

令和 5 年度 医学部 一般選抜試験 問題冊子

物 理

化 学

生 物

1 月 2 4 日 (火) 9 : 3 0 ~ 1 1 : 1 0

注 意 事 項

1. 開始の指示があるまでは、この冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は表紙 1 枚、草稿用紙 1 枚、物理問題用紙 3 枚、化学問題用紙 3 枚、生物問題用紙 7 枚の計 1 5 枚です。
3. 乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所があれば、直ちに申し出てください。
4. 物理、化学、生物の 3 科目のうち、2 科目を選択して解答してください。
5. 解答はすべて答案用紙の所定の位置に記入してください。
6. この冊子の余白は草稿用に使用しても構いません。
7. 試験室内で配付されたものは、一切持ち帰ってはいけません。
8. 試験終了の時刻まで、退出してはいけません。

草稿用紙

化

化 学

【注意】化学 問題 I, IIに解答するに当たって、必要があれば次の値を用いよ。

原子量：H=1.00, C=12.0, O=16.0, Al=27.0, Cl=35.5, K=39.1, I=126.9

アボガドロ定数： $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

標準状態における気体のモル体積：22.4 L/mol（気体の種類に関係せず同じ値であるとする）

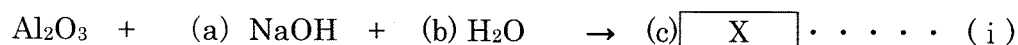
$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$

化学 問題 I

次の文章を読み、以下の問1～問12に答えよ。

アルミニウムは周期表の第(①)周期、(②)族に属する(A)元素であり、地殻中に存在する元素を質量で比較すると、1番多い(③)、2番目に多い(④)について3番目に多い元素である。アルミニウムは比較的イオン化傾向の大きい金属であるために、その塩類の水溶液を電気分解してもアルミニウムの単体を析出させることはできない。このため、アルミニウムの単体は、原料鉱石である(⑤)から、次のような過程を経て製造される。

(⑤)に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、その主成分である Al_2O_3 は、次式のように反応して溶解する。



その後、酸化鉄などの不溶物を除去し、その溶液に多量の水を加えると、ゲル状の(⑥)の沈殿が生じる。(⑥)を取り出して強熱することで、純度の高い(⑦)を得ることができる。(⑦)の融点は 2054°C と非常に高く、融解されにくい。そこで、融点 1020°C の(B)を加熱・融解し、これに(⑦)を溶解させて、炭素電極を用いて電気分解すると、①陽極では気体が発生し、陰極ではアルミニウムが析出する。このように、イオン化傾向の大きい金属の単体は、それらの塩や酸化物の固体を強熱し液体にした後、電気分解を行うことで得られる。このような操作は(⑧)とよばれる。

②アルミニウムの単体は、面心立方格子の結晶構造をもつ金属であり、やわらかい銀白色を示し、比較的密度が小さい(4～5 g/cm³以下)ことから(⑨)金属に分類される。金属単体の電気伝導性は、大きい順に(⑩)、(⑪)、(⑫)であり、アルミニウムは4番目に大きい。なお、(⑫)は金属の中で最も展性・延性に富むことが知られている。

③アルミニウムは、常温では水とは反応しないが、高温の水蒸気とは反応する。また、④アルミニウムは、酸の水溶液にも、強塩基の水溶液にも反応してよく溶ける。このような元素は(⑬)元素とよばれる。しかし、アルミニウムと濃硝酸との反応では、表面にち密な酸化被膜を生じ、内部が保護される。このような状態を(⑭)という。アルミニウムの表面にち密な酸化被膜を人工的につけた製品は(⑮)とよばれる。また、酸化アルミニウムの結晶は、きわめてかたく、純粋なものは無色透明であるが、クロムイオンが微量の不純物として含まれるものは、赤色を示し(⑯)とよばれ、鉄イオンとチタンイオンが微量の不純物として含まれるものは(⑰)とよばれる。いずれも美しい宝石として人気がある。

