

■ 当考查において、原子量ならびに基本定数は、次の値を使用すること。

《原子量》 H=1.0 N=14 O=16 Na=23 Al=27 Mn=55 Fe=56

Cu=64 Zn=65 Ag=108 Au=197 Pb=207

《基本定数》ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4$ [C/mol]

【1】次の各問に答えよ。解答は、マークシートへ正確にしっかりと塗りつぶすこと。

(1) 2族元素の化合物に関する記述として正しいものを、次の①～⑥のうちからすべて選べ。

- ① Mg、Ca、Baのうち、炭酸塩が水に溶けるのはMgのみである。
- ② Mg、Ca、Baのうち、硫酸塩が水に溶けるのはMgのみである。
- ③ 石灰石 CaCO_3 を 1000°C 以上に加熱することで、消石灰 CaO が得られる。
- ④ カーバイド CaC_2 に水を加えることで、アセチレン C_2H_2 と消石灰が得られる。
- ⑤ Ca(OH)_2 水溶液に CO_2 を吹き込むと $\text{Ca(HCO}_3)_2$ が生じ、水溶液は白濁する。
- ⑥ CaCO_3 に塩酸 HCl を加えると CO_2 が発生し、生じた CaCl_2 は水によく溶ける。

(2) ハロゲンに関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑥のうちからすべて選べ。

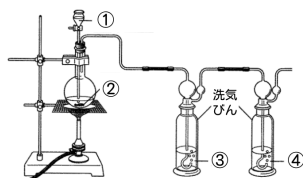
- ① フッ化水素 HF の沸点はハロゲン化水素の中でも高く、これは分子間の水素結合に起因する。
- ② KI 水溶液に塩素 Cl_2 を加えても、 KCl 水溶液に臭素 Br_2 を加えても水溶液に色の変化はない。
- ③ 水で湿らせた KI デンプン紙は、臭素 Br_2 を触れさせると白色→青紫色→白色の順に変化する。
- ④ 塩酸 HCl は、揮発性酸の塩 NaCl と不揮発性酸 H_2SO_4 を反応させることによって得られる。
- ⑤ 次亜塩素酸 HClO と過塩素酸 HClO_4 とを比較したとき、酸化力が大きいのは HClO_4 である。
- ⑥ フッ素 F_2 は水と激しく反応し酸素 O_2 を発生させるが、ヨウ素 I_2 は水に溶けず反応しない。

(3) 遷移元素に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑥のうちからすべて選べ。

- ① 銅 Cu は、空気中に長時間放置すると、緑青とよばれる青緑色で複雑な組成のさびとなる。
- ② 銅 Cu は、希塩酸 HCl には溶けないが、希硝酸 HNO_3 には溶けて溶液を黄緑色に変色させる。
- ③ 鉄 Fe は、濃硫酸 H_2SO_4 には溶けないが、希塩酸 HCl には溶けて溶液を淡緑色に変色させる。
- ④ 鉄 Fe は、アルミニウム Al と酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 を混ぜて点火するテルミット反応で得られる。
- ⑤ クロム Cr は、ステンレスやニクロムなどの合金や、水栓金具のめっきの材料に使われている。
- ⑥ 水銀 Hg は、アマルガムという合金をつくり、甘コウ Hg_2Cl_2 は化粧品や下剤として使われた。

【2】右図の装置で塩素を発生させた。次の各問に答えよ。

- (1) 図の①～④にあてはまる物質名をそれぞれ答えよ。
- (2) 図のフラスコ内での反応を表す化学反応式を記せ。
- (3) ③と④の順序を逆にしてはならない理由を記せ。
- (4) 塩素 Cl_2 にはさらし粉 $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ に塩酸 HCl を加える製法もある。この化学反応式を記せ。



