

問題・解答 用紙番号	3
---------------	---

の解答用紙に解答しなさい。

化 学

〈受験学部・学科〉

理工学部(生命科学科)、薬学部、農学部【理系科目型】

問題は100点満点で作成しています。

解答にあたっては、下記の注意事項に従うこと。

数字をマークするように求められたときは、次の例に従ってマークせよ。

例1. 問題に $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$ とあるとき、

$\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$
 計算結果が 7.103 ならば、四捨五入して 0 7 1 0 をそれぞれマークせよ。

例2. 問題に $C \boxed{a} H \boxed{b} \boxed{c} N \boxed{d} O \boxed{e}$ とあるとき、

$\boxed{a} \boxed{b} \boxed{c} \boxed{d} \boxed{e}$
 答えが $C_2H_7NO_2$ ならば、2 0 7 1 2 をそれぞれマークせよ。

上の例のように、0や1もマークし、空欄を残さないこと。

解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0

気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

I 次の文を読み、問1～5に答えよ。(28点)

イギリスのボイルは、「**ア**」のとき、一定物質量の気体の**イ**は**ウ**に反比例する」というボイルの法則を発見した。また、フランスのシャルルは、「**エ**」のとき、一定物質量の気体の**イ**は1℃の温度上昇で、0℃のときの**イ**の $\frac{1}{273}$ だけ増加する」というシャルルの法則を発見した。これらの法則から、「一定物質量の気体の**イ**は、**ウ**に反比例し、**オ**に比例する」という関係を示したボイル・シャルルの法則が導かれた。この法則は、一定物質量の気体では**カ**の値が常に一定になることを表している。

気体分子は熱運動という粒子の不規則な運動を行い、温度が高くなると熱運動は激しくなる。ある温度における気体分子の熱運動は、全て同じ速さで運動しているわけではなく、速く動く分子もあれば、遅く動く分子もある状態である。

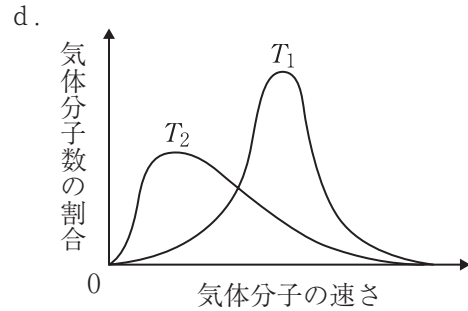
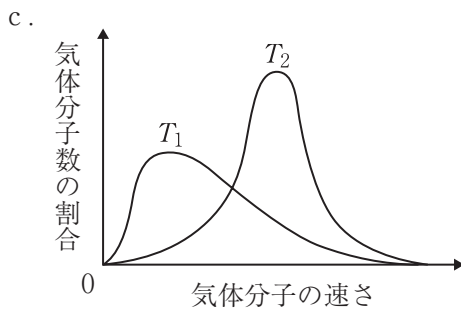
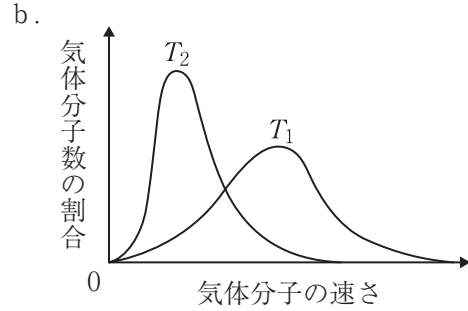
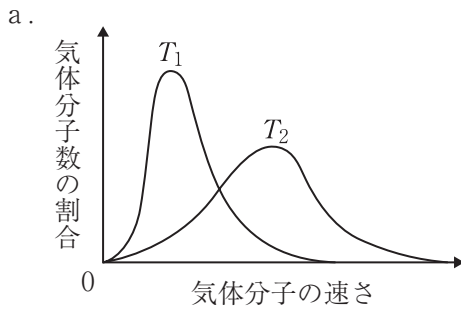
物質は、温度などの条件が変化することにより、固体、液体、気体の状態になる。固体から液体への状態変化のことを融解といい、融解が起こる温度を融点という。融点にて、固体1 molが融解するとき吸収される熱量を融解熱という。一方で、液体から固体への状態変化を凝固といい、凝固が起こる温度を凝固点という。一般に、**キ**の凝固点が**ク**の凝固点よりも低くなる現象を凝固点降下という。冬場の道路に路面の凍結防止剤として塩化カルシウムを撒くことは、凝固点降下の現象を利用した例の一つである。

