

1 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

炭素、水素、酸素からなる中性の二置換ベンゼン **A** がある。その分子量は 222 で、元素分析値は炭素 64.9%、水素 6.3% であった。この化合物を塩酸で加水分解したのち、エーテルで抽出すると化合物 **B** が得られた。この化合物 **B** を無水酢酸と反応させると化合物 **A** が得られた。化合物 **B** を硫酸酸性で二クロム酸カリウムと反応させ、酸性の化合物 **C** (分子量 152) を得た。水 20 ml に化合物 **C** を 0.532 g 溶かし臭素水を加えたところ、臭素 1.680 g が反応して白色結晶の化合物 **D** が得られた。この化合物 **D** をエタノール中、少量の濃硫酸と加熱して化合物 **E** を得た。なお、臭素の原子量は 80 である。

- (1) 化合物 **A** の分子式を示せ。結果だけでなく計算過程も示せ。
- (2) 1 モルの化合物 **C** に臭素は何モル反応するか。結果だけでなく計算過程も示せ。
- (3) 化合物 **C** が示す反応を次からすべて選び、記号で答えよ。
 - (ア) フェーリング液によって赤色の沈殿が生成する。
 - (イ) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって青紫色になる。
 - (ウ) アンモニア性硝酸銀水溶液によって銀鏡ができる。
 - (エ) 炭酸水素ナトリウム水溶液によって気体が発生する。
- (4) 化合物 **A** ~ **E** の構造式を書け。

2

下記の各問いにおける気体、液体あるいは溶液の平均体積を求めよ。体積の単位は nm^3 とし、算出根拠も示せ。ただし、 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ より、 $1 \text{ cm}^3 = 10^{21} \text{ nm}^3$ である。気体は理想気体とし、1モルの体積は 20°C 、 1 atm で 24 l とする。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

- (1) 20°C 、 1 atm の気体において、気体分子を1個含む平均体積を求めよ。
- (2) 水において、水分子を1個含む平均体積を求めよ。ただし、水の密度は 1.0 g/cm^3 とする。
- (3) 水が 20°C 、 10 atm の空気と接触して平衡になっているとき、溶解している酸素分子を1個含む水の平均体積を求めよ。ただし、空気中の酸素の体積組成は 20% とし、酸素はその分圧が 1 atm のとき、 20°C の気体の体積に換算して水 1 l あたり 0.033 l 溶けるとする。
- (4) 0.30 mol/l の酢酸水溶液において、電離により生じた酢酸イオンを1個含む溶液の平均体積を求めよ。ただし、酢酸の電離定数は $K_a = 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ とする。

3 次の(A)から(H)までの文章を読み、下記の問いに答えよ。

- (A) 元素(ア)～(ク)は、それぞれ原子番号が18以下の元素のいずれかの1つである。
- (B) 原子番号18以下の元素の中で最も電気陰性度の大きい元素(ア)の水素化合物は、同族の元素(イ)の水素化合物に比べ沸点が高い。
(a)
- (C) 元素(ウ)の単体は、希ガスに次いで不活性であるが、空気中では放電などにより酸化されて、無色の一酸化物や、赤褐色の二酸化物となる。
- (D) 1価の陽イオンになりやすい元素(エ)は、黄色の炎色反応を示し、元素(イ)とイオン結晶をつくる。
- (E) 元素(オ)は2価の陽イオンになりやすく、そのイオンの電子配置は原子番号10の元素と同じである。
- (F) 元素(カ)の単体はダイヤモンド型構造の共有結合の結晶であり、単体としては天然には存在しないが、その酸化物は天然に固体として多く存在する。
- (G) 元素(キ)の単体にはいくつかの同素体があり、常温で淡黄色のろう状の同素体は有毒で発火しやすい。この同素体を燃やすと吸湿性のある白色粉末状の酸化物が得られ、これは乾燥剤や脱水剤として用いられる。
(b)
- (H) 元素(ク)は石油や石炭に含まれ、この水素化合物は腐卵臭の有毒の気体であり、水に溶けると弱酸性を示す。この元素のイオンは多くの金属イオンと反応し、水に溶けにくい化合物をつくるので、金属イオンの識別に用いられる。
(c)

(1) (ア)～(ク)にあてはまる元素を、元素記号で答えよ。

(2) 元素(ア)～(ク)の中から、非金属であり、単体が室温、1 atm で固体であるものをすべて選び、元素記号で答えよ。

(3) 下線部(a)について、元素(ア)の水素化合物の沸点が、元素(イ)の水素化合物に比べて高い理由を簡単に述べよ。

- (4) 下線部(b)の酸化物を化学式で示せ。
- (5) 下線部(c)について、酸性溶液でも沈殿する化合物を解答欄(i)に、中性・塩
基性溶液で沈殿する化合物を解答欄(ii)に、それぞれ1つずつ書け。

4 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

アルミニウムは原子量 27 の元素である。その単体の結晶構造は面心立方格子であり、密度は 2.7 g/cm^3 である。アルミニウムは酸とも塩基とも反応し、気体を発生しながら溶解する。また、空気中で容易に酸化されるが金属の内部までは酸化されない。天然に存在するボーキサイトは Al_2O_3 を主成分とする鉱物であるが、不純物として Fe_2O_3 を含むため褐色を帯びている。アルミニウムはボーキサイトを精製して得られる Al_2O_3 に氷晶石を加え加熱・融解し、炭素電極を用いて電解して得られる。

- (1) 下線部(a)について、アルミニウム原子は球状とし、面心立方格子の一辺の長さ l を原子の半径 r で表せ。
- (2) (1)の結果をふまえて、アルミニウム原子の半径 r として最も適当なものを次の中から選んで記号で答えよ。また、途中の計算も示すこと。ただし、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。
(ア) $8.9 \times 10^{-11} \text{ m}$ (イ) $1.4 \times 10^{-10} \text{ m}$ (ウ) $4.1 \times 10^{-10} \text{ m}$ (エ) $2.7 \times 10^{-9} \text{ m}$
- (3) 下線部(b)について、塩酸および水酸化ナトリウム水溶液との反応をそれぞれ化学反応式で表せ。
- (4) 下線部(c)について、金属アルミニウムの酸化反応が内部にまで進行しにくい理由を述べよ。
- (5) 下線部(d)について、ボーキサイトから Fe_2O_3 を除くにはどのようにしたらよいか述べよ。
- (6) 下線部(e)について、 2.0 A の電流で 5.0 時間電解したとき、生成するアルミニウムの質量を求めよ。また、途中の計算も示すこと。ただし、ファラデー定数は 96500 C/mol とする。