

受験番号

令和5年度学力検査

問題冊子

理 科

注 意 事 項

1. 問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 落丁、乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 問題冊子の指定欄（1箇所）に、受験番号を正確に記入すること。
4. 問題冊子の余白は、計算などの下書きに使用してもよい。
5. 問題冊子は持ち帰ってはいけません。

[解答をするにあたっての注意]

計算問題については解法も記し，有効数字3桁で答えよ。

必要があれば次の値を用いよ。

$$\log_{10}2 = 0.301 \quad \log_{10}3 = 0.477 \quad \log_{10}9.5 = 0.978$$

$$\text{原子量：H} = 1.00 \quad \text{C} = 12.0 \quad \text{N} = 14.0 \quad \text{O} = 16.0 \quad \text{Na} = 23.0 \quad \text{Br} = 79.9$$

$$\text{標準状態：} 0\text{ }^{\circ}\text{C}, 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{気体定数：} R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

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

$$\text{プランク定数：} h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$\text{真空中の光速：} c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

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

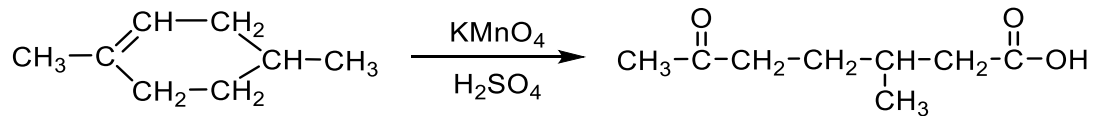
1 炭素、水素、酸素から構成され、不斉炭素原子を有する分子量 1000 以下の鎖状化合物 **A** について、実験①～⑥の文章を読み、問(1)～(6)に答えよ。なお、構造式は「構造式の記入例」にならって記せ。

[実験①] 化合物 **A** の元素分析値は、質量百分率で炭素 85.94%、水素 11.94%であった。

[実験②] 10.0 mg の化合物 **A** の溶液にナトリウムを加えると、標準状態で mL の水素ガスが発生した。

[実験③] 10.0 mg の化合物 **A** の溶液に少量の臭素を加えると、無色透明の溶液が一瞬、赤褐色になりすぐに無色透明に戻ったが、さらに臭素を追加すると mg を超えたところで赤褐色が消えなくなった。

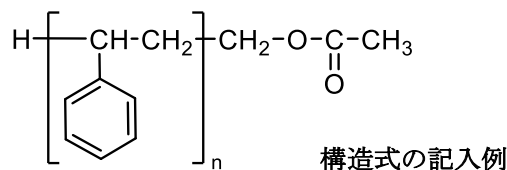
[実験④] 1.00 mol の化合物 **A** を硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液により酸化したところ、1.00 mol の化合物 **B** (分子式 C_3H_6O)、1.00 mol の化合物 **C** (分子式 $C_6H_{10}O_4$)、 mol の化合物 **D** (分子式 $C_5H_8O_3$) が生成した。化合物 **B**、**C**、**D** は不斉炭素原子を持たなかった。なお、硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液による酸化反応によって、エーテルは酸化されないが、アルコールはケトンあるいはカルボン酸に酸化され、二重結合は次の例に示すように酸化的に切断される。



[実験⑤] 実験④より生じた化合物 **C** 1.00 mol の中和を行ったところ、2.00 mol の水酸化ナトリウムが必要であった。

[実験⑥] 構造解析を行ったところ、化合物 **A** は、植物由来の化合物 **E** が付加重合して生成した炭素骨格の一方の端に水素原子が、もう一方の端に 4 個の炭素原子をもつ原子団が、それぞれ結合する構造を有していた。

- (1) 化合物 **A** の分子式を記せ。
- (2) [実験①]を化合物 **A** 10.0 mg を用いて実施した場合に検出される二酸化炭素と水の質量を求めよ。
- (3) 空欄 ～ に入る適切な数値を記せ。
- (4) [実験④]によって生じる化合物 **B**、**C**、**D** の構造式を記せ。
- (5) 化合物 **E** の名称と構造式を記せ。
- (6) 化合物 **A** の構造式を記せ。ただし、構造式に含まれる n は整数値とすること。また、シーストランス異性体を考慮する必要はない。



