

解答に際して

I ~ **V** の解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

I

問1～問9に答えなさい。【配点 69】

問1 下表の空欄のうちア～ウに当てはまるものを①～⑨からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。

結晶の種類	イオン結晶	分子結晶	共有結合の結晶
構成粒子	イオン	分子	原子
物質の例	ア		
構成粒子間の結合 または粒子間に働く力		イ	
性質			ウ

- ① ヨウ素 ② 塩化カルシウム ③ 二酸化ケイ素
 ④ 共有結合 ⑤ ファンデルワールス力 ⑥ イオン結合
 ⑦ 一般に融点が低く、やわらかい。
 ⑧ 一般にきわめて硬く、融点が非常に高い。
 ⑨ 一般に結晶のままでは電気を通さないが、水溶液にすると電気を通す。

問2 次の文章の **ア** ～ **ウ** に適切な語句を入れなさい。

ア は、原子が最外電子殻に電子を1個受け取り1価の陰イオンになる際に放出されるエネルギーである。一般に、**ア** が大きい原子ほど陰性が強い。

イ は、原子が共有電子対を引き寄せる強さを相対的な数値で表したものである。一般に、2原子間の **イ** の差が大きいほど結合の極性は大きい。

原子から最外殻電子を1個取り去って1価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを **ウ** という。一般に、**ウ** が小さい原子ほど陽性が強い。

問3 次の文章の **ア** , **イ** に適切な語句, **ウ** , **エ** に適切な化学式を入れなさい.

周期表において, 水素以外の 1 族元素を特に **ア** といい, ベリリウムとマグネシウムを除いた 2 族元素または 2 族元素のすべてを **イ** という.

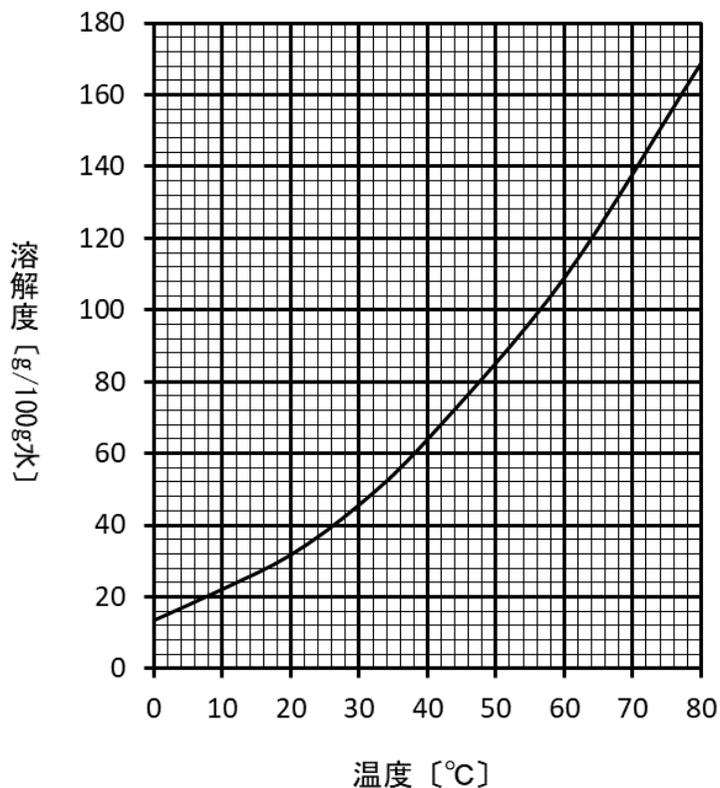
第 4 周期の 2 族元素の水酸化物の水溶液に **ウ** を通じると, 白濁が生じ, さらに **ウ** を通じ続けると, **エ** の水溶液となって白濁が消える.