【3】次の操作に対して起きる化学変化を化学反応式で表せ。また、生成物の物質名をすべて答えよ。

- (1) 臭化銀にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加える。
- (2) ガラス（主成分： SiO_2 ）にフッ化水素酸を加える。
- (3) アルミニウムに水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- (4) 塩素酸カリウムに酸化マンガン(Ⅳ)を加えて加熱する。

【4】次の文を読み、各問に答えよ。

①黄銅鉱は主成分が CuFeS_2 で、不純物として Zn 、 Pb 、 Ag 、 Au などを含む。これを溶鉱炉で粗銅とした後、②電解精錬することで純銅 Cu が得られる。わが国では銅の合金が貨幣材料として利用され、10円硬貨に用いられる青銅は(A)との合金、100円硬貨に用いられる白銅は(B)との合金である。

(1) (A)、(B)にあてはまる化学式をそれぞれ答えよ。

(2) 下線部①に関して、黄銅鉱の代わりに Cu 、 Fe 、 Zn 、 Pb 、 Ag からなる混合物に対して、次の(a)～(d)の順に分離操作を行った。あとの(ア)～(カ)のうちから、正しい記述をすべて選べ。

- (a) 細かく粉碎した混合物に硝酸を加え、完全に溶解させた。
- (b) (a)の溶液に塩酸を加え、生じた沈殿とろ液を分離した。
- (c) (b)の沈殿に熱湯を加え、残った沈殿とろ液を分離した。
- (d) (b)のろ液に硫化水素を通じ、生じた沈殿とろ液を分離した。

(ア) (c)の沈殿にアンモニア水を加えると、沈殿は溶解して褐色溶液となる。

(イ) (c)のろ液にクロム酸カリウム水溶液を加えると、赤褐色沈殿を生じる。

(ウ) (d)の沈殿に硝酸を加えた後、過剰のアンモニア水を加えると、深青色沈殿を生じる。

(エ) (d)の沈殿に硝酸を加えた後、その溶液を白金線につけ炎に入れると黄緑色の炎を生じる。

(オ) (d)のろ液に硝酸を加え煮沸した後、過剰のアンモニア水を加えると赤褐色沈殿を生じる。

(カ) (d)のろ液を煮沸した後、過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると緑白色沈殿を生じる。

(3) 下線部②に関して、 Pb 、 Ag 、 Au を含む粗銅板を陽極に、薄い純銅板を陰極に用いて、 0.30V の低電圧で硫酸銅(Ⅱ)の希硫酸水溶液 0.50L を電気分解した。 2.0A の電流を 128 分間流したとき、陽極の質量は 5.40g 減少し、硫酸銅(Ⅱ)の濃度は 0.0020mol/L 減少した。(ア)～(エ)の問に答えよ。

(ア) この電解精錬で陽極泥として沈殿する金属元素の元素記号をすべて答え、その理由も記せ。

(イ) 陰極の質量増加は何[g]か。有効数字2桁で答えよ。

(ウ) 反応前の陽極に含まれている Cu の質量パーセント濃度は何[%]か。有効数字2桁で答えよ。

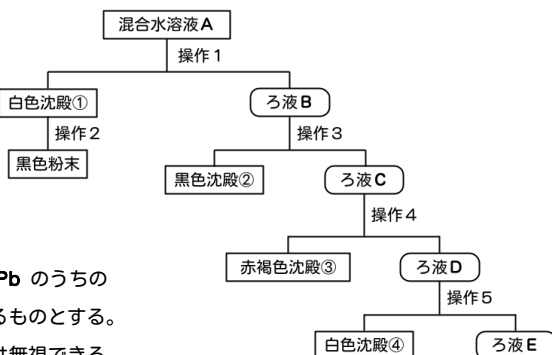
(エ) 陽極の減少量 5.40g に含まれる金と銀の質量の合計は何[g]か。有効数字2桁で答えよ。

