

(前期日程)

令和5年度 理科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

化学受験の者は、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出題科目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～12
化学基礎・化学(化学)	14～23

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および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なさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、**1**～**5**の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 $H = 1.01$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$

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

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

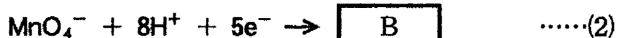
ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

1 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

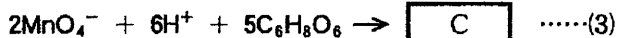
アスコルビン酸 $C_6H_8O_6$ は酸化されやすい物質であり、その性質を利用して食品の酸化防止剤として使用されている。アスコルビン酸は、酸化されるとデヒドロアスコルビン酸 $C_6H_6O_6$ となり、その関係性を電子 e^- を含んだイオン反応式として表すと、次の(1)式のようになる。



したがって、濃度がわかっている酸化剤を用いることで、滴定により、溶液中のアスコルビン酸を定量することができる。滴定実験で酸化剤として用いられる代表的な物質として過マンガン酸カリウムがある。酸性水溶液中の過マンガン酸イオンが酸化剤としてはたらくときのイオン反応式は次の(2)式のように表される。



よって、過マンガン酸イオンとアスコルビン酸が反応するときのイオン反応式は次の(3)式で表すことができる。



ここで、(3)式に基づき、ある無色透明の清涼飲料水に含まれるアスコルビン酸を酸化還元滴定により定量した。滴定ではまず、清涼飲料水に希硫酸数滴を加えてよく混ぜ、これを試験溶液として正確に 50 mL を三角フラスコに入れた。次に、事前に標定を行ったモル濃度 0.015 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットに入れ、試験溶液に加えて滴定を行った。滴定の終点は、過マンガン酸カリウム水溶液を滴下し、赤紫色が消えなくなった状態^①とした。以上の滴定を複数回繰り返し、滴定に要した過マンガン酸カリウム水溶液の体積について、平均値を計算すると 6.0 mL となった。

問 1

A

 ~

C

 の空欄を埋めて、式を完成させなさい。

問 2 下線部^①のように、滴定の終点を過ぎると赤紫色が消えなくなるが、終点より前では、過マンガン酸カリウム水溶液を滴下しても、すぐに赤紫色が消失する。このように滴定の終点の前と後で、過マンガン酸カリウム水溶液を加えたときの色の変化が異なる理由について説明しなさい。

問 3 上記の酸化還元滴定の結果から、試験溶液中のアスコルビン酸のモル濃度を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、清涼飲料水中に含まれる成分でアスコルビン酸以外に過マンガン酸カリウムと反応する物質はないものとする。解答欄には計算の過程も示すこと。

問 4 試験溶液 100 mL 当りのアスコルビン酸の含有量は何 mg か、有効数字 2 桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も示すこと。

2 次のⅠ、Ⅱを解答しなさい。

Ⅰ. 問1～問4に答えなさい。

問1 以下の酸化物を、①酸性酸化物、②塩基性酸化物、③両性酸化物に分類しなさい。解答は化学式で書きなさい。



また、③の両性酸化物のうち、第3周期の元素の酸化物が、④塩酸、および、⑤水酸化ナトリウム水溶液と反応する際の化学反応式を、それぞれ書きなさい。解答は、該当する番号①～⑤の解答欄に書きなさい。

問2 塩素の水溶液を塩素水といい、殺菌や漂白に利用される。塩素水中では、塩素の一部が水と反応して、塩化水素と次亜塩素酸を生じている。この反応の化学反応式を書きなさい。また、この化学反応式中のすべての塩素原子の酸化数を、それぞれの塩素の元素記号の下に書きなさい。

問3 酢酸と炭酸水素ナトリウムが反応すると二酸化炭素が発生する。いま、酢酸の質量パーセント濃度が4.0%である食酢100gと、純度が100%である炭酸水素ナトリウム5.0gを混合した。酢酸と炭酸水素ナトリウムとの反応によって発生した二酸化炭素は何gか、有効数字2桁で答えなさい。ただし、食酢中の酢酸以外の成分は炭酸水素ナトリウムと反応しないものとする。また、酢酸と炭酸水素ナトリウムとの反応は完全に進行し完了したものとする。

問4 原子番号6～9の元素の水素化合物のうち、①刺激性のある気体でありその水溶液が弱い塩基性を示すもの、②その水溶液が弱い酸性を示しガラスを溶かすことができるもの、をそれぞれ物質名および化学式の両方で答えなさい。

解答は、該当する番号①と②の解答欄に書きなさい。

II. 次の文章を読み、問1・問2に答えなさい。

試験管 A, 試験管 B, 試験管 C には、「硝酸, 塩酸, 硫酸, 硫化水素」のうち、いずれか1つの水溶液が入っている。なお、試験管 A に入っているのは1価の酸の水溶液である。25℃において、実験1と実験2を行ったところ、下記の結果が得られた。