問1 **ア**～**ク**に最も適するものをa～lからそれぞれ選んでマークせよ。

- | | | | |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| a. 圧力 p | b. 圧力一定 | c. 温度一定 | d. 純溶媒 |
| e. 絶対温度 T | f. 体積 V | g. 体積一定 | h. 溶液 |
| i. 溶質 | j. $\frac{pT}{V}$ | k. $\frac{pV}{T}$ | l. $\frac{VT}{p}$ |

問2 温度27℃、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件において、ある気体の体積は6.0 Lである。同じ圧力を保った状態で、温度を327℃にすると、この気体の体積は**a****b** Lになる。aおよびbに該当する数字をそれぞれマークせよ。

問3 下線部に関して、異なる温度 T_1 , T_2 ($T_1 > T_2$) における、ある気体分子の速さとその分子数の割合の関係を示したグラフとして最も適するものを a ~ d から選んでマークせよ。



問4 80℃の水 100 g に 0℃の氷 90 g を入れると、 . ℃になる。a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。なお、水の融解熱を 6.0 kJ/mol、水 1 g の温度を 1 K 上げるのに必要な熱量（比熱）を 4.2 J/(g · K) とし、外部との熱の出入りはないものとする。

問5 塩化カルシウム（無水物） . g を水 200 g に溶かした水溶液の凝固点は -0.555℃である。a ~ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、水のモル凝固点降下は 1.85 K · kg/mol であり、水溶液中で塩化カルシウムは完全に電離するものとする。

Ⅱ 次の文を読み、問1～6に答えよ。(26点)

8種類の金属イオン (Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) のうち、いずれか1種類を含む硝酸塩の水溶液 **A**～**H**がある。これらの水溶液を用いて、以下の実験を行った。

実験Ⅰ：**A**～**H**に希塩酸を加えると、**A**, **B**でそれぞれ白色の沈殿が生じたが、加熱すると、**A**の沈殿のみ溶解した。

実験Ⅱ：**A**～**H**に硫化水素を通じると、**A**, **B**, **C**でそれぞれ黒色の沈殿を生じた。また、**D**では、硫化水素が酸化されて硫黄が生じ、淡緑色溶液となった。

実験Ⅲ：**D**にヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を加えると **X** の沈殿が生じた。

実験Ⅳ：**E**, **F**にアンモニア水をごく少量加えたのち、硫化水素を通じると、それぞれ白色、淡赤色の沈殿を生じた。

実験Ⅴ：**D**, **E**, **G**に少量のアンモニア水を加えたところ、いずれも沈殿が生じた。これらに過剰のアンモニア水を加えると、**E**の沈殿は溶解したが、**D**, **G**の沈殿は残った。さらに、水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると、**G**の沈殿は溶解した。

実験Ⅵ：**H**にアンモニア水をごく少量加えたのち、二酸化炭素を通じると白色沈殿が生成したが、二酸化炭素を通し続けると沈殿は溶解した。

問1 **A**～**H**に含まれる金属イオンを a～h からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. Ag^+ b. Al^{3+} c. Ca^{2+} d. Cu^{2+}
e. Fe^{3+} f. Mn^{2+} g. Pb^{2+} h. Zn^{2+}

