

「電気化学」で用いる手順と式



手順

STEP 1 情報の整理

- ① 電極反応を明らかにする。
- ② 流れた電子の物質量を明らかにする。
- ③ 与えられている物質の量を明らかにし、問われている物質の量を記号化する。

STEP 2 式への代入

- ① STEP 1 の情報をもとに、比例式を立てる。
- ② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

「電気化学」で必要な知識(その1)

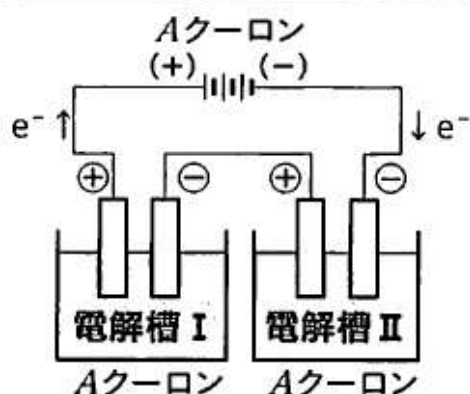
ファラデー定数

1 mol の電子がもつ電気量の絶対値を示したものの。通常、 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ をファラデー定数といい、記号 F で表す。

電気分解の回路に i アンペアの電流が t 秒間流れたとき、同回路には $i \times t$ クーロンの電気量が流れた、つまり $\frac{i \times t}{9.65 \times 10^4} \text{ mol}$ の電子が流れたことになる。

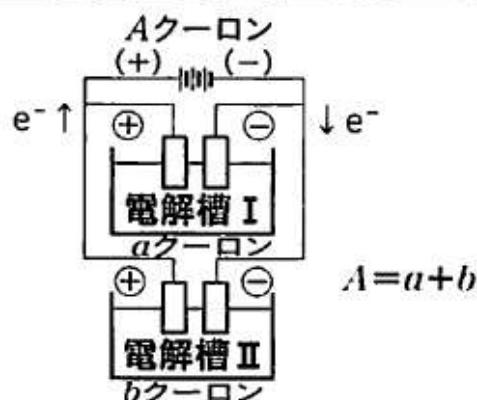
電池および電解槽の接続の例

例 1：直列電気分解



それぞれの電解槽を流れる電気量は、全体を流れる電気量に等しい。すなわち、互いに等しい。

例 2：並列電気分解

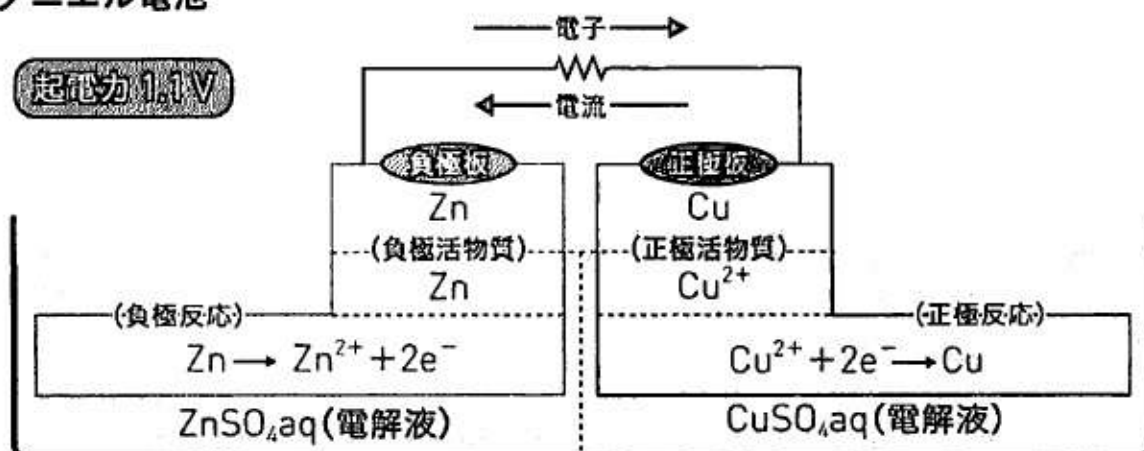


それぞれの電解槽を流れる電気量の和が、全体を流れる電気量に等しい。

「電気化学」で必要な知識(その2)