問4 (1), (2) の各水溶液の pH を求め, 小数第 1 位まで答えなさい. ただし, 酢酸の電離定数を 2.7×10^{-5} mol/L, 強酸, 強塩基の電離度を 1.0, 水のイオン積を 1.0×10^{-14} (mol/L)² とし, 必要なら $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$ を用いなさい.

(1) 0.030 mol/L 酢酸水溶液

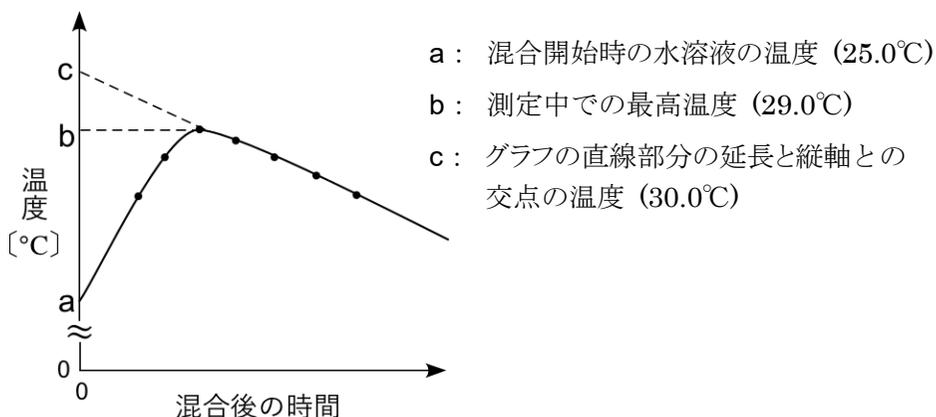
(2) 0.20 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 500 mL に塩化水素 0.050 mol を吸収させた水溶液. ただし, 水溶液の体積は吸収前後で変わらないものとする.

- 問5 図は硝酸カリウムを水 100 g に溶解して得られた溶解度曲線である。(1), (2) に答えなさい。



- (1) 26°Cにおける硝酸カリウムの飽和水溶液の質量パーセント濃度を有効数字 2 桁で答えなさい。
- (2) ある量の硝酸カリウムを 80°Cの水 200 g にすべて溶解して水溶液をつくった。この水溶液を 40°Cまで冷却すると、122 g の硝酸カリウムが析出した。はじめに溶解した硝酸カリウムは何 g か。有効数字 2 桁で答えなさい。

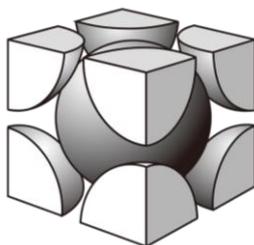
問6 断熱容器に 98 g の水を入れ，固体の水酸化ナトリウム（式量 40.0） 2.0 g を加えてよく攪拌しながら水溶液の温度変化を調べたところ，下図のような結果が得られた．水酸化ナトリウムの溶解熱 [kJ/mol] を求め，整数で答えなさい．ただし，発生した熱はすべて水溶液の温度上昇に使われ，水および水溶液の比熱はすべて $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする．



問7 ある金属は下図のような体心立方格子の結晶構造をとる．単位格子の一辺の長さを a [cm]，この金属の密度を D [g/cm^3]，アボガドロ定数を N [/mol] として (1)，(2) に答えなさい．ただし，この金属原子は球形で，最も近い原子は互いに接しているものとする．