2 次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。

Br 原子の電子殻の最外殻には、電子対が 組と、 が 1 個存在する。HBr 分子では H 原子と Br 原子はそれぞれ と と同じ 型電子配置となり、 結合性分子であるが、2 原子間の電気陰性度の差が ため、 結合の性質を帯びる。一方、O 原子の場合、最外殻電子数は 個であり、形式上の は無いが、実際の O₂ 分子が磁性を持つことから、O 原子間が単結合で分子内に 2 つの を持つ **A** のような電子式を考えることもできる。各電子殻は右下表に示すように、電子を収容する複数 (K 殻は 1 つ) の軌道を持つ。Na 原子では 1s と 2s に 2 個ずつ、2p に 6 個、3s に 1 個の電子が収容され、電子配置は 1s² 2s² 2p⁶ 3s¹ と表す。Na 原子がエネルギーを得ると、3s 電子が 3p へ励起される。このときの電子配置は **B** となる。3p に移動した電子が 3s に戻る際、軌道エネルギー差 ΔE にあたるエネルギーを光として放出する。光の波長 λ と ΔE の間には $\Delta E = hc/\lambda$ (h はプランク定数、 c は真空中の光速) の関係が成り立ち、Na 原子 1.00 mol あたりの ΔE が 203 kJ のとき、観測される光の波長は m となり、黄色の光が観察される。

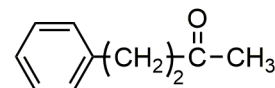
- 空欄 ～ に入る適切な語句または数値を記せ。
- 空欄 に入る適切な数値と電子式 **A** を記せ。
- 本文を参考に電子配置 **B** を記せ。
- 空欄 に入る適切な数値を記せ。

電子殻	電子軌道
K 殻	1s
L 殻	2s, 2p
M 殻	3s, 3p, 3d

3 次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。なお、構造式は「構造式の記入例」にならって記せ。

合成高分子化合物の多くは重合反応によって生成される。重合には、不飽和結合をもつ単量体が多重結合を開いて結びつく 重合や、単量体間で水分子などがとれて結合する 重合などがある。日本で開発されたビニロンは次の操作により合成される。酢酸ビニルを 重合させてポリ酢酸ビニルとし、^①それを水酸化ナトリウムで すると、ポリビニルアルコールが得られる。得られた水溶液を細孔から硫酸ナトリウムの飽和水溶液中に押し出すと繊維状に固まる。さらに、 水溶液で処理し、 化すると、ビニロンが得られる。一方、 系合成繊維として開発されたナイロン 66 は、2 価カルボン酸の化合物 **A** と 2 価アミンの化合物 **B** の 重合で得られる。なお、^②ナイロン 66 の平均分子量は、中和滴定により算出できる。

構造式の記入例



- 空欄 ～ に入る適切な語句または化合物名を記せ。
- 化合物 **A** と **B** の名称と構造式を記せ。
- 下線①について、分子量 5.16×10^4 のポリ酢酸ビニルを完全に し、続いて 水溶液で処理したところ、分子内の OH 基の 4 分の 1 が反応し、ビニロンが得られた。生成したビニロンの分子量を求めよ。
- 下線②について、12.0 g のナイロン 66 を適切な溶媒に溶解し、0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定したところ、中和点までに 6.00 mL を要した。このナイロン 66 の平均分子量を求めよ。ただし、アミノ基は滴定実験に影響しないものとする。

※ 表現が不適切であったが、解答に影響を及ぼす可能性は極めて低く、採点に支障はない。

4 次の問(1)~(5)に答えよ。なお、温度は 25 °C とし、大気中成分の影響はないものとする。

- (1) 0.200 mol/L 酢酸水溶液の pH を求めよ。なお、酢酸の電離定数は $K_a = 2.70 \times 10^{-5}$ mol/L であり、酢酸の電離度 α は 1 より十分小さいこととする。
- (2) (1)の水溶液 15.0 mL に 0.200 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 15.0 mL を加え中和した際、生成する酢酸ナトリウムのモル濃度を求めよ。
- (3) (2)で生成した酢酸ナトリウムの加水分解が進行した場合、その加水分解定数 K_h を求めよ。なお、 K_h の単位も示すこと。
- (4) 酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応後、精製・乾燥を行うことで体積 5.10 cm³ の酢酸ナトリウムの無水物が得られた。この結晶を構成している酢酸ナトリウムの分子の数を求めよ。ただし、結晶の密度は 1.53 g/cm³ とする。
- (5) 1.00×10^{-6} mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を純水で 100 倍希釈しても酸性の水溶液にはならない。その理由を示し、希釈後の pH を求めよ。なお、ルート内の数値については、小数点第二位を四捨五入して得られた近似値を用いよ (例: $\sqrt{2.01} \doteq \sqrt{2}$)。

