

化 学

(化学基礎・化学)

(注意事項)

1. 解答開始の指示があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子と解答用紙は別になっています。
3. 解答用紙の各ページの所定欄に受験番号、氏名を記入しなさい。
4. 計算の下書き等が必要な場合は問題冊子の余白を利用しなさい。
5. 試験終了後は問題冊子を持ち帰りなさい。

化学

原子量は H: 1.0, C: 12, N: 14, O: 16, Na: 23, S: 32, Cl: 35 とし, 標準状態 (0 ℃, 1.013×10^5 Pa) において気体 1 mol が占める体積は 22.4 L として計算すること。

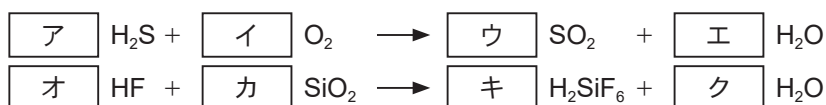
第 1 問

問 1 次の文を読み (1) ~ (3) に答えなさい。

私たちの住む地球が誕生して約 46 億年が経つ。誕生から今に至るまで, 火山を形成するマグマの活動は途切れることなく続いている。火山からは大規模なマグマのふき出しだけでなく, 温泉や火山ガスの放出もある。火山ガスの主成分は水蒸気や二酸化炭素であるが, その化学組成はマグマの状態を反映するものとして観測の対象とされている。ヘリウム等の貴ガスは微量であるが火山ガスに含まれ, ヘリウムには質量数 3 のものと 4 のものが存在する。この比率は火山の状態を知る手がかりになるとされる。

(1) 下線に示す関係を何というか答えなさい。

(2) 毒性のある火山ガスには硫化水素 H_2S やフッ化水素 HF などがある。火山の状態によっては以下のような反応を起こす。



空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ク}}$ に数字を入れて化学反応式を完成させなさい。(この問題では係数がないときでも 1 と記入すること。)

(3) 火山の噴火により, 3.2 万トンの二酸化硫黄 SO_2 が放出されたとする。放出された SO_2 がその後全て硫酸 H_2SO_4 に変化されるとすると, 生成する H_2SO_4 の質量 [トン] はいくらになるか, 有効数字 2 桁で答えなさい。

問2 一定温度，一定圧力において，同体積の気体中には，気体の種類によらず同数の分子が含まれる。物質 1 mol 当たりの質量，体積をそれぞれモル質量，モル体積といい，標準状態において気体の密度を測定することができれば，その気体についてモル質量を知ることができる。硝酸アンモニウム NH_4NO_3 を $200\text{ }^\circ\text{C}$ 程度で穏やかに加熱すると気体 X が発生した。水上置換法により気体を回収し，標準状態で質量と体積を測定したところ密度が 1.96 g/L であった。次の (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) 下線部の法則を何というか以下の ① ~ ⑤ から選んで答えなさい。
- ①倍数比例の法則・②質量保存の法則・③ヘンリーの法則・
④アボガドロの法則・⑤ヘスの法則
- (2) 回収した気体 X は純物質であるとし，発生した気体 X のモル質量を整数値で求めなさい。
- (3) この発生した気体 X は何と考えられるか，化学式で答えなさい。

化学

問3 図1は滴下する水溶液を入れたビュレットの液面付近の拡大図である。図2は、pH 指示薬が色の変化を示す範囲を表している。次の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 図1のビュレットの目盛りを読みなさい。
- (2) 図3は、0.1 mol/L の酢酸水溶液 10 mL に 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下したときの、滴下量に対する pH の変化を示した滴定曲線である。この中和滴定において適切な pH 指示薬を図2から選び答えなさい。
- (3) 図4は 0.1 mol/L のアンモニア水 10 mL に 0.1 mol/L の塩酸を滴下したときの、滴下量に対する pH の変化を示した滴定曲線である。この中和滴定において適切な pH 指示薬を図2から選び答えなさい。
- (4) ある濃度のアンモニア水 10 mL を過不足なく中和するために 0.050 mol/L の希硫酸が 16 mL 必要であった。このアンモニア水のモル濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。

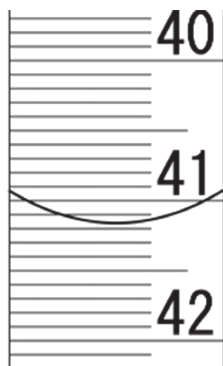


図1 ビュレットの目盛り例

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
メチルオレンジ				赤	■	黄								
フェノールフタレイン									無	■	赤			

