

G 4 化 学

この冊子の問題は 1 ページから 8 ページまであります。

[注 意]

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
また、解答用紙は机の上に裏返しておきなさい。
- (2) 解答は解答欄に記入しなさい。解答欄以外への記入は無効となります。
- (3) 試験開始の指示があったら、直ちに問題冊子のページ数を確認しなさい。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (4) 本問題冊子は、【1】～【4】の合計 150 点満点で作成しています。
100 点満点の場合、150 点満点を 100 点満点に換算します。
- (5) 問題冊子の空白ページは、自由に使用しなさい。
- (6) 試験終了後に、問題冊子を持ち帰りなさい。

全ての問題【1】から【4】の解答を解答用紙に答えなさい。必要であれば次の値を使いなさい。

原子量: H = 1.0, C = 12, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5

【1】

次の設問(1)～(5)に答えなさい。(35点)

(1) 次の文章の空欄ア～スにあてはまる語句または文字式を答えなさい。()内は解答群1から, []内は解答群2から最も適切なものを選び, その番号を答えなさい。同じ番号をくり返し選んでもよい。【 】内には文字式を入れなさい。

(ア) が一定のとき, 一定量の気体の体積 V は, (イ) に [ウ]。この関係はボイルの法則とよばれ, 【 エ 】 = k (k は定数) で表される。

(オ) が一定のとき, 一定量の気体の(カ)は, 絶対温度 T に [キ]。この関係はシャルルの法則とよばれ, 【 ク 】 = k' (k' は定数) で表される。

(ケ) が一定のとき, 気体の(コ)は, 圧力 p に [サ]。また, 絶対温度 T に [シ]。この関係はボイル・シャルルの法則とよばれ, 【 ス 】 = k'' (k'' は定数) で表される。

解答群1

- ① 圧力 p ② 絶対温度 T ③ 体積 V ④ 物質量 n

解答群2

- ① 比例する ② 反比例する ③ 依存しない

(2) 単原子分子からなる気体の質量を m [g], この原子のモル質量を M [g/mol], アボガドロ定数を N [/mol] とするとき, 次の (A), (B) を表す式を示しなさい。

(A) 原子 1 個の質量

(B) 気体 m [g] 中の原子の数

(3) 質量パーセント濃度が 6.0% の硫酸 (密度 1.16 g/cm^3) のモル濃度は何 mol/L か。小数第 1 位までの数字 (小数第 2 位の数字は四捨五入) で答えなさい。

(4) 次の設問 (A), (B) に答えなさい。ただし, 60°C および 10°C における酢酸ナトリウムの溶解度 (水 100 g に溶ける溶質の質量 [g]) を, それぞれ 140 および 40 とする。

(A) 60°C の酢酸ナトリウムの飽和水溶液 200 g には, 何 g の酢酸ナトリウムが溶けているか。整数 (小数第 1 位の数字は四捨五入) で答えなさい。

(B) この水溶液を 10°C に冷却すると, 何 g の酢酸ナトリウムが析出するか。整数 (小数第 1 位の数字は四捨五入) で答えなさい。

(5) 気体の圧力を p [Pa], 温度を T [K], 密度を d [g/L] とするとき, この気体のモル質量 M を p, T, d および気体定数 R [Pa · L / (K · mol)] を用いて表しなさい。

【2】

次の設問(1)～(3)に答えなさい。

(35点)

なお、酢酸の電離定数 K_a を $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, 水のイオン積 K_w を $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$,

$\log_{10} 2.0 = 0.30$, $\log_{10} 3.0 = 0.48$ とする。

- (1) 次の文章中の(ア), (イ)にあてはまる数値を小数第1位までの数字(小数第2位の数字は四捨五入)で答えなさい。

0.40 mol/L の酢酸水溶液を0.60 L 中和する。水酸化ナトリウムで中和する場合、(ア) g の水酸化ナトリウムが必要である。一方、0.15 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和する場合は(イ) L 必要である。

- (2) 次の文章を読んで、設問(A)～(C)に答えなさい。

0.20 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液の加水分解反応では a) (ウ) イオンが水と反応し、(エ) 分子と(オ) イオンが生成する反応が起こる。

