

令和5年度入学試験問題

理 科

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ならない。
- 2 問題冊子は、全部で50ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が1枚入っている。

物 理 1～12ページ、 化 学 13～25ページ

生 物 26～42ページ、 地 学 43～50ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された2箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90分。
 - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科1科目の受験者は、90分。
 - ② 理科2科目の受験者は、180分。
 - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

化 学

注意

すべての気体は理想気体としてふるまうものとする。また、
必要があれば、原子量と定数は次の値を使うこと。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Ag = 108

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

1

I 次の文章を読んで、問1～問3に答えよ。

周期表14族の非金属元素として炭素とケイ素がある。高純度のケイ素の結晶は、電気伝導性が金属と絶縁体の中間の性質をもつ (1) の特性を示し、太陽電池やコンピュータの集積回路などに用いられる。

窓に利用されているガラスである (2) は、二酸化ケイ素、炭酸カルシウム、炭酸ナトリウムの混合物を高温で融解したあと、冷却してつくられる。

(2) は、ケイ素原子と酸素原子が結合した網目構造をもつが、その配列は規則的でない。このように構成粒子が規則性をもたずに配列している固体を (3) という。

二酸化ケイ素を水酸化ナトリウムとともに加熱すると、ケイ酸ナトリウムが得られる。^(a)ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると粘性の大きい液体が得られ、これを (4) という。(4) に酸を加えるとゲル状のケイ酸を生じ、これを加熱脱水して生成した多孔質である物質を (5) という。

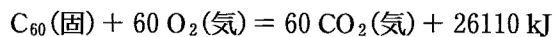
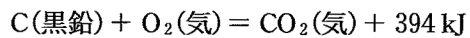
炭素原子は4個の価電子をもち、他の炭素原子と価電子を出しあって安定な化学結合をつくる。このような結合を (6) という。炭素の結合のしかたは多様であり、ダイヤモンド、黒鉛(グラファイト)、フラーレンなどの、単体であるが性質が異なる (7) が存在する。黒鉛は平面層状構造をもつ。黒鉛の層状構造が筒状に丸まったものは (8) とよばれる。C₆₀の組成で表されるフラーレンは、球状の分子である。

問 1 空欄 (1) ~ (8) にあてはまる最も適切な語を次のア~ネから選び、記号で答えよ。

- | | | |
|------------|---------|--------------|
| ア セラミックス | イ 導 体 | ウ 半導体 |
| エ ソーダ石灰ガラス | オ 鉛ガラス | カ 石英ガラス |
| キ 液 体 | ク 溶 液 | ケ アモルファス |
| コ 粘 土 | サ 水ガラス | シ セメント |
| ス シリカゲル | セ 生石灰 | ソ 水 晶 |
| タ イオン結合 | チ 金属結合 | ツ 共有結合 |
| テ 同位体 | ト 同素体 | ナ 同族体 |
| ニ グラフェン | ヌ 無定形炭素 | ネ カーボンナノチューブ |

問 2 下線部(a)の反応を、化学反応式で書け。

問 3 以下の熱化学方程式より、黒鉛から 1 mol のフラーレン C_{60} を生成する反応を熱化学方程式で書け。導出の過程も示せ。



II 問 4～問 6 に答えよ。

問 4 触媒を用いて窒素酸化物を窒素と水に分解する反応は、排ガス中の窒素酸化物を処理する目的で利用されている。以下の(1)および(2)の反応を化学反応式で書け。触媒は化学反応式に含めなくてよい。

(1) 等しい物質の一酸化窒素とアンモニアを、酸素(O_2)と反応させて、窒素(N_2)と水のみ分解する。

(2) 二酸化窒素をアンモニアと反応させて、窒素(N_2)と水のみ分解する。

問 5 水に対する溶解度は、メタンよりアンモニアの方が高い。その理由を分子構造の観点から説明せよ。

問 6 十分な量の硝酸銀水溶液を白金電極を用いて、5.00 A の電流で 610 秒間、電気分解した。以下の(1)および(2)に答えよ。

(1) 陰極で析出した銀の質量を g 単位で求めよ。有効数字 3 桁とする。計算の過程も示せ。

(2) 陽極で発生した酸素(O_2)の標準状態における体積を L 単位で求めよ。有効数字は 3 桁とする。ただし、酸素は水に溶けないものとする。計算の過程も示せ。