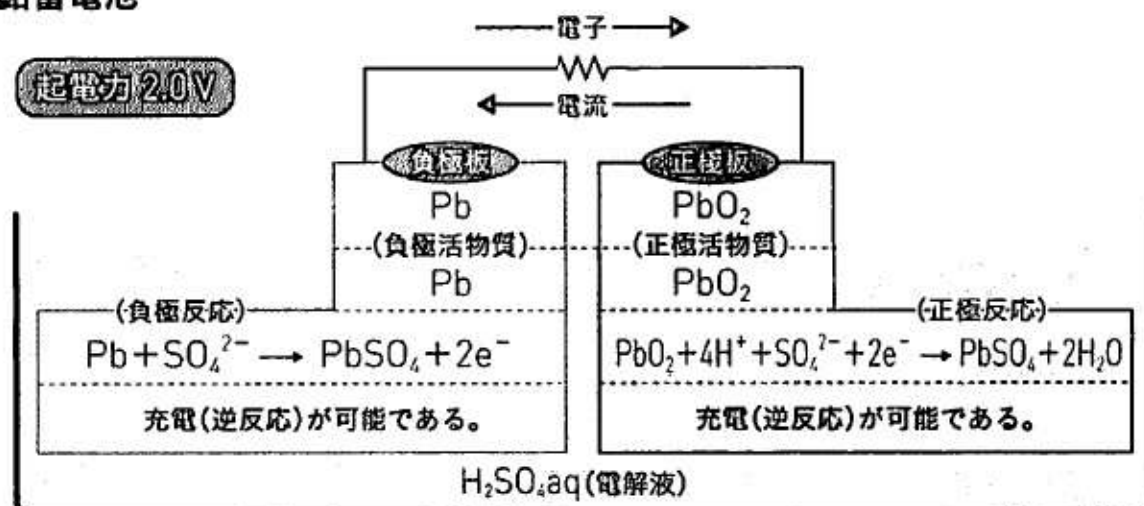
代表的な電池の例

■ダニエル電池



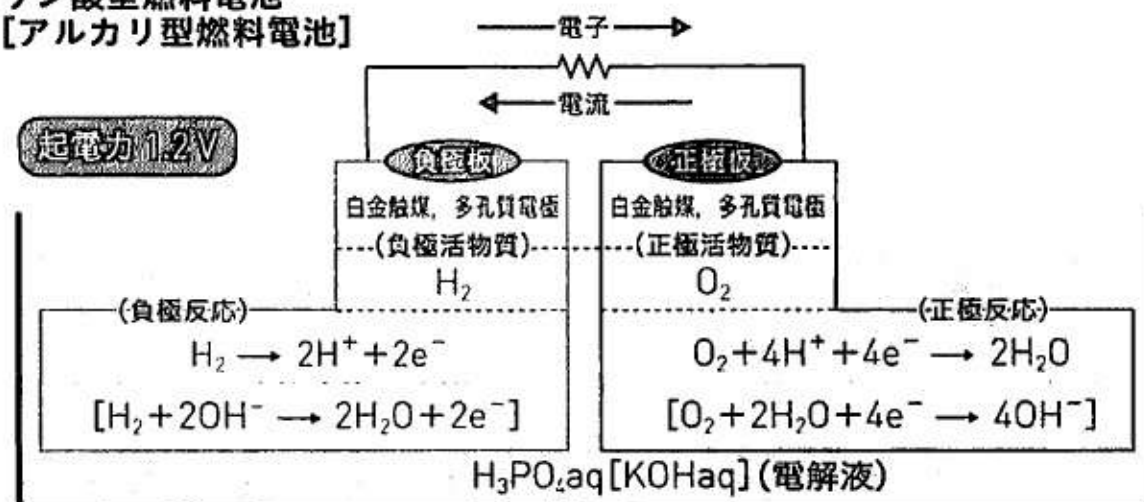
ダニエル電池全体としての反応： $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$