(1) 単位格子に含まれるこの金属原子の個数を答えなさい．

(2) この金属の原子量を a ， D ， N を用いて表しなさい．

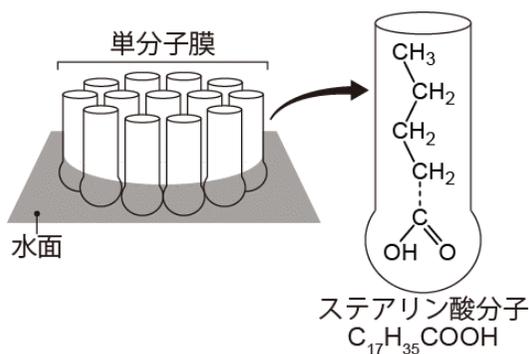


問8 次の文章の **ア** ~ **ウ** に入る式を、 W 、 M 、 A 、 S のうち適切なものを用いて表しなさい。

飽和脂肪酸であるステアリン酸を揮発性の溶媒に溶かし清浄な水面にゆっくり滴下すると、溶媒が揮発したあとに、水面上に図のようなステアリン酸の単分子膜が形成される。単分子膜を形成するステアリン酸の各分子は、親水性のカルボキシ基を水中に、疎水性の炭化水素基を空気側に向けて、水面上にすき間なく一層に並んでいる。

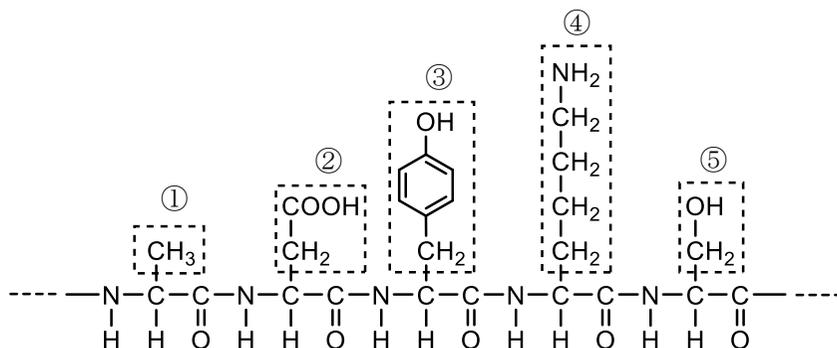
質量 W [g] のステアリン酸を少量のヘキサンに溶解し清浄な水面に滴下したところ、水面上に単分子膜が形成された。

ステアリン酸のモル質量を M [g/mol] とすると、単分子膜を形成したステアリン酸の物質量は **ア** [mol] と表される。一方、形成した単分子膜の面積を A [cm²]、水面上でステアリン酸1分子が占める面積を S [cm²] とすると、単分子膜を形成したステアリン酸の分子数は **イ** [個] となる。ここで、アボガドロ定数に物質量を掛けると分子数が算出されることから、アボガドロ定数は **ウ** [/mol] と求められる。



問9 (1), (2) に答えなさい。

(1) 以下の部分構造をもつタンパク質の水溶液に濃硝酸を加えて熱すると黄色になり，さらにその液にアンモニア水を加えると橙黄色になった。



(ア) この呈色反応の反応名を答えなさい。

(イ) この呈色反応はどの置換基に基づくものか，点線で囲んだ①～⑤から1つ選び番号で答えなさい。

(2) あるタンパク質の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後，酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。この黒色沈殿は何か，化学式で答えなさい。

II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 18】

過酸化水素は酸化剤としても還元剤としても働く。そのため、過酸化水素水の濃度を求める方法として、酸化剤、還元剤、それぞれの性質に基づいた異なる滴定法がある。その実験例を以下に示した。

実験 1 濃度未知の過酸化水素水 10.0 mL を正確にとり、希硫酸 5 mL と純水を加えた。これを 2.00×10^{-2} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、11.0 mL で終点に達した。

実験 2 実験 1 と同じ濃度の過酸化水素水 10.0 mL を正確にとり、希硫酸 5 mL と過剰のヨウ化カリウムを加え、密栓をして十分な時間静置し、ヨウ素を遊離させた。これを 5.00×10^{-2} mol/L チオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、 mL で終点に達した。なお、指示薬としてデンプン水溶液を用いた。

問 1 過酸化水素が酸化剤として働いているのは**実験 1**、**実験 2** のどちらか答えなさい。

問 2 **実験 1** の反応で発生する気体は何か、化学式で答えなさい。

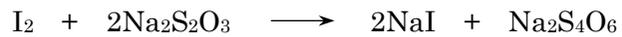
問 3 **実験 1** の結果から、過酸化水素水のモル濃度 [mol/L] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 **実験 2** の過酸化水素とヨウ化カリウムの反応を化学反応式で示しなさい。