2 は次ページ

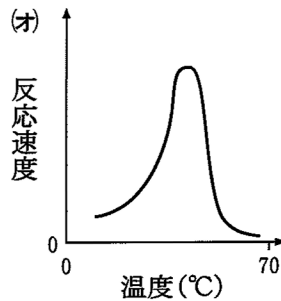
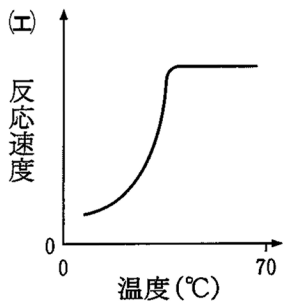
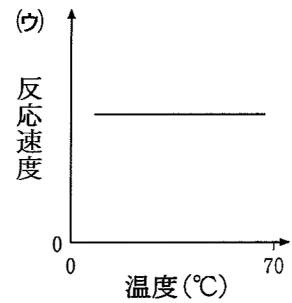
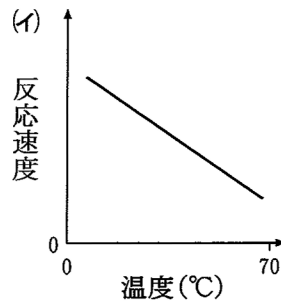
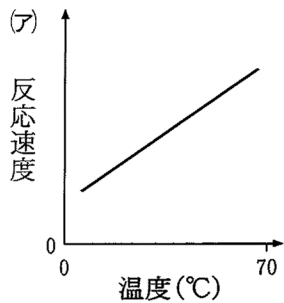
2

I タンパク質に関する次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

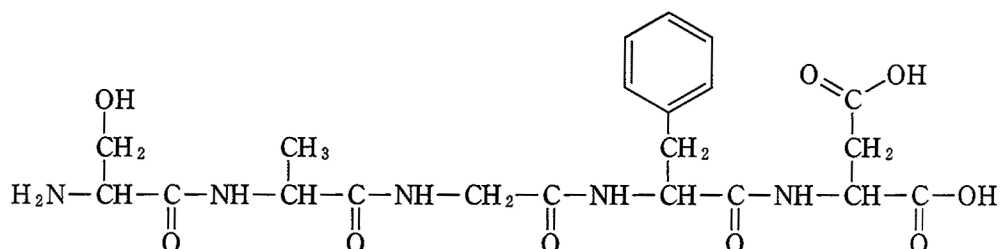
タンパク質の中には、加水分解によってアミノ酸のみを生成するものと、
アミノ酸以外に糖、脂質、リン酸、核酸、色素などを生成するものが存在す
^(a)
_(b)る。前者に分類されるタンパク質をある酵素により加水分解したら、ペプチドAが生成した。

問1 下線部(a)および(b)に相当する、タンパク質の分類上の総称をそれぞれ書け。

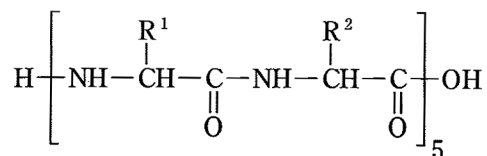
問2 一般的な酵素の触媒作用による反応速度と温度の関係を表すグラフとして最も適切なものを下図の(ア)～(オ)から一つ選び、記号で書け。



問 3 ペプチド A は以下の構造式で示される。ペプチド A を構成するアミノ酸の数を求めよ。また、ペプチド A に含まれる不斉炭素原子の数を求めよ。



問 4 以下の構造式で示されるペプチド B は、分子量が 1188 で、側鎖 R¹ および R² をもつジペプチドが 5 つ連なった構造をもつ。ペプチド B を構成する 2 種類のアミノ酸は、問 3 のペプチド A を構成するアミノ酸に含まれる。また、ペプチド B は濃硝酸と反応して黄色に変色した。このペプチド B を構成している 2 種類のアミノ酸の構造式およびアミノ酸の名称を書け。導出の過程も示せ。



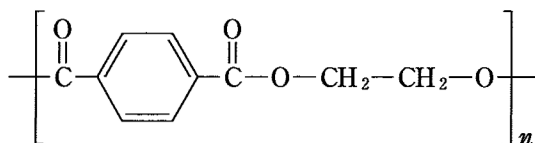
問 5 一般にトリペプチドは、呈色反応によりジペプチドと区別できる。この呈色反応の名称を書け。また、呈する色およびこの反応に関与する金属イオンの名称を書け。

II 次の文章を読んで、問6～問9に答えよ。

ポリビニルアルコールは、酢酸ビニルを付加重合させてできるポリ酢酸ビニルをけん化することにより合成される。ポリビニルアルコールは水に溶けやすい。ポリビニルアルコールを繊維状に加工した後に、ホルムアルデヒドを作用させることにより水に不溶な繊維であるビニロンが得られる。

問6 (例)にならい、重合度 n のポリビニルアルコールの構造式を書け。また、酢酸ビニルの構造式を書け。

(例)



問7 けん化について、反応物および生成物の一般名を含めて説明せよ。

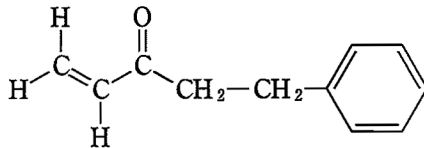
問8 100 g のポリ酢酸ビニルを完全にけん化することにより得られるポリビニルアルコールの質量を g 単位で求めよ。ただし、繰り返し構造に含まれない両末端の原子もしくは原子団は無視できるものとし、有効数字を2桁とする。求める過程も示せ。

問9 下線部(c)で起きる反応の名称を書け。また、この反応により繊維が水に不溶になる理由を説明せよ。

3

[注意] 構造式は下の(例)にならって簡略に示せ。

(例)



