

化 学

〈受験学部〉

理工学部、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。

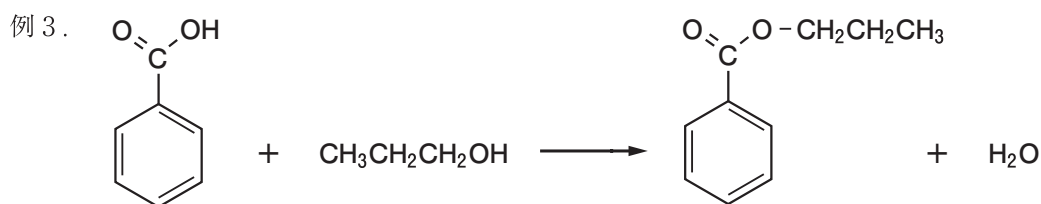
解答にあたっては、下記の注意事項に従うこと。

1. 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 $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2$ ならば、2 0 7 1 2 をそれぞれマークせよ。

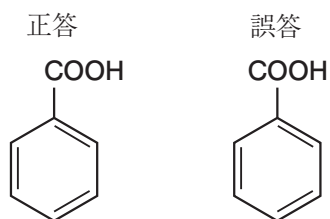
上の例のように、0 や 1 もマークし、空欄を残さないこと。

2. 化学式や反応式を書くように求められたときは、特に指定のない限り、下の例のように簡略化した式を用いてもよい。ただし、官能基の結合はわかるように明確に示すこと。



メチル基、カルボキシ基やアミノ基などは簡略化して書いてよいが、どの原子とどの原子が結合しているかは明確に示すこと。

カルボキシ基を簡略化して書いたときのよい例（正答）と悪い例（誤答）を下に示す。



ベンゼン環に結合しているカルボキシ基の原子は炭素であって、酸素ではない。

解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

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

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

I 次の文を読み、問1～6に答えよ。(22点)

分子の間で化学反応が進行するためには、分子どうしが衝突する必要がある。一般に、化学反応の反応速度は分子どうしの衝突回数に比例して大きくなる。反応物の濃度が **1** ほど分子が互いに衝突する回数が多くなるため、反応速度は大きくなる。同様に、反応物が気体であれば圧力が **2** ほど、反応物が固体であれば表面積が **3** ほど反応速度は大きくなる。

化学反応の反応温度も反応速度に影響する。一般に、常温付近で温度が10 K 上昇すると、反応速度が2～4 倍にまで大きくなることが多い。一方で、10 K の上昇で分子どうしの衝突回数は1～2 % 程度増加するだけである。そのため、反応速度が急激に大きくなる理由は、単に分子の衝突回数の増加だけでは説明できない。これは、^① 活性化エネルギー を超える運動エネルギーをもつ分子の数の割合が急激に増え、分子が衝突した際に反応物が活性化状態になりやすいためである。

反応速度定数 k と温度 T [K] との関係は式(1)で表され、式(1)の両辺の自然対数をとれば式(2)となる。ただし、 A は定数、 R は気体定数、 E_a は活性化エネルギーである。式(2)から、温度の逆数 $\frac{1}{T}$ を x 軸に、反応速度定数の自然対数 $\log_e k$ を y 軸にプロットすれば、これらは傾き **4** の直線の関係になることがわかる。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\log_e k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \log_e A \quad \cdots \cdots (2)$$

いま、^② 300.0 K と 320.0 K において、0.500 mol の気体 X と 0.500 mol の気体 Y を容積 1.0 L の容器内で反応させ、 反応速度を求めたところ、表1のようになった。なお、X と Y の反応の反応速度 v は、反応速度定数 k 、X のモル濃度 $[X]$ 、Y のモル濃度 $[Y]$ を用いて式(3)で表される。

表1

温度 [K]	300.0	320.0
反応速度 [mol/(L・min)]	2.50×10^{-2}	2.50×10^{-1}

$$v = k[X][Y] \quad \cdots \cdots (3)$$

問1 1 ～ 3 に該当する語句を a および b からそれぞれ選んでマークせよ。ただし、繰り返し選んでよい。

- a. 大きい b. 小さい

問2 下線部①について、活性化エネルギーを変化させるものを a ～ d から選んでマークせよ。

- a. 温度 b. 触媒 c. 生成物の濃度 d. 反応物の濃度

問3 4 に該当する式を a ～ h から選んでマークせよ。

- a. A b. $-A$ c. $\frac{E_a}{R}$ d. $-\frac{E_a}{R}$
e. $\frac{R}{E_a}$ f. $-\frac{R}{E_a}$ g. $\log_e A$ h. $-\log_e A$