■鉛蓄電池



鉛蓄電池全体としての反応： $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightleftharpoons[\text{充電}]{\text{放電}} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

■リン酸型燃料電池 [アルカリ型燃料電池]



水素-酸素燃料電池全体としての反応： $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

「電気化学」で必要な知識(その3)

電解質水溶液の電気分解

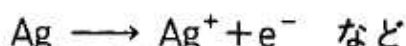
■陽極における電極反応

陽極における電極反応

白金電極か炭素電極である場合

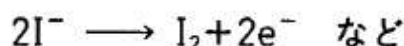
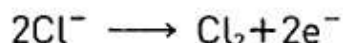
左記以外の電極である場合

電極自身が溶解する。



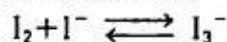
電解質水溶液中にハロゲン化物イオンがある場合

ハロゲンの単体が生成する。



生成した塩素は気体として発生する。

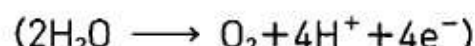
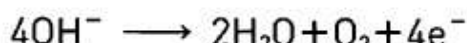
生成したヨウ素はヨウ化物イオンと反応し水溶液中に溶解する。



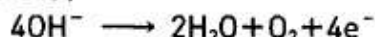
よって、ヨウ素の結晶は析出しない。

電解質水溶液中に左記のイオンがない場合

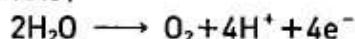
酸素が発生する。



陽極における酸素の発生は、水溶液が塩基性のとき、



と記述されるが、水溶液が酸性または中性のときには、



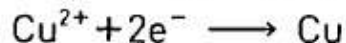
と記述される。

■陰極における電極反応

陰極における電極反応

電解質水溶液中に銅や銀などの重金属のイオンがある場合

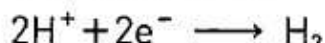
重金属の単体が析出する。



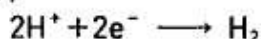
ここでいう重金属のイオンとは、イオン化傾向が亜鉛～銀の範囲にある金属のイオンをさす。

電解質水溶液中に左記のイオンがない場合

水素が発生する。



陰極における水素の発生は、水溶液が酸性のとき、



と記述されるが、水溶液が塩基性または中性のときには、



と記述される。

例題20 燃料電池

次の文章を読み、 $\boxed{\text{(ア)}}$ には有効数字2桁の数値、 $\boxed{\text{(イ)}}$ 、 $\boxed{\text{(ウ)}}$ には有効数字3桁の数値を入れよ。ただし、気体は理想気体とし、その1 molあたりの体積は22.4 L(標準状態)であり、ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

燃料電池は、還元剤である水素と酸化剤である酸素との化学反応によって、電気を外部に取り出す装置である。通常の電池では、還元剤や酸化剤が消費されると電気を取り出すことができなくなるが、燃料電池では、燃料である水素と酸素を外部から供給することによって、連続的に電気を取り出せるという利点がある。

リン酸型の水素-酸素燃料電池で電流を取り出すとき、負極では水素が消費され、正極では酸素が消費される。この電池を回路につないで電流を流したところ、負極では水素が標準状態に換算して465 mL消費された。このとき、回路を流れた電子の物質量は $\boxed{\text{(ア)}}$ molである。

アポロ計画の宇宙船やスペースシャトルでは、水酸化カリウム水溶液を用いたアルカリ型燃料電池が電源として使用された。この燃料電池を、77.2 Aの一定電流で、19日間連続的に運転するためには、 $\boxed{\text{(イ)}}$ Lの液体酸素(密度 1.14 g/cm^3)が必要である。このとき、燃料電池の負極では水が生成する。また、この燃料電池の負極で19日間に生じる水(密度 1.00 g/cm^3)の体積は $\boxed{\text{(ウ)}}$ Lであり、この水は宇宙飛行士の飲料水などに用いられた。