図2 pH 指示薬の変色域

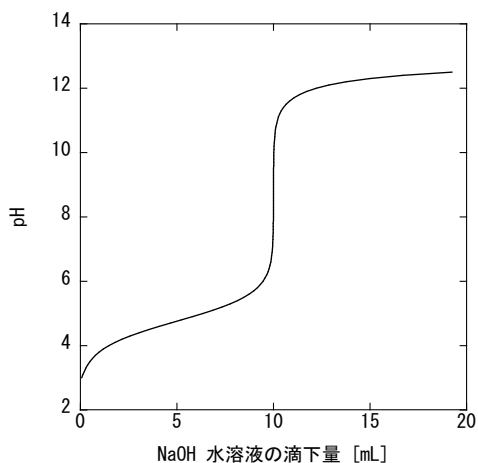


図3 酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の滴定曲線

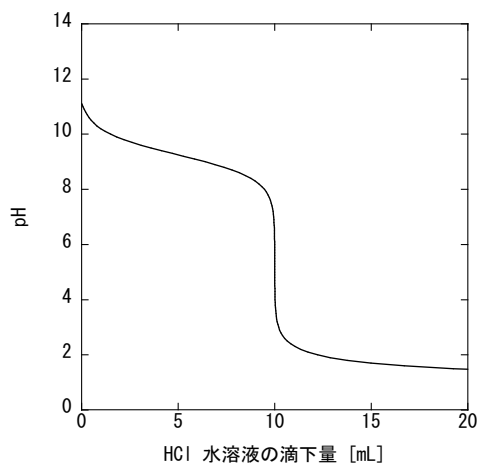


図4 アンモニア水と塩酸の滴定曲線

問4 2つの物質が「同じ」か「異なる」かは、化学的、物理的、構造的、機能的といったどの側面を考慮するかによって決まる。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) A～Dのそれぞれの対の関係を正しく示すのは1～4のどれであるか答えなさい。

- A：水と氷
- B：黒鉛とダイヤモンド
- C：石灰石とチョーク
- D：グルコースとフルクトース

- 1：同一の分子式で異なる構造
- 2：同一の元素で性質の異なる単体
- 3：同一の化合物あるいは単体で異なる三態
- 4：同一の化合物あるいは単体を含む原料と製造物

(2) A～Dであげた例以外の1～4の例を1組ずつあげなさい。

化学

第2問

問1 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

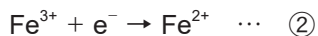
プロパンの燃焼反応は、以下の①式のように表される。



- (1) 標準状態で 44.8 L のプロパン C_3H_8 (気) を完全燃焼させたときに生成する水 H_2O (液) の質量を有効数字 3 桁で求めなさい。
- (2) 二酸化炭素 CO_2 (気), 水 H_2O (液), プロパン C_3H_8 (気) の生成エンタルピーを、それぞれ -394 kJ/mol , -286 kJ/mol , -104 kJ/mol とするとき、プロパンの燃焼エンタルピーを有効数字 3 桁で求めなさい。
- (3) プロパンを酸素で酸化して発電するプロパン-酸素燃料電池を考えると、この反応式も①式と等しい。標準状態で 44.8 L のプロパン C_3H_8 (気) が全て反応して二酸化炭素と水に変化したとすると、何 [C] の電気量が生じるか、有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

問2 次の文章を読み、問いに答えなさい。

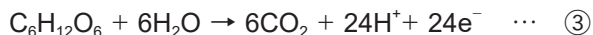
湿原のような酸素がほとんどない土壌環境では、酸素以外の酸化剤を用いて有機物を酸化分解できる微生物が活性化する。鉄(Ⅲ)イオンが十分にあればこれが酸化剤として用いられるが(②式)、鉄(Ⅲ)イオンがすべて消費されてしまうと、今度は硫酸イオンなどが酸化剤として用いられるようになる。鉄(Ⅲ)イオンの酸化剤としての反応式は、②式で表される。



グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ および、 $1.20 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の鉄(Ⅲ)イオンが溶解す

化学

る水溶液 20.0 mL 中において、酸素がない条件下で②式の反応のみが進み、酸化されたグルコースは全て、以下の③式のように二酸化炭素を生成したとする。



このとき、消費されたグルコースの質量を有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、グルコースのモル質量は 180 g/mol とし、溶液中には酸化反応に対して過剰量のグルコースが溶解していたとする。