【5】次の操作(a)～(c)中の金属元素A～Dは、Ag、Ca、Sn、Na、Pb、Zn、Feのいずれかである。

- (a) A～Dの金属イオンをそれぞれ別に含む水溶液に、常温で塩酸を少量加えると、Aを含む水溶液とCを含む水溶液だけが沈殿を生じる。
- (b) A～Dの金属イオンをそれぞれ別に含む水溶液に、常温でアンモニア水を少量加えると、いずれも沈殿を生じる。
- (c) (b)で生じたそれぞれの沈殿に、常温で過剰量のアンモニア水を加えると、Aを含む沈殿およびBを含む沈殿は溶けないが、Cを含む沈殿およびDを含む沈殿はいずれも溶ける。

- (1) 金属元素A～Dに関する記述として誤りを含むものを、次の(ア)～(ク)のうちからすべて選べ。
- (ア) A～Dのうち遷移元素はA、B、Cの3つである。
- (イ) A～Dの原子番号は、B、D、C、Aの順に大きくなる。
- (ウ) A～Dのイオン化傾向は、B、D、A、Cの順に小さくなる。
- (エ) A～Dの単体のうち、常温・常圧で電気伝導性・熱伝導性が最も大きいのはCの単体である。
- (オ) Aのイオンの水溶液に、常温でヨウ化カリウム水溶液を少量加えると、黄色沈殿を生じる。
- (カ) Bのイオンの水溶液に、常温で水酸化ナトリウム水溶液を過剰量加えると、沈殿が溶解する。
- (キ) Cのイオンの水溶液に、常温でクロム酸カリウム水溶液を少量加えると、黄色沈殿を生じる。
- (ク) Dのイオンの水溶液に、常温でアンモニア水を過剰量加え硫化水素を通じると、白色沈殿を生じる。
- (2) 下線部の変化で生じた錯イオンを、Cを含むイオン、Dを含むイオンのそれぞれについてイオン式で示せ。また、その錯イオンの形として適するものを、次の(ア)～(エ)のうちから一つずつ選べ。
- (ア) 正八面体形 (イ) 正四面体形 (ウ) 正方形 (エ) 直線形

【6】黄銅 1.00g と合金X 1.00g が金属イオンとして完全に溶解した混合水溶液Aに対して右図に示すような操作1～5を続けて行い、黄銅および合金Xに含まれる金属元素の種類および含有量を調べた。反応はすべて完全に進行するものとし、黄銅にはCuとZnの二種類、合金Xには、Na、Al、Mn、Fe、Cu、Zn、Ag、Pbのうちのいずれか三種類の金属元素が含まれているものとする。硫化水素から生成する単体の硫黄の質量は無視できる。



- (操作1) 混合水溶液Aに希塩酸を加えると白色沈殿①が生じた。ろ過により、その溶液をろ液Bと白色沈殿①に分離した。この白色沈殿①の質量は 0.40g であった。
- (操作2) 操作1で生じた白色沈殿①に紫外線を照射すると、黒色粉末に変化した。
- (操作3) ろ液Bに硫化水素を通じると黒色沈殿②が生じた。ろ過により、その溶液をろ液Cと黒色沈殿②に分離した。この黒色沈殿②の質量は 1.80g であった。

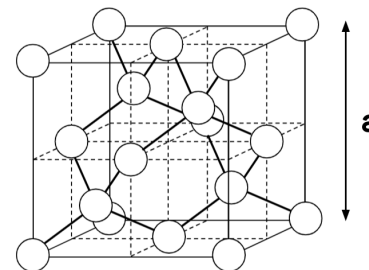
- (操作4) ろ液Cを(a)加熱した後、(b)希硝酸を加えた。その後アンモニア水を過剰に加えたところ、赤褐色沈殿③が生じた。ろ過により、この溶液をろ液Eと赤褐色沈殿③に分離した。
- (操作5) ろ液Dに硫化水素を通じると、白色沈殿④が生じた。ろ過により、この溶液をろ液Eと白色沈殿④に分離した。この白色沈殿④の質量は 0.45g であった。