5 密閉容器の中でヨウ化水素 HI を加熱すると、HI は水素 H₂ とヨウ素 I₂ に分解される。下表はその際の温度 T [K] における反応速度定数 k 及び $1/T$ [1/K] と $\log_e k$ (e : 自然対数の底) の値を示したものである。また、反応速度定数 k と絶対温度 T [K] の間には、一般的に式①の関係が成り立つことが知られている。問(1)~(5)に答えよ。

T [K]	k	$1/T$ [1/K]	$\log_e k$
666	2.45×10^{-4}	1.50×10^{-3}	-8.31
700	1.16×10^{-3}	1.43×10^{-3}	-6.76

$$\log_e k = -\frac{E_a}{R \cdot T} + \log_e A \quad \cdots \text{①}$$

A : 頻度因子 (定数)
 E_a : 活性化エネルギー
 R : 気体定数

- (1) この反応について、 T_1 [K] から T_2 [K] に温度が変化したとき、反応速度定数 k は何倍になるか。 E_a , R , e を含んだ形で記せ。
- (2) 表のデータと式①を利用して、この分解反応の活性化エネルギー E_a を求めよ。
- (3) この密閉容器内の反応は、 $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2 \cdots \text{②}$ のような平衡反応である。 $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ の活性化エネルギーが 173 kJ/mol であるとき、HI の分解反応の熱化学方程式を記せ。
- (4) 反応②の平衡定数を K_c とする。ある温度 T_3 [K] における平衡定数 K_c について、 e を含んだ形で記せ。ただし、気体定数 R [J/(mol·K)] と T_3 [K] の積は $R \cdot T_3 = 5.50$ kJ/mol とする。また、HI の分解反応と生成反応の頻度因子 A は等しい。
- (5) 反応②において、白金触媒を用いると正反応の速度ばかりでなく、逆反応の速度も速くなる。この理由を記せ。

6 14族の元素に関する次の文章を読み、問(1)～(8)に答えよ。

14族の元素はすべて最外殻に [ア] 個の価電子をもつ。これらの単体は周期表の下にいくほど金属性が高くなる。炭素には質量数が異なる [イ] や、化学的性質が異なる [ウ] が存在する。例えば、ダイヤモンドやフラーレンは共有結合で形成されているのに対し、グラファイトは共有結合に加え、[エ] によりグラフェン同士が弱い力で結びついている。炭素の化合物である①一酸化炭素は人体に入ると有毒であるが、②二酸化炭素は、炭酸水素イオンと血中で緩衝系を形成して、pH を一定に保とうとする。ケイ素単体の結晶は、ゲルマニウムと同様に [オ] の性質を示す。この性質はコンピューター部品や太陽電池などに利用されている。ケイ素の酸化物は乾燥剤 [カ] の原材料になる。スズは低融点の金属で、鉄の表面を覆い [キ] と呼ばれるめっきとして用いられる。また、様々な金属と合金を形成し、銅との合金は [ク] と呼ばれる。鉛はX線の [ケ] や鉛蓄電池の電極に使われるが、スズと同様に酸と塩基のどちらにも反応する [コ] の性質を持つ。

- (1) 空欄 [ア] ～ [コ] に入る適切な語句または数値を記せ。
- (2) 炭素の [ウ] には、グラファイト、ダイヤモンド、フラーレンなどがある。これらの特徴を解答欄の表にまとめた。空欄の部分を埋め、立体構造を図示せよ。ただし、立体構造の原子は●で表し、20個以上の原子を含む構造で記すこと。
- (3) 酸を用いることで、一酸化炭素および二酸化炭素を発生させることができる。それぞれの反応式を記せ。
- (4) 下線①の毒性における一酸化炭素の化学的な役割を記せ。
- (5) 下線②の緩衝系の化学反応式を二酸化炭素と炭酸水素イオンを用いて記せ。また、血中で酸性物質が大きく増加したときの呼気中の二酸化炭素濃度の変化を、前述の反応式を用いて説明せよ。
- (6) ケイ酸ナトリウムから [カ] を調製する手順を記せ。また、[カ] が乾燥剤や吸着剤としてはたらく要因となる化学的性質を記せ。
- (7) 鉄のめっきにはスズの他に亜鉛も用いられる。フルーツ缶など水の入った缶詰の内側をめっきする場合、化学的性質を元に考えると、亜鉛によるめっきとスズによるめっきのどちらが適しているか、理由とともに答えよ。
- (8) 鉛は希硝酸に溶けるが、希塩酸には溶けにくい。この理由を記せ。