問4 下線部②の 300.0 K における反応速度定数を a . b $\times 10^{-\text{c$ L/(mol·min) と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問5 下線部②の温度の逆数 $\frac{1}{T}$ を x 軸に、反応速度定数の自然対数 $\log_e k$ を y 軸にプロットしたとき、300.0 K および 320.0 K の点を結んだ直線の傾きは $-\text{a$. $\text{b$ $\times 10^{\text{c$ 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、 $\log_e 10 = 2.30$ とする。

問6 下線部②の反応の活性化エネルギーは A kJ/mol である。A に該当する数値として最も近いものを a ～ g から選んでマークせよ。ただし、気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 8.30 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

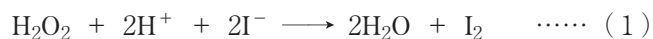
- a. 0.13 b. 0.75 c. 91 d. 130
e. 9.1×10^4 f. 1.3×10^5 g. 9.1×10^7

Ⅱ 次の文を読み、問 1 ～ 7 に答えよ。(22点)

元素の周期表で [A] 族に属する元素をハロゲンという。ハロゲン原子は、いずれも [B] 個の価電子をもち、[C] 価の陰イオンになりやすい。ハロゲン元素の単体はすべて二原子分子であり、ほかの物質から電子を奪う力が大きいので、酸化力が強い。例えば、うがい薬に用いられるポピドンヨードにはヨウ素が含まれており、その殺菌作用は、主にヨウ素が微生物の細胞構成成分を酸化することにより生じる。

単体のヨウ素 I_2 は、常温大気圧下では黒紫色の分子結晶の固体であり、分子間力が弱いので、容易に①固体から直接気体になる。また、 I_2 は水にはほとんど溶けないが、ヨウ化カリウム KI 水溶液には三ヨウ化物イオン I_3^- を生じて溶け、褐色の溶液となる。この溶液はデンプン水溶液と反応して [D] 色を示す。

KI 水溶液は [ア] 剤として知られており、濃度未知の過酸化水素 H_2O_2 水の濃度を求めるときに用いられる。硫酸酸性のもとで H_2O_2 と KI が反応すると、式 (1) のように、 I^- が [イ] されて I_2 が遊離し、溶液が褐色になる。この溶液を濃度既知のチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 水溶液で滴定すると、式 (2) のような反応が起こり、 I_2 が [ウ] される。このとき、指示薬としてデンプン水溶液を加えると滴定の終点がわかりやすくなる。終点までの $Na_2S_2O_3$ 水溶液の滴下量から H_2O_2 水の濃度が求められる。②式 (1) および式 (2) のような I_2 の酸化還元反応を利用した滴定をヨウ素滴定という。



問 1 [A] ～ [C] に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 2 以下のハロゲンの単体のうち、酸化力が最も弱いものを a ～ d から選んでマークせよ。

a. Br_2 b. Cl_2 c. F_2 d. I_2

問 3 下線部①の現象を漢字 2 文字で書け。

問 4 [D] に該当する色として最も適するものを a ～ e から選んでマークせよ。

a. 青紫 b. 橙 c. 黄 d. 白 e. 緑

問5 ア ～ ウ に該当する語句を a および b からそれぞれ選んでマークせよ。ただし、繰り返し選んでもよい。

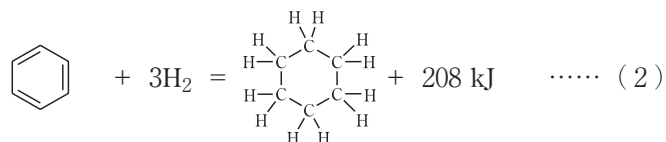
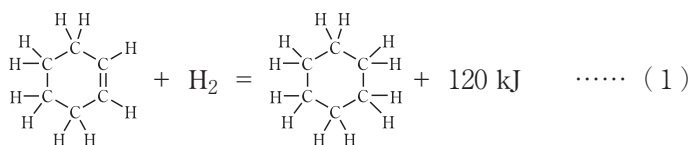
a. 還元 b. 酸化

問6 下線部②において、 H_2O_2 1 mol によって遊離した I_2 と過不足なく反応させるために必要な $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ の物質量を a mol と表すとき、a に該当する数字をマークせよ。

問7 下線部②において、濃度未知の H_2O_2 水 100 mL について、0.100 mol/L の $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液を用いてヨウ素滴定を行ったところ、26.0 mL 滴下したところで指示薬の色が消失した。この H_2O_2 水の濃度を a . b c $\times 10^{-\text{d}}$ mol/L と表すとき、a ～ d 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 ～ 5 に答えよ。(19点)