問 3 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

下水と濃縮海水の浸透圧の差を利用した浸透圧発電技術が考案されている。これは、下水側から半透膜を経て濃縮海水側に水が流入する原理を応用して発電するものである。

ここで、容積可変の容器内に、下水と濃縮海水を 1 L ずつ半透膜で仕切って注いだとき、何 L の水が移動するか推定した以下の文章の、空欄 ア ~ エ に当てはまる数値、または式を答えなさい。数値は有効数字 2 桁で答えること。

下水には T [K] で、1 L 中に非電解質が 100 mg 溶解しているとし、この非電解質の平均モル質量は 1.0×10^3 g/mol とする。一方、濃縮海水には T [K] で、1 L 中に塩化ナトリウムが 58 g 溶解しているとする。

両者の溶液の浸透圧が同じになるまで水が y [L] 移動したとすると、半透膜を挟んだ両者の浸透圧は等しくなっているはずなので、以下の等式が成り立つ。

$$\frac{\text{ア} \times RT}{\text{イ}} = \frac{\text{ウ} \times RT}{\text{エ}}$$

ただし左辺と右辺は、それぞれ下水と濃縮海水の浸透圧を示す。これを y について解くと、 $y \approx 1$ となり、ほぼ全ての水が下水から濃縮海水に移動することが分かる。

化学

第3問

問1 金属 Cu, Ni, Sn, Fe, Mn に関する次の文章を読み, (1) ~ (5) に当てはまる適切なものを一つずつ元素記号で答えなさい。ただし, 同じものを2度選んではならない。

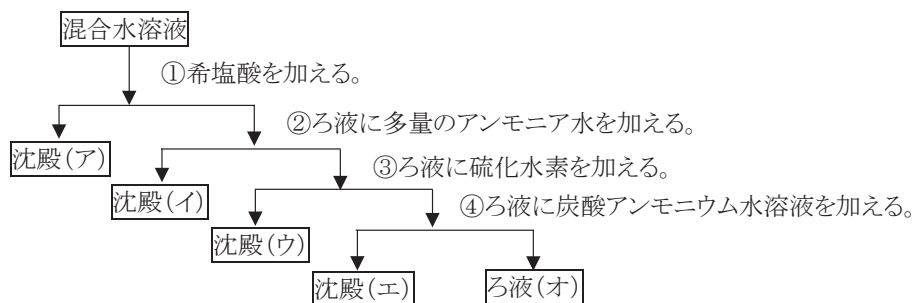
- (1) 希硫酸と反応し水素を発生させる金属。
- (2) ブリキの材料として別の金属の表面を覆い, 保護することを目的に使われる金属。
- (3) 乾燥した空気中では酸化されにくい, 湿った空気中では緑色のさび (緑青) を生じる金属。
- (4) 乾電池の材料として使われ, 酸素発生触媒にも用いられる化合物の主成分の金属。
- (5) 合金がステンレス鋼や形状記憶合金などに使われる金属。

問2 ハロゲン単体 F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 とその化合物について次の(1)~(4)に答えなさい。

- (1) 蛍石 (CaF_2) の粉末に濃硫酸を加えて加熱し, フッ化水素が得られる反応を化学反応式で答えなさい。
- (2) 塩素が水と反応して塩化水素と次亜塩素酸になる反応を化学反応式で答えなさい。
- (3) 水に対する反応は塩素より弱い, 塩素と似た反応を示す単体を化学式で答えなさい。

- (4) ヨウ素デンプン反応の呈色が起こる仕組みを、デンプンの分子構造から説明しなさい。

問3 Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , K^+ , Zn^{2+} の5種類の金属イオンを含む混合水溶液に操作①～④を行った。以下の(1)～(5)に、化学式で答えなさい。



- (1) 沈殿 (ア) に含まれるものを答えよ。
- (2) 沈殿 (イ) に含まれるものを答えよ。
- (3) 沈殿 (ウ) に含まれるものを答えよ。
- (4) 沈殿 (エ) に含まれるものを答えよ。
- (5) ろ液 (オ) に含まれる金属イオンを答えよ。

