

令和4年度一般選抜試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で31ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が3枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。

- ・ 一般選抜試験のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
- ・ 併用試験のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
- ・ 一般選抜試験と併用試験の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。

なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。

また、※印の欄には何も記入してはならない。

- 4) 理科は物理・化学・生物のうち2科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙3枚のうち1枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

化 学 (前期)

〔注意〕 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.1$,

$Na = 23.0$, $Cl = 35.5$, $Ar = 40.0$, $K = 39.1$, $Cu = 63.6$,

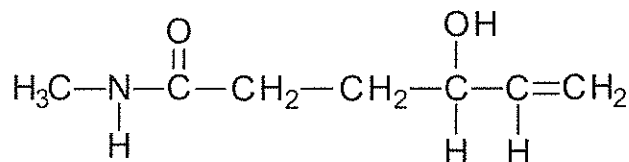
$I = 126.9$

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

水のイオン積 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$

また有機化合物を構造式で解答する場合に特別な指示がなければ、次の例を参考にしなさい。



I 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

周期表の(ア)族に分類される元素に、窒素、(イ)、ヒ素などがあり、これらの原子はいずれも(ウ)個の価電子をもつ。

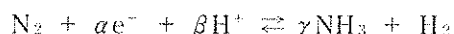
このうち窒素は様々な化合物として自然界に存在する。窒素の単体は大気の体積の約78%を占めるが、その反応性は低い。一方で窒素を含む化合物には、生命の維持やヒトの生活においても重要な働きをしているものが多い。例えば、アンモニアは窒素と水素を原料に(エ)法と呼ばれる方法で工業的に大量に合成されて、利用されている。

アンモニアから硝酸を合成することができる。市販の濃硝酸は、アンモニアと空気、そして水を原料にして作られる。硝酸を合成する反応は、3つの化学反応から

なっている。まずアンモニアと空気を混合した気体を、加熱した白金製の網(メッシュ)に通じると気体 A が生じる。得られた気体 A を冷却後、さらに空気(酸素)と反応させると気体 B となる。この気体 B に水を霧状に吹きかけると、硝酸が得られる。このような一連の硝酸の合成方法は、(オ)法として知られている。

問 1 文中の空欄(ア)～(オ)に入る最も適切な語句や数を、それぞれ解答欄(ア)～(オ)に答えなさい。

問 2 下線部①に対して、自然界においてはある種の生物により大気中の窒素はアンモニアへと変換されて、生態系に入り、多くの生物の生命現象に利用されている。その生物は、酵素反応を利用して大気中の窒素からアンモニアと水素を合成している。以下はその反応の一部を表した半反応式である。 α 、 β 、 γ に入る値(整数)はそれぞれいくらか。解答欄(α)～(γ)にそれぞれ答えなさい。



問 3 下線部①に関して、アンモニアが工業的に合成される際の反応を熱化学方程式で表すと以下ようになる。この時、気体の二酸化窒素の生成熱を x kJ、気体の水の生成熱を y kJ、気体のアンモニアの燃焼熱を z kJ とすると Q の値はいくらか。 x 、 y 、 z を用いた文字式で表し、解答欄に答えなさい。



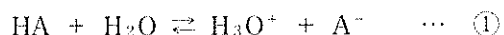
問 4 下線部②の一連の化学反応が進むと、それぞれの窒素化合物中の窒素原子の酸化数はどのように変化するか。解答欄のそれぞれ対応する欄に答えなさい。

問 5 ある市販の濃硝酸の製品ラベルには、質量パーセント濃度で 60.0 % の硝酸を含み、その密度は 1.26 g/cm^3 であると書かれていた。この濃硝酸 500 mL を製造するためには、 30.0°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L のアンモニアが必要であるか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

Ⅱ 次の[文章1]～[文章3]を読み、問1～問5に答えなさい。

[文章1]

ある1価の酸HAの $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水溶液がある。この水溶液では、以下の反応式①で示すような平衡にあり、この条件下での酸HAの電離定数 K_a は $1.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ であった。

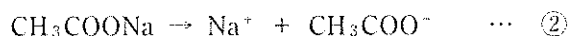


問1 この水溶液における酸HAの電離度はいくらか、有効数字2桁で答えなさい。

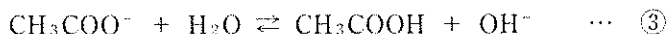
問2 ブレンステッド・ローリーの定義にしたがい、式①において塩基とみなされる分子またはイオンをすべて選び解答欄に答えなさい。

[文章2]

酢酸のナトリウム塩である酢酸ナトリウムを水に溶かすと以下の反応式②のように電離する。



この時、酢酸イオンの一部は水と反応し、酢酸と水酸化物イオンを生じる。



この現象を塩の加水分解といい、反応式③の場合ではその平衡は大きく左に傾いているものの、ごく一部生成した水酸化物イオン OH^- の影響で、溶液はアルカリ性を示すことになる。