慶応義塾大、東京都市大、富山大

例題 2.1 電流が流れた時間と発生した気体の質量

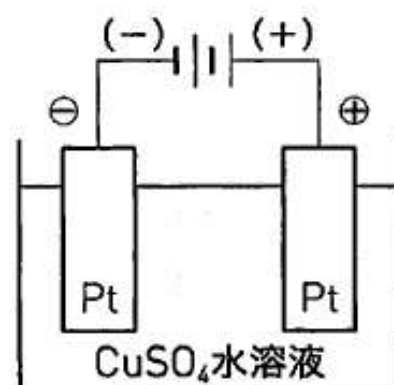
次の文章を読み、下記の各問いに答えよ。必要があれば次の値を用いよ。

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

電子 1 個の電気量 $-e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

酸素の原子量 $O = 16$ 、銅の原子量 $\text{Cu} = 63.5$



硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 水溶液を白金電極を用いて

2.40 A の一定の電流で電気分解したところ、陰極に 305 mg の金属が析出し、陽極で気体が発生した。

問 1 電流が流れた時間(秒)を有効数字 2 桁で答えよ。

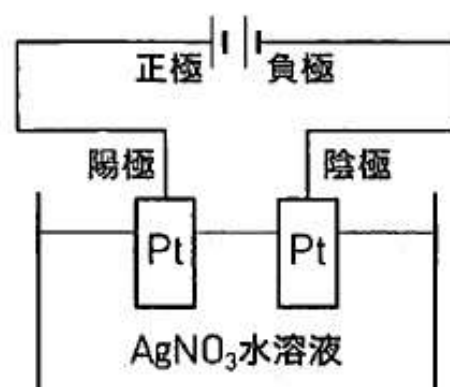
問 2 このとき陽極で発生した気体の質量を有効数字 2 桁で答えよ。

例題 2.2 流れた電流と発生した気体の体積

白金電極を用いて、硝酸銀水溶液を電気分解したとき、有効数字 2 桁で次の問いに答えよ。

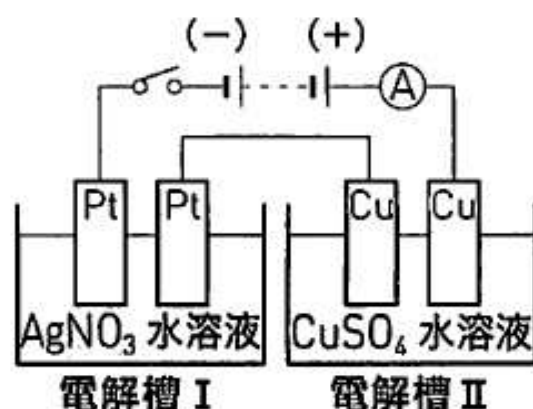
問 1 2 時間電気分解して陰極の質量をはかったところ、8.06 g 増加した。この場合、何アンペアの電流で電解したことになるか。ただし、電流は 100% 電解に利用されたものとし、気体 1 mol あたりの体積は 22.4 L (標準状態)、原子量は $\text{Ag} = 108$ 、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ として解答せよ。

問 2 この場合、陽極に発生する気体の体積は標準状態で何 L か。



例題 23 銅電極を用いた電気分解

右のような電解装置がある。電解槽Ⅰの電極および電解液には白金および 0.10 mol/L の硝酸銀水溶液 500 mL を用いた。また、電解槽Ⅱの電極および電解液には銅および 0.10 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液 500 mL を用いた。電流効率 100% 、気体 1 mol あたりの体積は 22.4 L (標準状態)、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ として、次の各問いに答えよ。ただし、原子量は $\text{Cu} = 63.5$ 、 $\text{Ag} = 108$ とする。



