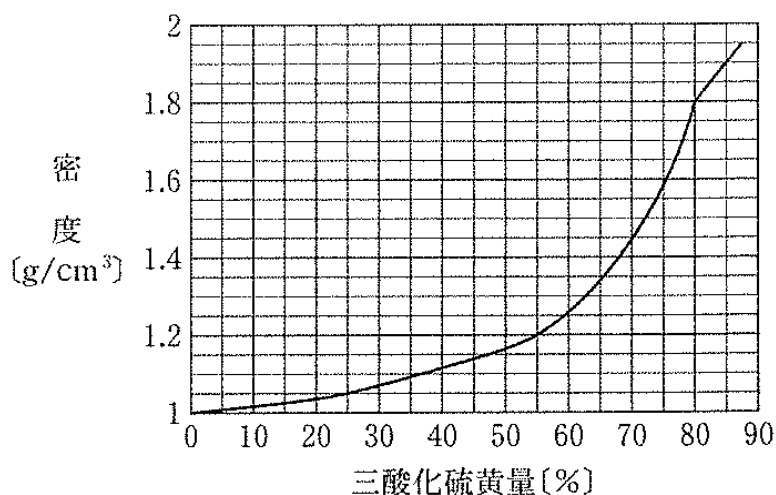
- ① 11.2 ② 13.5 ③ 20.0 ④ 20.8
 ⑤ 22.5 ⑥ 25.0 ⑦ 41.6 ⑧ 49.9
 ⑨ 83.2 ⑩ 99.8 ⑪ 166

第4問 硫酸とその関連物質について、グラフにもとづいて以下の問い(問1～5)

に答えよ。

三酸化硫黄 SO_3 は、水に溶かすと水分子と反応して硫酸 H_2SO_4 となる。その際、三酸化硫黄と水との物質量の比に応じた濃度の硫酸が得られる。理論的には比が1のときに純粋な硫酸が得られることになる。また、三酸化硫黄は純粋な硫酸にも溶かすことができる。こうして得られる溶液は発煙硫酸とよばれる。発煙硫酸は、三酸化硫黄を水に溶かす際に、水に対する物質量の比が1を超える場合に得られる溶液と考えることもできる。

グラフは三酸化硫黄を水に溶かす実験において、得られる溶液の密度と加えた三酸化硫黄の量(水と反応する前の三酸化硫黄の質量を、得られる溶液に対する質量パーセント濃度で表した値。これを「三酸化硫黄量」とする)との関係を表したものである。本問では「三酸化硫黄量」と『硫酸の濃度』とは区別せよ。純粋な硫酸と水と同じ質量ずつ混ぜたときに得られる溶液中の『硫酸の濃度』は50.0%だが、「三酸化硫黄量」は50.0%ではない。なお、2種類の溶液を混合して得られる溶液の体積は、混合前の両者の体積の和に等しいとし、実験における発熱や溶液の温度が密度に与える影響は無視できるものとする。



グラフ 溶液の密度と三酸化硫黄量の関係

問 1 『硫酸の濃度』が 50.0 % の溶液の密度は何 g/cm^3 か。以下の①～⑩のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

g/cm^3

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.91 | ② 1.08 | ③ 1.12 | ④ 1.16 |
| ⑤ 1.32 | ⑥ 1.38 | ⑦ 1.42 | ⑧ 1.68 |
| ⑨ 1.82 | ⑩ 1.90 | | |

問 2 「三酸化硫黄量」が 25.0 % の溶液における『硫酸の濃度』は何 mol/L か。以下の①～⑩のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

mol/L

- | | | | |
|-------|--------|-------|-------|
| ① 2.7 | ② 2.8 | ③ 2.9 | ④ 3.3 |
| ⑤ 3.6 | ⑥ 3.8 | ⑦ 4.5 | ⑧ 4.7 |
| ⑨ 5.8 | ⑩ 10.7 | | |

問 3 密度が 1.20 g/cm^3 の溶液における『硫酸の濃度』は何 % か。以下の①～⑩のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

%

- | | | | | |
|-------|-------|-------|------|------|
| ① 5.6 | ② 6.9 | ③ 8.2 | ④ 12 | ⑤ 18 |
| ⑥ 54 | ⑦ 55 | ⑧ 66 | ⑨ 67 | ⑩ 92 |

問 4 「三酸化硫黄量」が 80.0 % と 55.0 % の溶液を、同一体積ずつ混合して得られる溶液の『硫酸の濃度』は何 mol/L か。以下の①～⑩のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

mol/L

- | | | | |
|-------|-------|------|------|
| ① 7.1 | ② 8.7 | ③ 11 | ④ 13 |
| ⑤ 21 | ⑥ 23 | ⑦ 26 | ⑧ 43 |
| ⑨ 50 | ⑩ 61 | ⑪ 68 | |

問 5 発煙硫酸の濃度は、純粋な硫酸に溶けた三酸化硫黄の質量パーセント濃度として表示することもできる。溶液の質量の 80.0 % が純粋な硫酸で残りの 20.0 % が三酸化硫黄である発煙硫酸は 20.0 % 発煙硫酸となる。では、「三酸化硫黄量」85.0 % の溶液は何%発煙硫酸か。以下の①～⑪のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

- | 20 | | % 発煙硫酸 | |
|-------|-------|--------|-------|
| ① 2.0 | ② 4.3 | ③ 5.6 | ④ 9.0 |
| ⑤ 16 | ⑥ 18 | ⑦ 20 | ⑧ 22 |
| ⑨ 27 | ⑩ 70 | ⑪ 120 | |