この反応の平衡定数を K_h とし、これを加水分解定数という。この加水分解定数 K_h は、水のイオン積 K_w および酸の電離定数 K_a との間に $K_h = K_w/K_a$ の関係がある。

問 3 25℃において、0.200 mol/L の酢酸水溶液 20.0 mL と 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 20.0 mL とを混合し、そこへ純水を加えて 1.00 L とし、十分に混ぜ合わせた。

この混合溶液における水酸化物イオン濃度を有効数字 3 桁で解答欄(i)に、この混合溶液の pH の値を小数点以下第一位まで解答欄(ii)に、それぞれ答えなさい。ただし、25℃における酢酸の K_a を 4.00×10^{-10} mol/L とする。

[文章 3]

1 価のカルボン酸 A をアルコール B 1 と反応させて生じたエステル C 1 と、カルボン酸 A をアルコール B 2 と反応させて生じたエステル C 2 がある。それら 2 種類のエステルの分子量を測定したところ、いずれも 144 であった。

問 4 アルコール B 1 を酸化すると、カルボン酸 A が得られた。アルコール B 1 として、考えられるすべての構造を構造式で解答欄に答えなさい。

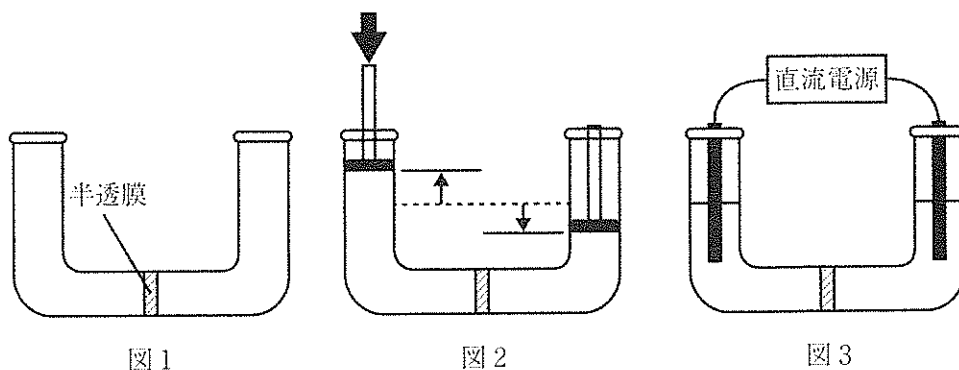
問 5 アルコール B 2 を酸化したところ化合物 D 2 が得られた。この化合物 D 2 はカルボン酸 A とは異なる物質で、その分子量はカルボン酸 A と比べて 15～20 % 小さいと見積もられた。また、アルコール B 2 に少量の濃硫酸を添加して加熱すると主として炭化水素 E 2 が得られた。次に、この炭化水素 E 2 の構造を確認するために水と反応させて、その生成物を分析したところ、アルコール B 2 のみが確認された。

得られた炭化水素 E 2 として最も適切な構造を構造式で解答欄に答えなさい。ただし立体異性体を区別する必要はない。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

(ア) gのヨウ化カリウムをビーカーに量りとり、約800 mLの水で溶解した後に、全て(イ)に移し、水で1.00 Lにして、0.200 mol/Lのヨウ化カリウム水溶液を作製した。続いて、15.0 gのデンプンをビーカーに量りとり、約800 mLの水を入れて、かき混ぜながら透明になるまでガスバーナーでゆるやかに加熱した。室温まで冷却した後、このデンプン溶液を全て(イ)に移し、水で1.00 Lにした。さらに、(ウ) gのチオ硫酸ナトリウム五水和物をビーカーに量りとり、約800 mLの水で溶解した後に、全て(イ)に移し、水を加えて1.00 Lにした。これにより 1.25×10^{-2} mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液を得た。

図1に示すU字管がある。このU字管は、内径が一定であり、斜線の部分が半透膜により仕切られている。このU字管を用いて以下の実験1と実験2を行った。



[実験1]

U字管の一方の開口部から先に作製したデンプン溶液を、他方からは水を、それぞれ100 mLずつ入れた。1時間後に観察したところ、一方の開口部の液面が上昇し、他方は下降していた。その後一定時間ごとに水面の変化を観察したところ、やがて変化が見られなくなった。そこで、U字管の両方にぴったりと適合するピストンを装着した(図2)。そして、液面が上昇していた管に装着した方のピストンに矢印(大)の方向に力をかけたところ、両方の水面の高さが同じになった。この時の圧力は、 2.77×10^3 Paであり、この観察の間、室温は27.0℃で一定であった。

[実験2]

100 mL のヨウ化カリウム水溶液の入ったビーカーに、100 mL のデンプン溶液を静かに注ぎ込み、よくかき混ぜて混合溶液を作製した。続いて、この混合溶液を100 mL ずつ U 字管の両側の開口部より注ぎ入れた。このように U 字管に入れた混合溶液に、炭素棒を電極として浸した(図3)。これらの電極から U 字管内の溶液に一定の大きさの直流電流を流したところ、一方の電極からは気体が発生し、もう一方の電極付近では溶液の色が変化した。その後、しばらくして通電を停止した。その状態で十分な時間静置したが、溶液の色の変化は他方へと移ることはな
①
かった。その後、それぞれの極の溶液を別々のビーカーに全て回収し、それぞれをよく攪拌した。