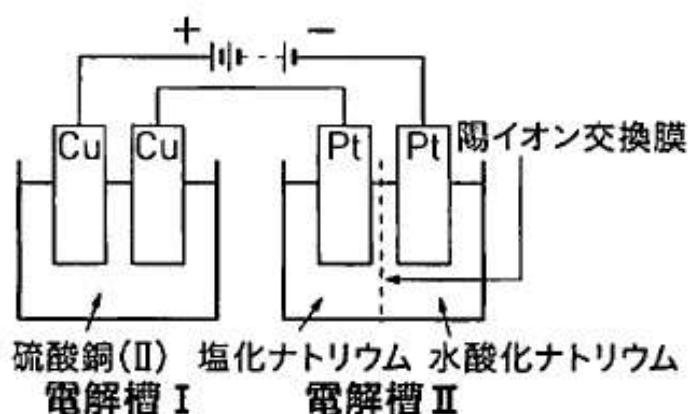
- 問 1 965 クーロン の電気量を通電すると、各電極で析出する金属は銀、銅合わせて何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。
- 問 2 965 クーロン の電気量を通電したとき、電極で発生する気体をすべて集めると、標準状態で何 mL になるか。整数値で答えよ。
- 問 3 965 クーロン の電気量を通電したとき、電解槽Ⅱ中の硫酸銅(Ⅱ)水溶液の通電後の濃度は何 mol/L か。有効数字 2 桁で答えよ。

東海大(理・工)

例題 24 銅の電解精錬とイオン交換膜法

電気分解に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要ならば、ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、アボガドロ定数 $N_A=6.02 \times 10^{23} \text{ /mol}$ とせよ。計算の結果は小数点以下第2位を四捨五入し、また発生した気体は溶液に溶けず、溶液の体積は変化しないものとする。電解槽Ⅰでは気体は発生しないものとする。ただし原子量は $\text{Cu}=63.5$ とする。

右図のように電解槽を2つ直列につないで電気分解を行った。電解槽Ⅰには硫酸銅(Ⅱ)の水溶液が、電解槽Ⅱには陽イオン交換膜をはさんで陽極側には 1 mol/L の塩化ナトリウム水溶液が 1 L 、陰極側には 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 1 L 入っている。電解槽Ⅰの電極は銅製、電解槽Ⅱの電極は白金製である。ある一定の電流で1時間電解したところ、電解槽Ⅰの陰極側では銅イオンが還元され、陰極の質量が 6.35 g 増加した。



問1 通電した電流は何 A か。

問2 電解槽Ⅱの陽極側の塩化ナトリウムの濃度は何 mol/L となったか。

また、陰極側の水酸化ナトリウムの濃度は何 mol/L となったか。

東京理大(案)/改

例題 25 並列の電気分解

2種類の電解槽(IとII)がある。Iは硝酸銀水溶液に2枚の銀板を浸したもの、IIは硫酸銅(II)水溶液に2枚の白金板を浸したものであり、これらを並列につないだ。2アンペア(A)の電流を10分間通じたら、電解槽Iの陰極の質量は0.477 g増加した。下記の各問いに答えよ。答は3桁目を四捨五入して有効数字2桁として答えよ。

ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

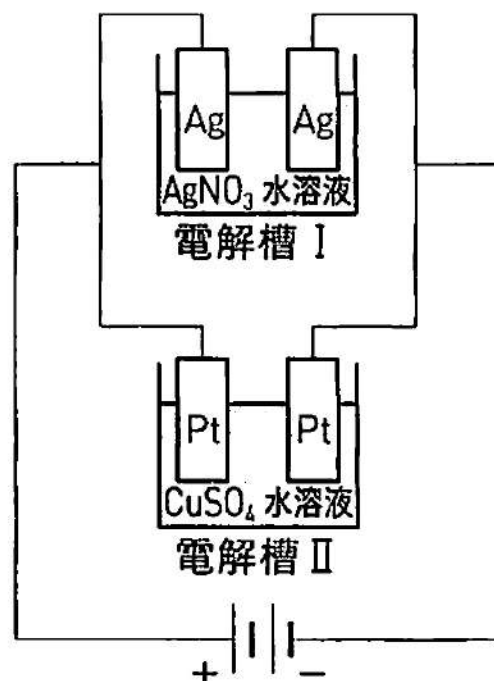
原子量は次の値を用いよ。

$$\text{Cu} = 63.5, \text{Ag} = 108$$

問1 Iの電解槽を流れた電流は何Aか。

問2 IIの陽極から発生した気体の物質量は何molか。

上智大(理工)



例題 26 ナトリウムの熔融塩電解

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。

ナトリウムの原子量：23，ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

ナトリウム冷却型原子炉では、炉心を通る冷却管の中に液体金属ナトリウムを循環させる。炉心を通して高温になった液体金属ナトリウムの熱を利用して、別の冷却管中の水を水蒸気に変えて発電する。