問2 **X** に該当する色として最も適切なものを a～e から選んでマークせよ。

- a. 黄色 b. 褐色 c. 黒色 d. 濃青色 e. 緑白色

問3 下線部において生成する錯イオンの形を a～d から選んでマークせよ。

- a. 正四面体形 b. 正八面体形 c. 正方形 d. 直線形

問4 同族元素のイオンである Ca^{2+} と Mg^{2+} の性質を比較したとき、 Ca^{2+} のみに該当するものを a ~ f から 2つ選んで マークせよ。

- a. 炎色反応で元素に特有な色を示す。
- b. 酸化物は水と反応して水酸化物になる。
- c. 酸化物は酸と反応して塩を生成する。
- d. 水酸化物の水溶液は強い塩基性を示す。
- e. 炭酸塩は水に溶けにくい。
- f. 硝酸塩は水に溶ける。

問5 Al^{3+} と同じ電子配置をもつ原子またはイオンを a ~ e から選んでマークせよ。

- a. Ar b. Cl^- c. F^- d. K^+ e. Na

問6 Fe^{3+} は 23 個の電子をもっている。質量数 56 の鉄原子の原子核には 個の中性子が含まれている。a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。

Ⅲ 次の文を読み、問1～8に答えよ。(24点)

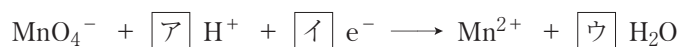
湖沼の水や海水などの有機物による汚染の指標として、COD（化学的酸素要求量）が用いられる。CODとは、試料1L中に存在する有機物を酸化して分解するのに必要な酸化剤の質量を酸素の質量（mg）に換算して表したものである。そこで、ある試料水のCODを簡易的に測定するため、以下の操作を行った。

操作Ⅰ：ビーカーに試料水を100 mL入れ、硫酸酸性の 5.00×10^{-3} mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液を10.0 mL加え、湯浴中で加熱して試料中の有機物を完全に酸化した。このとき、水溶液は赤紫色だった。

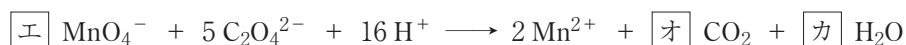
操作Ⅱ：操作Ⅰで得た水溶液に 5.00×10^{-3} mol/Lのシュウ酸ナトリウム水溶液7.50 mLを加えると、過不足なく反応した。

問1 操作Ⅰで加えた過マンガン酸カリウムの物質量を $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c} \times 10^{-\boxed{d}}$ molと表すとき、a～dに該当する数字をそれぞれマークせよ。

問2 操作Ⅰのイオン反応式は、下式のように表される。 $\boxed{ア} \sim \boxed{ウ}$ に該当する数字をそれぞれマークせよ。



問3 操作Ⅱのイオン反応式は、下式のように表される。 $\boxed{エ} \sim \boxed{カ}$ に該当する数字をそれぞれマークせよ。

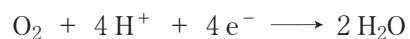


問4 操作Ⅱで加えたシュウ酸ナトリウムの物質量を $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c} \times 10^{-\boxed{d}}$ molと表すとき、a～dに該当する数字をそれぞれマークせよ。

問5 シュウ酸ナトリウムと反応した過マンガン酸カリウムの物質量を $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c} \times 10^{-\boxed{d}}$ molと表すとき、a～dに該当する数字をそれぞれマークせよ。

問6 有機物の酸化により消費された過マンガン酸カリウムの物質量を $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c} \times 10^{-\boxed{d}}$ molと表すとき、a～dに該当する数字をそれぞれマークせよ。

問7 CODを計算するため、酸化に要した過マンガン酸カリウムの物質量を酸素の物質量に置き換えることを考える。酸素が酸化剤としてはたらく際のイオン反応式は、下式で表される。