実験1：試験管 A, 試験管 B に Ag^+ を含む水溶液を加えると、試験管 A では白色沈殿が生じ、試験管 B では黒色沈殿が生じた。

実験2：試験管 A, 試験管 B, 試験管 C に Ba^{2+} を含む水溶液を加えると、試験管 C でのみ白色沈殿が生じた。

問1 試験管 A, 試験管 B, 試験管 C で生じた沈殿を、化学式で答えなさい。なお、それぞれの試験管に加える Ag^+ や Ba^{2+} を含む水溶液に存在する陰イオンの影響は考えなくてよい。

問2 試験管 A 内の酸を HX と表す。また、 HX は水中で H^+ と X^- に完全に電離するものとする。いま、濃度 $1.000 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の HX の水溶液 1.000 L をビーカーに入れた。続いて、濃度 $1.000 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の Ag^+ を含む水溶液 1.000 L を同じビーカーに加えてよく混ぜた。沈殿反応が終了した時点において、加えた Ag^+ のうち、 AgX として沈殿せずに水溶液中に Ag^+ として残っているものの割合は何%か、有効数字2桁で答えなさい。なお、沈殿反応が終了した時点において、ビーカー内の銀は、水溶液中の Ag^+ または沈殿 AgX としてのみ存在するものとする。また、 AgX の溶解度積を $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とし、溶液の混合による体積の変化は無視してよい。計算に必要であれば、1.8 の平方根を 1.34 とする。

3 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。なお、燃焼熱、生成熱、昇華熱、結合エネルギーは25℃、 1.013×10^5 Paのときの値とする。また、問3および問5～問7における数式の単位はkJ/molであるが、解答には単位をつける必要はない。

● n を1～4までの整数として、メタン、エタン、プロパンと、直鎖状のブタンの分子式を n を用いて C_nH_{2n+2} と表すことにする。 C_nH_{2n+2} は、25℃、 1.013×10^5 Paにおいて、① 気体として存在する。 C_nH_{2n+2} の燃焼熱を A_n [kJ/mol]とする。 C_nH_{2n+2} を完全燃焼させたとき、25℃、 1.013×10^5 Paにおいて、② 1 mol の CO_2 を生じるときに得ることができるエネルギーは、25℃、 1.013×10^5 Paにおいて E_n [kJ/mol]である。

● C_nH_{2n+2} の生成熱を D_n [kJ/mol]とする。固体である黒鉛(グラファイト)と、気体である H_2 と、気体の C_nH_{2n+2} との間では、次の熱化学方程式

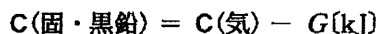


が成立する。この熱化学方程式は発熱反応を表している。

● 気体である CO_2 の生成熱 Q_C [kJ/mol]は、固体である黒鉛の燃焼熱と同じである。液体である H_2O の生成熱 Q_H [kJ/mol]は、気体である H_2 の燃焼熱と同じである。

③ C_nH_{2n+2} の生成熱 D_n は、 A_n 、 Q_C 、 Q_H 、 n を用いて表すことができる。

● C_nH_{2n+2} におけるC—H結合の結合エネルギーを B_{CH} [kJ/mol]、C—C結合の結合エネルギーを B_{CC} [kJ/mol]とする。 H_2 におけるH—H結合の結合エネルギーを B_{HH} [kJ/mol]とする。固体の黒鉛が昇華するときの熱化学方程式は、昇華熱 G [kJ/mol]を用いて、



と表すことができる。この熱化学方程式は吸熱反応を表している。なお、 G と B_{CC} は異なる値である。④ C_nH_{2n+2} の生成熱 D_n は、 G 、 B_{CH} 、 B_{CC} 、 B_{HH} 、 n を用いて表すことができる。

● Q_C 、 Q_H 、 B_{CH} 、 B_{CC} 、 B_{HH} 、 G は正の値であり、 n に依存しない。また、 A_n 、 D_n 、 E_n は正の値であり、 n に依存する。

● ⑤ E_n は、 $n = 1$ のとき最大、 $n = 4$ のとき最小である。

問 1 下線部①について、 n が 1 から 4 に増えるに伴い C_nH_{2n+2} の沸点が上昇する。
その理由を説明しなさい。

問 2 C_nH_{2n+2} を完全燃焼させたときの反応式を、 n を含んだ形式で書きなさい。

問 3 下線部②について、 E_n を、 A_n 、 n を用いて表しなさい。

問 4 と に入る係数を、 n を用いて表しなさい。

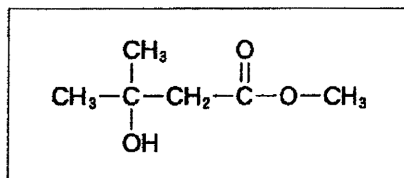
問 5 下線部③について、 D_n を、 A_n 、 Q_C 、 Q_H 、 n を用いて表しなさい。