アルミニウムと少量の銅、マグネシウム、マンガンとの合金は(⑱)とよばれ、軽くて強く、航空機の機体や建築材料として用いられている。また、⑤アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)との混合物は(⑲)とよばれる。この(⑲)に点火すると、アルミニウムが酸化鉄(Ⅲ)を(⑳)して、単体の鉄が生じる。このとき多量の熱が放出される。この反応は(㉑)反応とよばれ、鉄道のレール溶接などに用いられる。

硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの濃い混合溶液を冷却すると(㉒)とよばれる無色透明な結晶が得られる。(㉒)のように、2種類以上の塩が一定の割合で結合した形式で表すことができ、それぞれの成分イオンがそのまま存在する塩を(㉓)とよび、水に溶かすとそれぞれの成分イオンに電離する。なお、(㉓)の水溶液は、(C)性を示す。

化

化 学

問1. (①) ~ (⑫) に入る最も適切な語句、数字、元素の名称、物質の名称をそれぞれ記せ。

問2. (⑬) の化学式を記せ。

問3. (⑭) の結晶の形として最も適切なものを、次の (ア) ~ (エ) の中から1つ選び、記号で記せ。

(ア) 正四面体 (イ) 立方体 (ウ) 正八面体 (エ) 正十二面体

問4. (A) に入るものとして最も適切なものを、次の (ア) ~ (エ) から1つ選び、記号で記せ。

(ア) アルカリ金属 (イ) アルカリ土類金属 (ウ) 典型 (エ) 遷移

問5. (B) に入る鉱石の名称とその主成分の化学式を記せ。

問6. (C) に入るものとして最も適切なものを、次の (ア) ~ (ウ) から1つ選び、記号で記せ。

(ア) 弱酸 (イ) 中 (ウ) 弱塩基

問7. 化学反応式 (i) に関して、次の (1) ~ (3) に答えよ。

(1) (a) ~ (c) に入る化学反応式の係数をそれぞれ記せ。ただし、係数が「1」である場合は、1と記せ。

(2) に入る化学式を記せ。

(3) の物質の名称を記せ。

問8. 下線部①に関連して、陽極においては、2種類の化合物の気体のみが発生した。標準状態に換算したとき、分子量が大きい方の気体の体積は 4.480×10^3 L、分子量が小さい方の気体の体積は 1.792×10^3 Lであった。このとき、次の (1)、(2) に答えよ。

(1) 陽極の炭素は何 g 消費されるか。有効数字3桁で答えよ。

(2) 陰極において、アルミニウムは何 g 析出するか。有効数字3桁で答えよ。

問9. 下線部②のように、アルミニウムの単体は面心立方格子の結晶構造をもつ金属であり、単位格子の一辺の長さは 4.0×10^{-8} cm であるとする。次の (1) ~ (3) に答えよ。

(1) アルミニウム原子の原子半径は何 cm か。有効数字2桁で答えよ。

(2) アルミニウムの密度は何 g/cm³ か。有効数字2桁で答えよ。

(3) 同じアルミニウムの原子数をもつ酸化アルミニウム Al₂O₃ の結晶とアルミニウムの単体の体積を比較したとき、その体積比 (= Al₂O₃ の体積 / 単体 Al の体積) はいくらになるか。有効数字2桁で答えよ。ただし、Al₂O₃ の結晶の密度は 4.0 g/cm³ とする。また、アルミニウムの単体の密度は (2) の解答の値 (有効数字2桁) を用いよ。

問10. 下線部③に関連して、アルミニウムと高温の水蒸気との反応を化学反応式で記せ。なお、アルミニウムは高温の水蒸気と反応すると酸化物に変化する。

問11. 下線部④に関連して、次の (1)、(2) に答えよ。

(1) アルミニウム以外に (⑬) 元素であるものを、次に示す8つの元素の中からすべて選び、元素記号で記せ。

Ca Mn Cu Zn Ag Sn Hg Pb

(2) アルミニウム 2.70g と十分量の水酸化ナトリウム水溶液が完全に反応したとする。このとき、標準状態において何Lの気体が生成するか。有効数字3桁で答えよ。