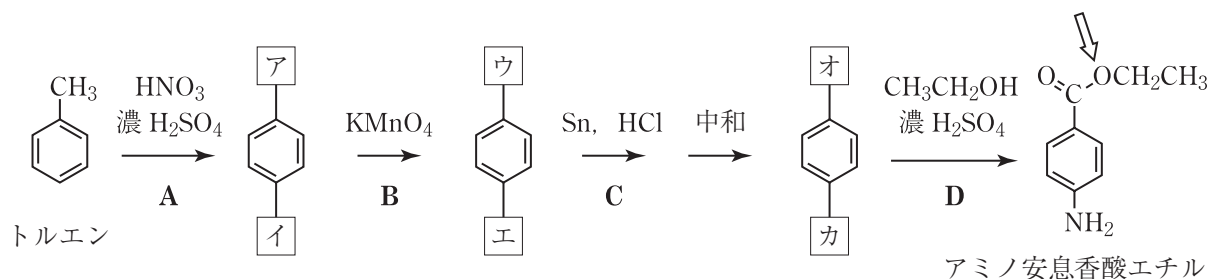


この試料水100 mLに含まれる有機物の酸化に必要な酸素の物質量を $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c} \times 10^{-\boxed{d}}$ mol と表すとき、a～dに該当する数字をそれぞれマークせよ。

問8 この試料水1.00 L中に存在する有機物の酸化に必要な酸素の質量(COD)を $\boxed{a}\boxed{b}.\boxed{c}$ mg と表すとき、a～cに該当する数字をそれぞれマークせよ。

Ⅳ 次の文を読み、問1～5に答えよ。(22点)

アミノ安息香酸エチルは、嘔吐や疼痛を抑える作用をもつ医薬品であり、図の方法によりトルエンから合成できる。ただし、図の [ア] ～ [カ] はベンゼン環上の置換基を示し、このうち [ア]、[ウ] および [オ] はトルエンのメチル基 (-CH₃ 基) に由来する置換基である。



問1 [ア] ～ [カ] に該当する置換基として適切なものを a～f からそれぞれ選んでマークせよ。

ただし、必要があれば繰り返し選んでよい。

- a. -CH₃ b. -NH₂ c. -NO₂ d. -COOCH₃
 e. -COOH f. -Cl

問2 A～D に該当する反応名として最も適切なものを a～h からそれぞれ選んでマークせよ。

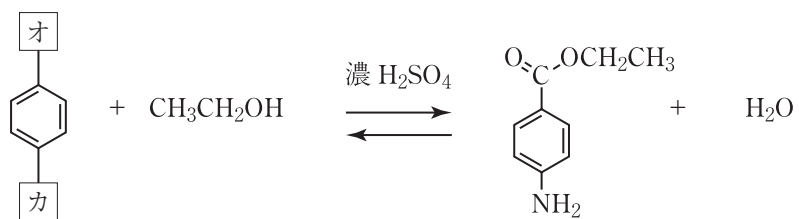
- a. エステル化 b. 加水分解 c. 還元 d. 酸化
 e. ジアゾ化 f. スルホン化 g. 中和 h. ニトロ化

問3 アミノ安息香酸エチル (分子量 165) を 3.30 g 合成するためには最低 [a] . [b] [c] g のトルエンが必要である。a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、すべての工程で反応は完全に進行するものとする。

問4 アミノ安息香酸エチルの矢印で示した酸素原子は、何に由来するか。a～c から選んでマークせよ。

- a. 置換基 [オ] b. CH₃CH₂OH c. H₂SO₄

問5 反応Dが以下のような平衡状態にあるとき、アミノ安息香酸エチルの生成量を増やすために適切な操作はどれか。a～cから選んでマークせよ。ただし、操作の前後で温度の変化はないものとする。



- a. 濃 H_2SO_4 の量を減らす。
- b. 反応容器に水を加える。
- c. 反応容器から水を取り除く。