液体金属ナトリウムは、沸点が炉心の温度より高い、冷却管の鉄を腐食しない、熱伝導度が水に比べて約 100 倍高いなど、炉心の熱を取り出す物質として優れている。金属ナトリウムに限らず金属の熱伝導性は高いが、それは金属には自由電子が存在するためである。

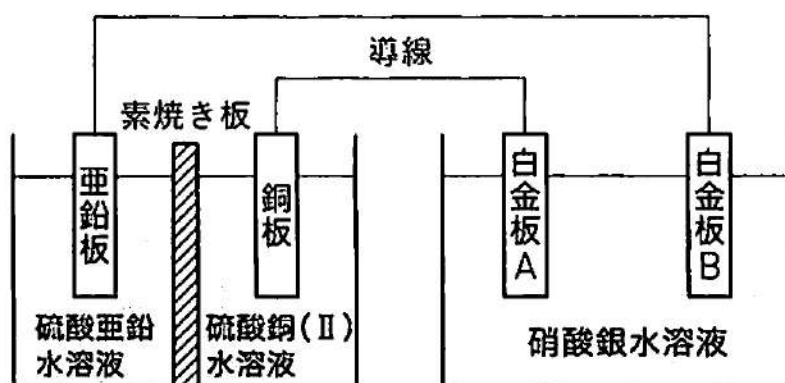
金属ナトリウムの製造には、塩化ナトリウムと塩化カルシウムの熔融混合物中に黒鉛製の陽極と鋼製の陰極を入れ、直流電流を通じる方法（熔融塩電解）が使われる。

問 陽極と陰極間に 50 A の直流電流を通じて電気分解するとき、11.5 g のナトリウムの単体を得るには何秒通電しなければならないか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、通じた電気はナトリウムイオンの還元にすべて使われたとする。

山口大

例題 27 ダニエル電池と電気分解

図のようなダニエル電池を電源とする電気分解装置を用いて硝酸銀水溶液を電気分解したところ、白金板 B に 0.54 g の銀が析出した。



問 1 流れた電気量は何 C か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4\text{ C/mol}$ 、原子量は、 $\text{Cu}=63.5$ 、 $\text{Ag}=108$ とする。

問 2 銅板の質量は実験開始前に比べてどのように変化するか。

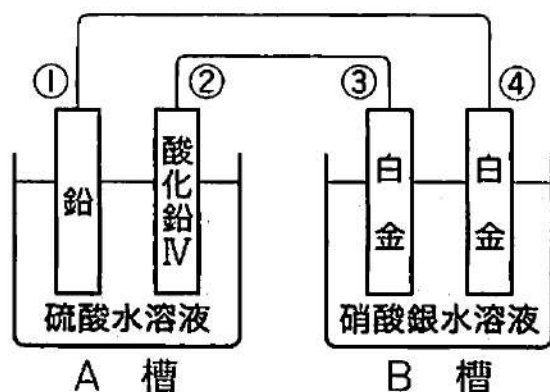
- (1) 増加するか減少するかを示せ。
- (2) 変化量(g)を有効数字 2 桁で答えよ。

千葉大

例題 28 鉛蓄電池と電気分解

右の図に示すように、硫酸水溶液を入れた A 槽と硝酸銀水溶液を入れた B 槽に、電極①～④を浸し、導線で結んだ。次の問いに答えよ。

ただし、各元素の原子量は、 $\text{H}=1$ 、 $\text{C}=12$ 、 $\text{N}=14$ 、 $\text{O}=16$ 、 $\text{S}=32$ 、 $\text{Ag}=108$ 、 $\text{Pb}=207$ とする。



問 B 槽から発生した気体を捕集したところ、その体積は標準状態において 1.12 L であった。A 槽の硫酸水溶液の初めの質量パーセント濃度が 31% 、質量が 700 g であったとき、反応後の硫酸水溶液の質量パーセント濃度は何%か。整数で解答せよ。ただし、 1 mol の気体の体積は 22.4 L (標準状態) とする。

東京工大