I 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

56 mg の化合物 A を完全に燃焼させると 72 mg の水と 176 mg の二酸化炭素のみが生成した。また、化合物 A は標準状態で気体であり、その状態で 22.4 mL の化合物 A の質量は 56 mg だった。

化合物 A を褐色の臭素水に通すと、溶液が無色に変化した。また、酸性条件のもとで過マンガン酸カリウムを用いて化合物 A を酸化すると、炭素間二重結合が切断されて化合物 B と化合物 C が生成した。化合物 B は酢酸カルシウムの熱分解(乾留)により合成することもできる。^(a) 化合物 C を含む水溶液をさらに酸化すると、無色の気体^(b)が発生した。

問 1 化合物 A の分子式を求めよ。求める過程も示せ。

問 2 1.0 mol の化合物 A と過不足なく反応する臭素分子の物質量を求めよ。

ただし、有効数字を 2 桁とする。求める過程も示せ。

問 3 下線部(a)について、この反応を化学反応式で書け。

問 4 化合物 A の構造式を書け。

問 5 下線部(b)の気体は、圧力 1.013×10^5 Pa のもとで -79 °C 以下に温度を下げると固体に状態が変化する。下線部(b)の気体の名称を書け。

II 次の文章を読んで、問 6～問 9 に答えよ。

ベンゼンは、水にはほとんど溶けない無色の揮発性の液体であり、ニトロベンゼンやフェノールなどの多くの芳香族化合物の原料となる。また、ベンゼンは置換反応を起こしやすいが、特別な条件のもとでは付加反応を起こす。

芳香族カルボン酸である安息香酸は、冷水には溶けにくいが熱水に溶けて弱酸性を示す。フェノールは水に溶けて、その水溶液は弱酸性を示す。フェノールはクメン法によりベンゼンから合成できるが、スルホン化や塩素化を利用してもベンゼンから合成できる。

問 6 下線部(c)について、3.9 g のベンゼンに気体 D をある条件のもとで完全に反応させると、すべての不飽和結合に気体 D が付加して 4.2 g の化合物 E が生成した。気体 D と化合物 E の分子式を書け。

問 7 下線部(d)を利用した合成経路では、ベンゼンから 4 段階の化学反応を経てフェノールが合成される。4 段階目を除くそれぞれの反応において生成する化合物の構造式を、生成する順番で左から並べて書け。また、3 段階目の反応の名称を書け。

問 8 フェノールも置換反応を起こしやすく、フェノールを混酸と十分に反応させるとピクリン酸が生成する。この反応を化学反応式で書け。

問 9 安息香酸とフェノールの混合物からそれぞれを分離する方法として、その混合物をジエチルエーテルに溶解したのちに、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて一方を水溶液側に抽出して分離する方法がある。この分離方法の原理を説明せよ。

4 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。ただし、中和によって生じる塩はすべて水溶液中で完全に電離するものとする。

必要があれば、 $\log_{10} 2 = 0.301$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ を用いよ。

1 価の酸性電解質 HA を水に溶かすと、式①のような電離平衡が成り立つ。



25℃において、0.100 mol/L の HA 水溶液の電離度は 0.600 であった。この HA 水溶液 1.00 L を同じモル濃度の NaOH 水溶液を用いて過不足なく中和したところ、5.41 kJ の熱量が発生した。この中和操作において、HA_{aq} は式①の正反応により電離した後、中和される。電離している $\text{H}^+_{\text{aq}} + \text{A}^-_{\text{aq}}$ と NaOH 水溶液との中和熱は、HCl 水溶液と NaOH 水溶液の中和熱に等しいとみなせる。

つぎに 25℃において、0.100 mol/L より低い濃度の HA 水溶液を、HA 水溶液と同じモル濃度の NaOH 水溶液を用いて過不足なく中和した。

問 1 下線部(a)について、中和操作前の HA 水溶液の pH を有効数字 3 桁で求めよ。導出の過程も示せ。ただし、水溶液中の H^+ はすべて HA の電離によって生じたとする。

問 2 下線部(b)について、中和に要した NaOH 水溶液の体積を L 単位で求めよ。有効数字は 3 桁とし、導出の過程も示せ。

問 3 下線部(c)の理由を、イオン反応式を用いて説明せよ。

問 4 HCl 水溶液と NaOH 水溶液との中和熱を 56.5 kJ/mol として、式①の正反応の反応熱を kJ/mol 単位で求めよ。有効数字は 2 桁とし、導出の過程も示せ。発熱反応か吸熱反応かも書け。

問 5 下線部(b)および(d)の操作において発生したそれぞれの熱量を HA 1 mol あたりの熱量に換算した値は、 Q_b [kJ/mol] および Q_d [kJ/mol] であった。 Q_b と Q_d の大きさを比較した関係式として、最も適切なものを次の(ア)~(ウ)の中から選び、記号を書け。また、選んだ大小関係になる理由も説明せよ。ただし、式①の反応熱や電離している $H^+aq + A^-aq$ と NaOH 水溶液との中和熱は変化しないものとする。

- (ア) $Q_b > Q_d$ (イ) $Q_b = Q_d$ (ウ) $Q_b < Q_d$

下書き用紙（自由に使用してよい。持ち帰ること。）