- (1) 沈殿①～④の化学式をそれぞれ答えよ。
- (2) 沈殿③に試薬Yを加えたところ、濃青色沈殿が生じた。試薬Yの物質名および化学式を答えよ。
- (3) 下線部(a)の操作を行う理由を簡潔に記せ。
- (4) 下線部(b)の操作を行うことで起きる金属イオンとの反応をイオン反応式で答えよ。
- (5) この実験で用いた黄銅 1.00g に含まれるCuの質量[g]を、有効数字2桁で答えよ。
- (6) 合金X 1.00g に含まれる金属の元素記号、およびそれぞれの質量[g]を有効数字2桁で答えよ。

【7】次の文を読み、各問いに答えよ。

両性金属である金属AとBは、酸および強塩基の水溶液のいずれに対しても反応し、気体を発生する。鉛も両性金属に分類されるが、他の両性金属に比べ①酸および強塩基の水溶液に対する反応性が低い。鉛(II)イオン、Aの2価のイオンA²⁺、Bの2価のイオンB²⁺のいずれかを含む中性から塩基性の水溶液に硫化水素を加えると、鉛(II)イオンからは黒色沈殿が、A²⁺からは白色沈殿が、B²⁺からは褐色の沈殿がそれぞれ得られる。A²⁺から得られる上記の白色沈殿を構成する物質の結晶構造中の原子Aと硫黄原子をすべて炭素原子に置き換えると、②ダイヤモンドと同様の構造になる。鉛(II)イオンを含む水溶液に③二クロム酸カリウム水溶液を加えると、④黄色沈殿が得られる。一方で、⑤B²⁺を含む水溶液に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えると、Bの4価の陽イオンB⁴⁺を生成し緑色の溶液が得られる。

- (1) 金属AおよびBの元素記号をそれぞれ記せ。
- (2) 下線部①に関して、十分量の希硫酸に鉛を加えると、はじめ気体を発生したが、その後、固体が残っているにもかかわらず気体の発生が止まった。その理由を20字程度で説明せよ。
- (3) 下線部②に関して、右図はダイヤモンドの単位格子を示している。単位格子の1辺の長さをa[cm]、炭素のモル質量をM[g/mol]、アボガドロ定数をN_A[1/mol]とすると、次の(ア)～(ウ)を求めよ。
- (ア) ダイヤモンド結晶の密度[g/cm³]
- (イ) ダイヤモンドの炭素原子間の結合距離[cm]
- (ウ) ダイヤモンド結晶の充填率[%]



- (4) 下線部③に関して、橙赤色の二クロム酸イオンは水溶液中でクロムを含む黄色のイオンXと化学平衡にあり、pHによって平衡が変化する。Xの化学式を示し、この平衡を表すイオン反応式を記せ。

- (5) 下線部④に関して、十分量の鉛(Ⅱ)イオンを含む水溶液にニクロム酸カリウム水溶液を加えると、ニクロム酸鉛(Ⅱ)ではなく、鉛(Ⅱ)イオンとイオンXからなる物質の黄色沈殿が生成し、溶液部分はほぼ無色になった。この結果が得られた理由を 平衡、溶解度 の語を用いて簡潔に記せ。
- (6) 下線部⑤のイオン反応式を B^{2+} と B^{4+} を用いて記せ。
- (7) 一般に、酸化作用のある化合物の水溶液の濃度はヨウ素還元滴定(ヨードメトリー)によって決定できる。この方法を用いて、ある過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度を以下の手順で決定した。
- 過マンガンカリウム水溶液 3.00mL に希硫酸を加え酸性にした後、十分量のヨウ化カリウム水溶液を加えた。反応が完結した後、デンプン水溶液を加え青紫色の溶液を得た。この溶液に 2.00mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液を 3.40mL 滴下した時点で、溶液の色が無色に変化した。
- 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度[mol/L]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。

以 上