問12. 下線部⑤に関連して、次の (1)、(2) に答えよ。

(1) この反応の原理を利用すると、アルミニウムの粉末と酸化マンガン (IV) MnO₂ から、単体のマンガンが得られる。この化学反応式を記せ。

(2) 酸化アルミニウム (固) および酸化鉄 (III) (固) の生成熱をそれぞれ 1681 kJ/mol, 827 kJ/mol とすると、1 mol のアルミニウム (固) が十分量の酸化鉄 (III) (固) と反応したときに発生する熱量は何 kJ か。整数で答えよ。

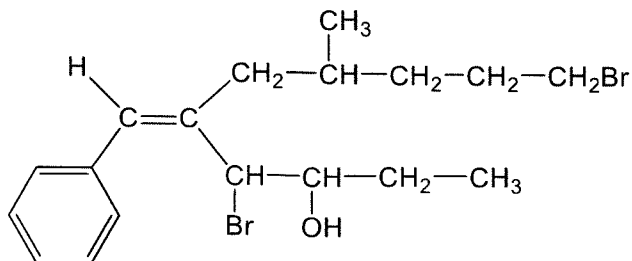
化

化 学

化学 問題 II

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

構造式例



化合物A～Dは、次の(1)～(8)のような性質や反応を示した。なお、以下の文中に出てくる塩化アルキルとは、アルカンの1つの水素原子が塩素原子に置換した化合物のことをいう。また、本問においては、シス・トランス異性体は別の化合物として区別し、鏡像異性体は同一の化合物として扱い区別しないものとする。アルコールの分子内脱水反応でアルケンが生成するとき、ヒドロキシ基が結合している炭素原子の隣の炭素原子のうち、結合している水素原子の数が少ないほうから水素原子が脱離した生成物が主に得られる(ザイツェフの法則)。ただし、脱水過程において、水素原子やメチル基が、結合していた炭素原子から隣の炭素原子に移動する反応(転位反応)は起こらないものとする。

- (1) 化合物Aの分子量は88.0であり、成分元素の質量百分率は炭素68.2%、水素13.6%、酸素18.2%であった。
- (2) 化合物Aとヨウ素 I_2 を塩基性条件下で加熱し反応させると、黄色沈殿を生じた。
- (3) 化合物Aには不斉炭素原子が存在した。
- (4) 化合物Bは化合物Aの異性体であり、化合物Aの(1)～(3)と同じ性質や反応を示した。
- (5) 加熱した濃硫酸に化合物Aを加えると、主生成物Cと副生成物Dの2種類のアルケンが生成した。
- (6) 加熱した濃硫酸に化合物Bを加えると、3種類のアルケンが生成した。
- (7) 主生成物Cと副生成物Dの混合物に塩化水素 HCl を付加させると、理論上(ア)種類の塩化アルキルが生成する。
なお、生成する塩化アルキルの分子量は、すべて106.5であるものとする。
- (8) 主生成物Cと副生成物Dの混合物に水素 H_2 を付加させ、その後、さらに塩素 Cl_2 と反応させて、1つの水素原子を塩素原子に置換させた。このとき、理論上(イ)種類の塩化アルキルが生成する。なお生成する塩化アルキルの分子量は、すべて106.5であるものとする。

問1. 化合物Aの分子式を記せ。

問2. (2)の反応の名称と生成した黄色の化合物の化学式を記せ。

問3. 化合物Aと化合物Bの構造式をそれぞれ記せ。

問4. ザイツェフの法則にしたがい、(5)で生成する主生成物Cの構造式を記せ。

問5. (7)、(8)の文章中の(ア)、(イ)に入る数字を整数でそれぞれ記せ。

問6. (7)、(8)の反応で生成する塩化アルキルのうち、(8)の反応でのみ生成し得る塩化アルキルの構造式をすべて記せ。

なお、存在しない場合は「×」と記せ。