問5 実験2について，滴定終点前後の溶液の色の変化を答えなさい。

問6 実験2の に入る数値を，小数第1位まで答えなさい。

なお，ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムは次のように反応する。



Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、気体は全て理想気体とし、気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。【配点 21】

容積可変の密閉容器に赤褐色の気体である NO_2 と無色の気体である N_2O_4 を加え、温度と圧力を一定に保ったところ、(1)式のような平衡状態となった。



正反応と逆反応の反応速度をそれぞれ v_1 、 v_2 とすると、反応速度式は次のようになる。

$$v_1 = k_1[\text{NO}_2]^2$$

$$v_2 = k_2[\text{N}_2\text{O}_4]$$

k_1 、 k_2 はどちらも定数であり、平衡状態では v_1 と v_2 が等しくなることから、見かけ上、反応が停止している。

この密閉容器を用いて、①種々の実験操作を行ったときの密閉容器内の平衡移動を調べた。引き続き、いったん容器内の気体を除いた後、②(1)式の正反応の平衡定数を求める実験を行った。

問 1 下線部①について、温度と全圧を一定に保ちながら容器内にアルゴンを加えた。(1)式の平衡は左右どちらに移動するか、あるいは移動しないか、答えなさい。

問 2 下線部①について、密閉容器の容積を一定として容器内の温度を低下させたところ、容器内の赤褐色が薄くなった。(1)式の正反応は発熱反応、吸熱反応のどちらか答えなさい。

問3 下線部①について、温度を一定に保ちながらすばやく容器を圧縮し容積を半分にした。

(ア) 圧縮直後の正反応の反応速度は、圧縮前の正反応の反応速度の何倍か。整数で答えなさい。

(イ) 圧縮後の容器内の色調変化として適切なものを下の (a) ~ (d) から1つ選び、記号で答えなさい。また、その理由を簡潔に説明しなさい。

(a) 赤褐色が濃くなり、そのまま維持された。

(b) 赤褐色が薄くなり、そのまま維持された。

(c) 赤褐色が濃くなり、やがて薄くなった。

(d) 赤褐色が薄くなり、やがて濃くなった。

問4 下線部②について、 N_2O_4 1.0 mol を容積可変の密閉容器に入れ、300 K で圧力を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ち平衡に到達させたところ、 NO_2 が 1.6 mol 生成していた。

(ア) 平衡に達したときの密閉容器の容積 [L] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

(イ) (1)式の正反応の平衡定数 [L/mol] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

IV

次の文章を読み、間に答えなさい。【配点 24】

金属 A, B, C, D は, ①「鉄にめっきしてブリキとして用いられているもの」, 「鉄にめっきしてトタンとして用いられているもの」, ②「それを主成分とする合金が軽量で強度が高く, 航空機の機体の材料に用いられているもの」, 「X 線の遮へい材に用いられているもの」の 4 種類のいずれかである。

それらの③4 種類の金属はいずれも水酸化ナトリウム水溶液に溶解した。④塩酸には A, C, D は溶解したが, B はほとんど溶解しなかった。ただ, B は硝酸には溶解した。

⑤C あるいは D の塩酸溶液および B の硝酸溶液それぞれに水酸化ナトリウム水溶液を加えていったところ, すべての溶液で沈殿が生じた。この沈殿をろ過して集め, それに⑥アンモニア水を加えていったところ, C のみが溶解した。

A を塩酸に溶解させた液を濃縮して得られた結晶の水溶液を硫酸酸性下で Hg^{2+} を含む水溶液に加えたところ, 水銀の単体が得られた。このことから⑦この A の化合物は強い還元作用を示すことが分かった。