化学

問4 金と銀に関する以下の説明で ～ に当てはまる最も適当な語句などを①～⑬から一つ選びなさい。

(1) 11族に属する銀は硫化物などとして産出されるほか、銅の精錬の際に として得られる。

(2) 銀は金属の中で の反射率や が最も大きい。

(3) 金は金属の中で や延性は最も大きい。

(4) 金は が小さく、 や濃硝酸といった強酸には溶けないが、濃塩酸と濃硝酸を (体積比) で混合した王水には溶ける。

- ①電気伝導性 (熱伝導性), ②可視光, ③紫外線, ④陽極泥, ⑤展性,
⑥イオン化傾向, ⑦ 1:2, ⑧ 3:1, ⑨可燃性, ⑩水酸化ナトリウム,
⑪濃硫酸, ⑫ 1:1, ⑬酢酸

第4問

問1 次の文章を読んで、空欄 ~ に当てはまる語句または化学式を答えなさい。

有機化合物の多くは炭素原子が 結合でつながった分子で、分子間力が比較的弱いいため融点・沸点は一般に低い傾向にあり、水には溶けにくく有機溶媒には溶けやすい。炭素骨格にベンゼン環を含まない炭化水素を という。

エタノールは分子式 , 示性式 で表される。同じ分子式 C_3H_8O をもつ1-プロパノール ($CH_3-CH_2-CH_2-OH$) と2-プロパノール ($CH_3-CHOH-CH_3$) は、 の関係にある。

問2 次の文章を読んで、問いに答えなさい。

ある有機化合物 X (C, H, O のみから成る) 0.200 g を完全燃焼させたところ、 CO_2 0.455 g と H_2O 0.186 g を得た。次の問いに答えなさい。

- (1) X の組成式を求めなさい。
- (2) X の分子量が 58 であるとき、分子式を答えなさい。
- (3) 次のうち、(2)で求めた分子式と同じ分子式をもつ分子をすべて選び、記号で答えなさい。

(a) アセトン (b) ジメチルエーテル
(c) プロピオンアルデヒド (CH_3CH_2CHO) (d) 酢酸

化学

問3 次の文章を読んで、問いに答えなさい。

芳香族化合物の代表であるベンゼンは安定な構造をもつため、二重結合を含むにもかかわらず付加反応は起こりにくいが、主に置換反応は起こりやすい。ベンゼンに①濃硫酸と濃硝酸の混合物（混酸）を加えて加熱すると、
アが生成し、水が副生する。また、②フェノール水溶液に臭素水を加えると イ色の沈殿が生じる。

- (1) 空欄 ア に当てはまる化合物名を答えなさい。
- (2) 下線部①の反応名（「～化」）を答えなさい。
- (3) 下線部②の反応で臭素水の色の変化を答えなさい。
- (4) 空欄 イ に当てはまる沈殿物の色を答えなさい。
- (5) 次の化合物について、ベンゼン環に下線のように直接結合している官能基名（または置換基名）をそれぞれ答えなさい。

(a) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ (b) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ (c) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ (d) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$

問4 次の文章を読んで、問いに答えなさい。

高分子は、多数のモノマーが結びついてできる。有機高分子には、ビニル基（ $-\text{CH}=\text{CH}_2$ ）をもつモノマーが二重結合の開裂により連鎖的に進行する ア と、官能基どうしが反応して水などの小分子を脱離しながら進む イ がある。

次の a) ～ c) の反応について答えなさい。

(注) 繰り返し単位（単位構造）の化学式は、構造式（例：ポリエチレン $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ）で示した場合も正答とする。末端基は考慮せず、n を書く必要はない。

化学

- a) 塩化ビニル $\text{CH}_2 = \text{CHCl} \rightarrow$ ポリ塩化ビニル (PVC)
- b) テレフタル酸 $\text{HOOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH} +$ エチレングリコール $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \rightarrow$ ポリエチレンテレフタレート (PET)
- c) アクリロニトリル $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN} \rightarrow$ ポリアクリロニトリル (PAN)

- (1) 空欄 と に当てはまる適切な語句を入れなさい。
- (2) a) ~ c) を と のどちらかに当てはまるか答えなさい。
- (3) a) と c) について、繰り返し単位(単位構造)の化学式をそれぞれ答えなさい。
さらに a) の繰り返し単位の式量を求めなさい。
- (4) b) の繰り返し単位(単位構造)の化学式を答えなさい。
- (5) b) の繰り返し単位に含まれるエステル結合の本数を答え、その結果として重合に伴い 1 繰り返し単位あたり生成する水分子の数を求めなさい。