炭素原子 6 個からなる環式不飽和炭化水素であるシクロヘキセン 1 mol に水素を付加させ、シクロヘキサンとしたときの反応熱（水素化熱）は 120 kJ である（式（1））。一方、ベンゼンが仮想的な化合物である 1,3,5-シクロヘキサトリエンであれば、予想される水素化熱は、二重結合の 3 つ分として計算すると 360 kJ となるが、ベンゼンの実際の水素化熱の値はこれより X kJ も小さい（式（2））。このことから、ベンゼン環の構造が非常に安定で、壊れにくいことがわかる。



ベンゼン分子には C=C 結合が存在するが、アルケンと反応性が異なり、紫外線照射などの特別な条件を除いて付加反応は進行しにくい。そのため、ベンゼン 1 mol に鉄粉を触媒として塩素 Cl₂ 1 mol を反応させると 1 反応が進行し、主に 2 を生じる。また、一般に、ベンゼンは酸化されにくいですが、酸化バナジウム(V) V₂O₅ を触媒として高温にすると酸化反応が起こり、無水マレイン酸が生成する。

問 1 X kJ を a b c kJ と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 2 1 に該当する反応の名称を漢字 2 文字で書け。

問 3 2 に該当する有機化合物の構造式を書け。

問 4 下線部において、ベンゼン 1.00 mol に紫外線を照射しながら塩素 3.00 mol を作用させると付加反応が進行し、付加生成物が最大 a b c g 得られる。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1～6に答えよ。(22点)

タンパク質は、^① α -アミノ酸が **1** 結合によって連なってできた高分子化合物である。 α -アミノ酸の種類、配列順序および数の違いにより、多くの種類のタンパク質が存在する。

食品に含まれるタンパク質の量は、タンパク質中の窒素をすべてアンモニアに変換し、そのアンモニア量を測定することで求められている。

いま、ある食品 **A** 中のタンパク質含有量を求めるため、^②**A** 1.00 g を分解して、タンパク質中の窒素 N をすべてアンモニア NH_3 とした。この ^③ NH_3 を $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硫酸 H_2SO_4 50.0 mL に完全に吸収させた。未反応の H_2SO_4 を $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で滴定したところ、中和するのに 2.00 mL 要した。

問1 下線部①において、グリシン以外は不斉炭素原子を有するため、**A** が存在する。**A** に該当する語句として適するものを a～c から選んでマークせよ。

- a. 幾何異性体 b. 鏡像異性体 c. 構造異性体

問2 **1** に該当する語句を書け。

問3 タンパク質の構成成分である窒素を検出する操作として適するものを a～c から選んでマークせよ。

- a. タンパク質水溶液に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱した後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える。
- b. タンパク質水溶液に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱し、生じる気体に水で湿らせた赤色リトマス紙を近づける。
- c. タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後にアンモニア水を加えて塩基性にする。

問4 下線部②で発生したアンモニアの質量を **a** **b** . **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。

問5 下線部③の反応を以下のように表すとき、 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ウ}}$ に該当する数字をそれぞれマークせよ。



問6 食品A 1.00 g 中に含まれるタンパク質の質量を $\boxed{\text{a}}\boxed{\text{b}}\boxed{\text{c}}$ 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。ただし、タンパク質中の窒素含有量は 16.0% とする。

V 次の問 1 ～ 5 に答えよ。(15点)

問 1 銅原子 Cu には、相対質量 63.0 のものと 65.0 のものがある。その存在比をそれぞれ 70.0% および 30.0% とすると、銅原子の原子量は . となる。a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 2 単体が酸とも強塩基とも反応して水素を発生するものを a ～ h から すべて選んで マークせよ。

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| a. Ag | b. Al | c. Ca | d. Cu |
| e. Fe | f. Hg | g. Mn | h. Zn |

問 3 の水溶液にアンモニア水を加えると褐色沈殿を生じるが、アンモニア水を過剰に加えると錯イオンを生じて溶ける。 に該当する化合物を a ～ e から選んでマークせよ。

- | | | |
|-----------|-----------|--------|
| a. 塩化亜鉛 | b. 塩化鉄(Ⅲ) | c. 硝酸銀 |
| d. 硝酸鉛(Ⅱ) | e. 硫酸銅(Ⅱ) | |

問 4 硫酸の脱水作用を利用した反応を a ～ d から選んでマークせよ。

- a. 炭酸ナトリウムに希硫酸を加えると、二酸化炭素が発生した。
- b. グルコースに濃硫酸を加えると、炭素が遊離して炭化した。
- c. 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると、塩化水素が発生した。
- d. 銅に濃硫酸を加えて加熱すると、二酸化硫黄が発生した。

問 5 エタノールとフェノールの両方に共通する性質を a ～ d から選んでマークせよ。

- a. 水溶液は中性である。
- b. 酸化するとアルデヒドを生じる。
- c. 塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって呈色する。
- d. 無水酢酸と反応してエステルをつくる。