- (A) (ウ)～(オ)にあてはまる名称を答えなさい。

- (B) 下線部 a) の反応の平衡定数を K とするとき、水の濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は一定とみなせるので、 $K [\text{H}_2\text{O}]$ は温度一定のとき定数となり、加水分解定数とよばれる。加水分解定数 K_h を K_a , K_w を用いた式で表しなさい。

- (C) 0.20 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液の pH を小数第2位までの数字(小数第3位の数字は四捨五入)で答えなさい。

(3) 次の文章を読んで、設問(A), (B)に答えなさい。

以下の溶液 a, b, c を準備した。

溶液 a 1.0 L の水

溶液 b pH が 2.00 である 1.0 L の塩酸

溶液 c 0.40 L の 0.40 mol/L 酢酸水溶液 と 0.60 L の 0.20 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液を混合した 1.0 L の水溶液

このとき、溶液 c の pH の値は (カ) である。

溶液 a から c にそれぞれ 2.4 g の水酸化ナトリウムを溶かした。添加で溶液の体積が変化しないものとして水酸化ナトリウム添加後の pH を求めると、溶液 a (キ), b (ク), c 4.83 である。溶液 c は酸や塩基を少量加えても pH 変化が小さい。このような性質をもつ水溶液は (ケ) 液とよばれる。

(A) (カ)~(ク)にあてはまる数値を小数第2位までの数字 (小数第3位の数字は四捨五入) で答えなさい。

(B) (ケ)にあてはまる語句を答えなさい。

【3】

次の設問(1)～(3)に答えなさい。

(40点)

(1) Cu^{2+} , Na^+ , Fe^{3+} , Ag^+ , Zn^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} の7種類の金属イオンを含む混合水溶液がある。この水溶液に下記の操作1～5を行った。次の設問(A)～(D)に答えなさい。

【操作1】 希塩酸を加えた後、生じた沈殿物をろ過した。

【操作2】 操作1のろ液に硫化水素を通じ、生じた沈殿物をろ過した。

【操作3】 操作2のろ液を煮沸し希硝酸を加えた後、アンモニア水を十分に加えた。その際に生じた沈殿物をろ過した。

【操作4】 操作3で生じた沈殿物に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えた後、ろ過して沈殿物を得た。

【操作5】 操作3のろ液に硫化水素を通じ、生じた沈殿物をろ過した。

(A) 操作1で沈殿を生じるイオンは2種類である。この沈殿物に含まれるイオンを分離するためにはどのような操作を行えばよいか。10字以内で簡潔に答えなさい。

(B) 操作2と操作5で生じた沈殿物の化学式を答えなさい。また操作4で得られた沈殿物の名称を答えなさい。さらにそれぞれの沈殿物の色を答えなさい。

(C) 操作3の下線部について、希硝酸を加える理由は「操作2の硫化水素により還元されて生じた(ア)を(イ)に戻すため」である。(ア)および(イ)にあてはまる金属イオンの化学式を答えなさい。

(D) 操作5のろ過後のろ液にある金属イオンの化学式を答えなさい。また、この金属イオンを判別するためにはどのような反応によって検出すればよいか。さらに、どのような結果になるか。反応と結果をそれぞれ答えなさい。

(2) 下記の(A)～(C)は、濃硫酸のどの性質を説明しているか。解答群から1つずつ番号を選んで答えなさい。

- (A) 角砂糖に濃硫酸をかけると黒くなった。
- (B) 塩化ナトリウムと濃硫酸を反応させると塩化水素が発生した。
- (C) 銅に濃硫酸を加えて加熱すると二酸化硫黄が発生した。

解答群

- ① 吸湿性 ② 酸化作用 ③ 不揮発性 ④ 脱水作用

(3) 炭酸ナトリウムは、工業的には下記の工程で製造される。次の設問(A)～(C)に答えなさい。

【工程1】 塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアを吸収させた後、二酸化炭素を通じ、比較的溶解度の小さい炭酸水素ナトリウムを析出させる。