B の硝酸溶液に塩酸を加えると沈殿が生じた。この液を⑧ガスバーナーで加熱したところ, 沈殿は溶解した。

問 1 下線部①のブリキとは鉄に何をめっきしたのか, その金属の名称を答えなさい。

問 2 下線部②の合金の名称を答えなさい。

問 3 下線部③の 4 種類の金属が水酸化ナトリウム水溶液に溶解する反応のうち, D が溶解する反応を化学反応式で示しなさい。

問4 下線部④の B が塩酸にほとんど溶解しないのは B の表面に被膜が形成されるためである。その被膜は何か、化学式で答えなさい。

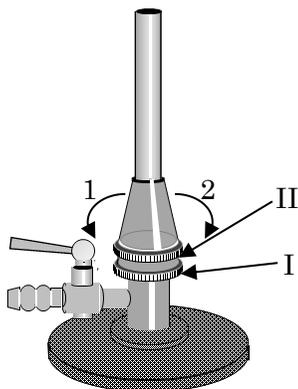
問5 下線部⑤の D の塩酸溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えていったときに生じた沈殿を化学式で示しなさい。

問6 下線部⑥のアンモニア水を加えたときに生じた錯イオンをイオン式で示しなさい。

問7 下線部⑦の A の化合物が還元作用を示す際の反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。

問8 下線部⑧のガスバーナーについて、ガスバーナーに点火したところ、炎が赤く、内炎と外炎の境界も不明瞭であった。このとき、ガス量を変えずに適切な燃焼状態を得るためにすべきことを、以下の<ア群>、<イ群>、<ウ群>から一つずつ選び、記号で答えなさい。

- <ア群> a. 空気量を増やす b. 空気量を減らす
<イ群> a. I のねじを回す b. II のねじを回す
<ウ群> a. 1 の方向にねじを回す b. 2 の方向にねじを回す



V

次の文章を読み、間に答えなさい。ただし、構造式は例にならって書きなさい。【配点 18】

有機化合物 **A** は分子式 $C_{11}H_{18}O_7$ で表され、不斉炭素原子をもたない。**A** の構造を決定するために、以下の**実験 1**～**4**を行った。

実験 1 **A** に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱して完全に加水分解した後、その液を酸性にすると化合物 **B**、**C** および **D** が物質として、1 : 2 : 1 の割合で得られた。

実験 2 **B** は分子式 $C_3H_8O_3$ で表され、油脂を加水分解して得られる常温で液体の化合物と同じであった。また **B** を無水酢酸でアセチル化するとアセチル基を 3 個もつ化合物 **E** が得られた。

実験 3 アセチレンに硫酸水銀(Ⅱ)触媒存在下、水を付加させると不安定な中間生成物 **F** を生じ、その後、直ちに化合物 **G** になった。**G** を酸化剤で酸化させた化合物は **C** と同じであることがわかった。

実験 4 **D** は分子式 $C_4H_8O_3$ で表される不斉炭素原子をもたない化合物であることが分かった。**D** を含む溶液に濃硫酸を加え加熱すると、分子内でエステル化反応が起こり、4 個の炭素原子と 1 個の酸素原子が五角形の頂点に位置した構造をもつ環状のエステルである化合物 **H** が得られた。

問 1 化合物 **B** の構造式を書きなさい。

問 2 実験 3 の反応で得られた中間生成物 **F** の名称を答えなさい。

問 3 次の①～⑤のうち化合物 **G** の性質として該当するものはどれか、2 つ選び番号で答えなさい。

- ① 塩化鉄(Ⅲ)水溶液と混ぜると青色を呈する。
- ② 水によく溶け、その水溶液は弱酸性を示す。
- ③ 沸点は水より高い。
- ④ フェーリング液を還元する。
- ⑤ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させると黄色沈殿が生じる。

問 4 化合物 **H** の構造式を書きなさい。

問 5 化合物 **A** の構造式を書きなさい。

(例)