第5問 次の各実験に関する以下の各問(問1～8)に答えよ。

実験1：ベンゼン C_6H_6 に濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を加え、加熱すると、主生成物として、水に溶けにくく水よりも重い、室温で液体の有機化合物 A が得られた。

実験2：化合物 A を塩酸中で鉄粉 Fe と反応させると、主生成物として有機化合物 B の塩が得られた。

実験3：トルエン C_7H_8 を過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液と反応させると、有機化合物 C の塩が得られた。

実験4：化合物 B を冷やしながら、塩酸と亜硝酸ナトリウム $NaNO_2$ を反応させると、有機化合物 D の水溶液が得られた。得られた水溶液を温めると、気体 E が発生し、有機化合物 F が生成した。

実験5：化合物 F をナトリウム Na の単体と反応させると、気体 G が発生し、化合物 F は化合物 H に変化した。

実験6：実験2の主生成物である化合物 B の塩を化合物 H と水溶液中で反応させると、化合物 B と化合物 F にそれぞれ変化した。

問1 化合物 B と化合物 C の脱水縮合反応によって生成する官能基を主な官能基として含む物質を、以下の①～⑩のうちからすべて選べ。正解は一つだけの場合もあり得る。

21

- | | |
|-----------------|------------|
| ① ポリスチレン | ② タンパク質 |
| ③ ポリエチレンテレフタレート | ④ ビニロン |
| ⑤ ナイロン6 | ⑥ 綿 |
| ⑦ 絹 | ⑧ フェノール樹脂 |
| ⑨ アミラーゼ | ⑩ 羊毛(ケラチン) |
| ⑩ グリコーゲン | |

問 2 化合物 C と化合物 F の脱水縮合反応によって生成する官能基を主な官能基として含む物質を、以下の①～⑪のうちからすべて選べ。正解は一つだけの場合もあり得る。

22

- | | |
|-----------------|-----------|
| ① ポリスチレン | ② ラード(豚脂) |
| ③ ポリエチレンテレフタラート | ④ アミロペクチン |
| ⑤ ナイロン6 | ⑥ 綿 |
| ⑦ デンプン | ⑧ フェノール樹脂 |
| ⑨ アセチルサリチル酸 | ⑩ 脂肪酸 |
| ⑪ グリコーゲン | |

問 3 化合物 A, B, C, F, および H のうち、塩基性が最も強いものを、以下の①～⑤のうちから一つ選べ。

23

- ① A ② B ③ C ④ F ⑤ H

問 4 気体 E として最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

24

- | | | |
|---------|---------|--------|
| ① 一酸化炭素 | ② エタン | ③ 塩化水素 |
| ④ 酸素 | ⑤ 水素 | ⑥ 炭素 |
| ⑦ 窒素 | ⑧ 二酸化炭素 | ⑨ メタン |
| ⑩ メタノール | ⑪ 硫化水素 | |

問 5 気体 G として最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

25

- | | | | |
|---------|-------|---------|---------|
| ① 一酸化炭素 | ② エタン | ③ 塩化水素 | ④ 酸素 |
| ⑤ 水素 | ⑥ 炭素 | ⑦ 窒素 | ⑧ 二酸化炭素 |
| ⑨ 二酸化硫黄 | ⑩ メタン | ⑪ メタノール | |

問 6 化合物 D の冷却した水溶液に化合物 H の水溶液を少量加えたときに観察される変化として最も適切なものを、以下の①～⑾のうちから一つ選べ。

26

- | | |
|----------------|---------------------|
| ① 橙赤色に変化した。 | ② 緑色に変化した。 |
| ③ 濃青色に変化した。 | ④ 無色透明な水溶液となった。 |
| ⑤ 褐色の気体が発生した。 | ⑥ 無色で刺激臭のある気体が発生した。 |
| ⑦ 淡黄色の気体が発生した。 | ⑧ 無色で腐卵臭のある気体が発生した。 |
| ⑨ 白色沈殿が生成した。 | ⑩ 濃青色沈殿が生成した。 |
| ⑪ 黒色沈殿が生成した。 | |

問 7 化合物 H の水溶液に化合物 I の気体を通じると、化合物 F が遊離した。化合物 I として最も適切なものを、以下の①～⑾のうちから一つ選べ。ただし、化合物 I は標準状態(0℃, 1気圧)で気体である。

27

- | | | | |
|---------|---------|-------|---------|
| ① アンモニア | ② 一酸化炭素 | ③ エタン | ④ 酸素 |
| ⑤ 水素 | ⑥ 炭素 | ⑦ 窒素 | ⑧ 二酸化炭素 |
| ⑨ メタン | ⑩ メタノール | ⑪ 硫酸 | |

問 8 化合物 H と化合物 I を高温高圧で反応させ、生成物を中和すると、化合物 C と同じ官能基をもつ化合物 J が得られる。化合物 J の質量に占める炭素の割合は何%か。以下の①～⑾のうちから最も適切な数値を一つ選べ。

28 %

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 51.2 | ② 52.4 | ③ 57.8 | ④ 60.8 |
| ⑤ 63.1 | ⑥ 68.8 | ⑦ 70.5 | ⑧ 72.7 |
| ⑨ 76.5 | ⑩ 85.7 | ⑪ 92.2 | |