問 6 下線部④について、 D_n を、 G 、 B_{CH} 、 B_{CC} 、 B_{HH} 、 n を用いて表しなさい。

問7は、問題誤りのため削除

- 4 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



分子式 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ で表される、環構造を含まない鎖状化合物の構造異性体 A～F について考える。ただし、化合物 E と化合物 F は不安定なため、化合物 E は化合物 A と、化合物 F は化合物 B との平衡混合物として存在する。化合物 A～D を用いて実験1から実験4を行ったところ、下記の結果が得られた。

実験1：化合物 A にフェーリング液を加えて加熱したところ、赤色の固体が①沈殿した。

実験2：化合物 B にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、特異臭をもつ黄色の固体が②沈殿した。

実験3：化合物 C に金属ナトリウムを加えたところ、無色の気体が発生するとともにある化合物が③得られた。一方、化合物 D に金属ナトリウム④を加えても反応しなかった。

実験4：臭素水に化合物 C を加えたところ、臭素の色が消えた。同様に、臭素水に化合物 D を加えた場合も臭素の色が消えた。

問1 下線部①～③の生成物を化学式で答えなさい。

問2 化合物 A について、実験1の結果を与えるのに必要な官能基名を答えなさい。

問3 実験2で起こった反応の名称を答えなさい。

問 4 化合物 A ~ F の構造式を書きなさい。ただし、シス形とトランス形を区別する必要はない。

問 5 下線部④について、この化合物に水を加えると塩基性を示す。なぜこのようになるのか説明しなさい。

問 6 実験 4 について、次の ~ に入る適切な語句を答えなさい。

臭素の色が消えたこれらの化学反応は 反応の一種である。また、触媒存在下、アセチレンと塩化水素から塩化ビニルが得られる反応も 反応である。実験 4 において、化合物 C または化合物 D から得られる化合物は、それぞれ 異性体の混合物になる。 異性体は分子内に 原子をもち、融点や密度が互いに といった特徴をもっている。

5 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、自然界に大量に存在する。衣類やタオルなどに使われる **ア** や、紙の原料である **イ** などは、比較的純粋なセルロースである。セルロースは高分子化合物であり、その単量体は **A** である。セルロースをセルラーゼという酵素により加水分解することで得られる二量体は **B** である。セルロースは $[C_6H_{10}O_5]_n$ と表されるが、繰り返し単位にはヒドロキシ基—OHが3個あり、示性式としては、 $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ と表すことができる。このヒドロキシ基を利用して、セルロースは様々な加工される。

ヒドロキシ基をすべてニトロ化したトリニトロセルロースは **ウ** の原料であり、これを一部加水分解したジニトロセルロースはセルロイドの原料である。ヒドロキシ基をすべてアセチル化したトリアセチルセルロースは、液晶ディスプレイに用いられる偏光板の保護膜として用いられている。ジアセチルセルロースは溶媒に溶かすことができる。それを紡糸すると **C** 繊維または単に **C** と呼ばれる繊維が得られる。絹に似た光沢があり、ネクタイなどに用いられる。

生ゴム(天然ゴム)は、ゴムノキから採取される粘性の高い白色の樹液から得られる。生ゴムの主成分はポリ **D** であり、その **D** 単位1つについて1つの二重結合がある。この二重結合はシス形である。生ゴムに適量の硫黄を加えて加熱すると、弾性などの性質がより優れたゴムが得られる。この操作を **E** という。生ゴムに類似した化学構造を持つ合成高分子に1,3-ブタジエン $CH_2=CH-CH=CH_2$ を重合させたブタジエンゴムがあり、タイヤの原料として広く用いられている。

毛髪の主成分は **F** という繊維状タンパク質である。 **F** には多数の **エ** 結合が存在する。還元剤を含むパーマ液で毛髪を処理すると、この **エ** 結合が切断される。この状態で毛髪を好みの形に整形し、酸化剤を含む水溶液で処理すると、その形に固定される。

問 1 ア ~ エ の空欄を埋めるのに最も適切な語句を、以下の語群から選び番号で答えなさい。

[語群]

- | | | |
|-------------|------------|------------|
| (1) 綿 | (2) 絹 | (3) ポリエステル |
| (4) ラテックス | (5) パルプ | (6) ビニロン |
| (7) リグニン | (8) ダイナマイト | (9) 無煙火薬 |
| (10) セッケン | (11) アミド | (12) ペプチド |
| (13) ジスルフィド | (14) 水素 | |

問 2 A ~ F に入る適切な語句を答えなさい。

問 3 下線部①について、セルロース 1.00 kg を無水酢酸でアセチル化してすべてトリアセチルセルロースとする場合を考える。理論上この反応に最低限必要な無水酢酸は何 kg か、有効数字 3 桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も示すこと。

問 4 下線部②について、ブタジエンゴムの化学構造を以下の記入例にならって書きなさい。ただし、含まれる二重結合は生ゴムの場合と同じシス形とすること。

記入例