【工程2】 生成した炭酸水素ナトリウムを (ア) することで、炭酸ナトリウムを得る。

【工程3】 石灰石の (ア) により生石灰と**工程1**で利用する二酸化炭素を得る。

【工程4】 生石灰に水を作用させて (イ) を得る。

【工程5】 **工程1**で生成した (ウ) に**工程4**で生成した (イ) を反応させてアンモニアを得る。

(A) 空欄(ア)～(ウ)にあてはまる語句を答えなさい。

(B) **【工程1】**～**【工程5】**の反応を1つにまとめた化学反応式を示しなさい。

(C) 炭酸ナトリウム無水塩を61 kg 製造したい場合、塩化ナトリウムの必要量は何kg か。整数(小数第1位の数字は四捨五入)で答えなさい。ただし、反応はいずれも完全に進行するものとする。

【4】

次の設問(1)～(3)に答えなさい。

(40点)

- (1) ある不飽和炭化水素 1.161 g は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ においては、1.00 L の体積を占める気体である。この炭化水素 3.90 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 13.2 mg が生じた。この炭化水素の組成式、分子式、構造式を示しなさい。ただし、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。
- (2) 試験管 A, B, C, D には、フェノール $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 、ベンジルアルコール $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$ 、サリチル酸 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$ 、アセチルサリチル酸 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OCOCH}_3)\text{COOH}$ のいずれかが入っている。各試験管について**実験1**と**実験2**を行なったところ、表のとおり結果が得られた。実験結果に基づき、設問(A)と(B)に答えなさい。

実験1 各試験管から少量ずつ別の試験管にそれぞれとり、塩化鉄(III)水溶液を加えて色の変化を観察した。

実験2 各試験管から少量ずつ別の試験管にそれぞれとり、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて気体の発生を観察した。

表 実験結果

	試験管 A	試験管 B	試験管 C	試験管 D
実験1	変化は見られなかった	紫色に変化した	変化は見られなかった	赤紫色に変化した
実験2	気体が発生しなかった	気体が発生しなかった	気体が発生した	気体が発生した

(A) **実験1**と**実験2**の結果から、試験管 A～D にはそれぞれどの物質が入っていると考えられるか。名称を示しなさい。

(B) **実験2**で気体が発生した試験管 D の反応について反応式を示しなさい。

(3) グルタミン酸、システイン、チロシン、メチオニン、リシンのうち、異なるアミノ酸 A, B, C からなるトリペプチドがある。このトリペプチドのアミノ酸の結合を A-B-C と表す。このトリペプチドについて**実験 1~5**を行ったところ、以下のとおりに結果が得られた。実験結果に基づき、設問(A)と(B)に答えなさい。なお、各アミノ酸の等電点は、グルタミン酸が 3.2, システインが 5.1, チロシンが 5.7, メチオニンが 5.7, リシンが 9.7 とする。

実験 1 トリペプチドをある酵素で加水分解すると、アミノ酸 A とジペプチド B-C が生じた。アミノ酸 A は、 $\text{pH} = 4.0$ の水溶液中で電気泳動したところ、陽極側へ移動した。

実験 2 ジペプチド B-C は、キサントプロテイン反応を示さなかった。

実験 3 ジペプチド B-C を試験管にとり、水酸化ナトリウム水溶液と沸騰石を加えて加熱した後、酢酸鉛 (II) 水溶液を加えると黒色沈殿が生じた。

実験 4 **実験 1** とは別の酵素でトリペプチドを加水分解すると、アミノ酸 C とジペプチド A-B が生じた。アミノ酸 C は、 $\text{pH} = 7.0$ の水溶液中で電気泳動したところ、陰極側へ移動した。

実験 5 酸化剤を含む水溶液でトリペプチドを処理したところ、2 分子間に共有結合を生じた。この共有結合はアミノ酸 B どうしで生じていた。

(A) **実験 1~5** の結果から、アミノ酸 A, B, C は何であると考えられるか。それぞれの名称を示しなさい。

(B) **実験 5** で生じた共有結合の名称を示しなさい。