次に、着色した方の溶液を(エ)を用いてコニカルビーカーへ正確に 10.00 mL
②
を量りとった。この溶液に、(オ)を用いて $1.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のチオ硫酸ナトリウム水溶液を滴下したところ、やがて溶液の色が消えた。この時の滴下量は、7.20 mL であった。この滴定では、チオ硫酸ナトリウム水溶液中のチオ硫酸イオン $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ が下の半反応式にしたがって反応したと考えられる。



問 1 文中の(ア)～(オ)に入る最も適切な数値や語句をそれぞれ解答欄(ア)～(オ)に書きなさい。数値で答える場合は、有効数字3桁で答えなさい。

問 2 [実験1]から、このデンプンの分子量を求め、解答欄に有効数字3桁で答えなさい。なお、ピストンに伝えた力は全て溶液にかかるものとし、ピストンの重量や摩擦抵抗などは無視できるものとする。

問 3 [実験2]において、溶液の色が変わった方に浸されている電極は何極であるか、解答欄(i)に答えなさい。また溶液の色が変わる要因となった反応名を解答欄(ii)に答えなさい。

問 4 [実験 2]の下線部②のチオ硫酸ナトリウム水溶液による滴定の際に、コニカルビーカー内で進行した反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 5 [実験 2]において、下線部①にある「十分な時間の静置」で U 字管の内部は平衡状態となったとする。この時、着色の見られた溶液の pH の値を解答欄(i)に、気体が発生していた方の溶液の pH の値を解答欄(ii)にそれぞれ小数第二位まで求め、答えなさい。

IV 以下の問 1～問 5 に答えなさい。

問 1 次の化合物のうち、沸点が最も高いものを解答欄(i)に、最も低いものを解答欄(ii)にそれぞれ(ア)～(カ)の記号で解答欄に答えなさい。

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| (ア) 硫化水素 | (イ) 塩化水素 | (ウ) アンモニア |
| (エ) メタン | (オ) プロパン | (カ) フッ化水素 |

問 2 2019 年 5 月にアボガドロ定数の定義が変更されたが、これまでアボガドロ数は 12 g の ^{12}C に含まれる原子数を基準として決められていた。 ^{12}C の原子量を 12 とする基準($^{12}\text{C} = 12$)に沿って求められた以下の各数量(ア)～(オ)について、この基準を $^{12}\text{C} = 6$ に変更すると、それらの数量はどのようなになるか。数量が増加する場合は解答欄に「+」を、減少する場合は解答欄に「-」、変化しない場合は「0」とそれぞれ解答欄に答えなさい。

- (ア) 酸素 1 g 中の酸素原子の数
- (イ) 窒素 1 g 中の窒素原子の物質量
- (ウ) ヘリウムの原子量
- (エ) 水素分子の水への溶解度
- (オ) 1 mol の塩化ナトリウムの質量

問 3 次の(ア)～(オ)の物質について、物質量の多い順に並べ、それぞれ解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) 142 g の塩素
- (イ) 3.01×10^{24} 個のナトリウム原子
- (ウ) 7.80 g のベンゼンを完全燃焼させたときに生成する二酸化炭素
- (エ) 標準状態(0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)で 40.32 L のアルゴン
- (オ) 1 mol のエタノールを完全燃焼させたときに生成する水

問 4 耐圧性の容器内に充填された二酸化炭素を、以下の各条件にした時に、その状態はどのようなになるか。条件 1～条件 3 における二酸化炭素の状態を(ア)～(カ)から 1 つ選びなさい。また、同じ選択肢を何度使用してもよい。

なお二酸化炭素は、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ では -78.5°C で昇華し、 $20.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ では -20.0°C で沸騰するとする。また、二酸化炭素の三重点の圧力と温度はそれぞれ $5.15 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 -56.3°C であるとする。

● 条件 1 : $20.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 -80.0°C

● 条件 2 : $20.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 -20.0°C

● 条件 3 : $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 -56.3°C

状態の選択肢

(ア) 固 体

(イ) 液 体

(ウ) 気 体

(エ) 固体と液体

(オ) 液体と気体

(カ) 気体と固体

問 5 ある元素には 2 種類の安定同位体が存在する。この同位体のうち、質量数の小さい方の原子 1 個あたりの質量は $x \text{ g}$ である。これに対して質量数の大きい方の原子 1 個の質量は、質量数の小さい方の原子の 1.04 倍であった。自然界においてこの元素は、同位体の質量数の小さい方の原子が質量数の大きい方の原子の 3.00 倍存在している。

この時、炭素原子(^{12}C)の 1 個あたりの質量を $y \text{ g}$ とすると、この元素の原子量はいくらになるか。 x と y を使用した最も簡単な文字式で解答欄に答えなさい。