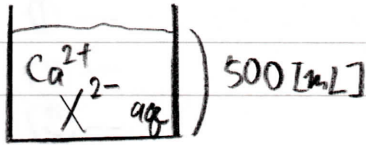
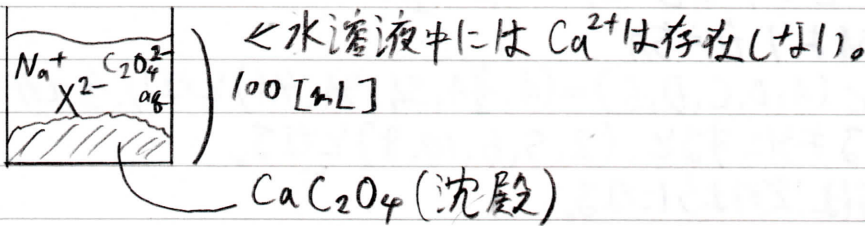


大問1の実験内容

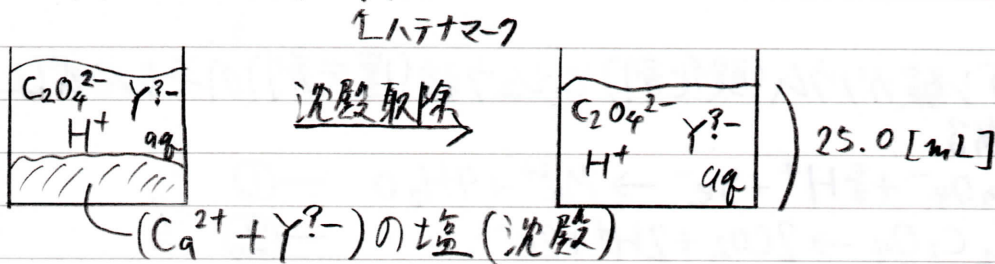
① $(Ca^{2+} X^{2-})$ を $0.185 [g]$ 、水に溶かし、 $500 [mL]$ の水溶液を作成。



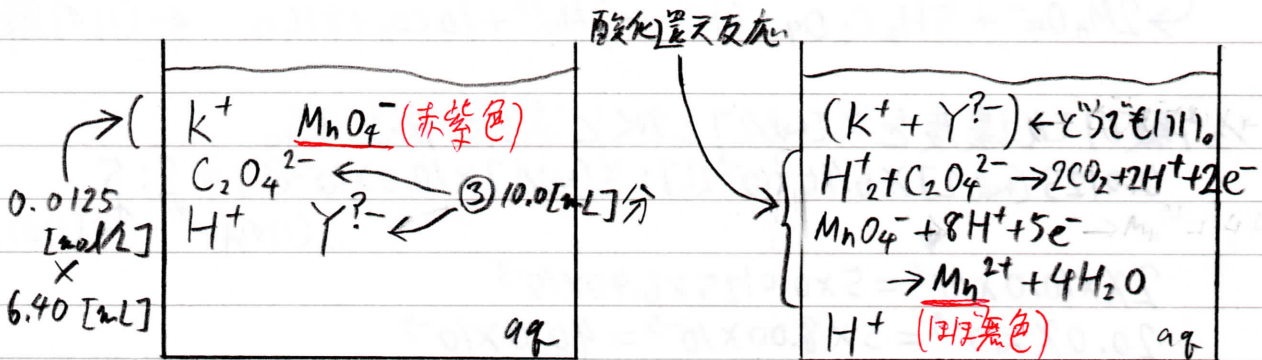
② ①で作成した水溶液 $100 [mL]$ に $Na_2 C_2 O_4$ を加えて Ca^{2+} を沈殿。



③ ②の $CaC_2 O_4$ 全量を酸 ($H^+ Y^{?-}$) に加える。



④ ③で作成した水溶液 $10.0 [mL]$ を $KMnO_4$ で酸化還元滴定。



④で分かった事は、③で作成した水溶液 $10.0 [mL]$ に含まれる $H_2 C_2 O_4$ と完全に酸化還元反応するには $0.0125 [mol/L]$ の $KMnO_4$ 水溶液を $6.40 [mL]$ 必要とした。

$8.00 \times 10^{-5} [mol]$

1. (1) 与えられた化学反応式について、各原子と電子の個数に関する方程式を立てると以下のようになる。

$$\begin{cases} O: 4A + 4B = 2D + E & - ① \\ H: 2B + C = 2E & - ② \\ C: 2B = D & - ③ \\ e: A + (-1)C = (-2)A \rightarrow A - C = -2A \rightarrow 3A = C & - ④ \end{cases}$$

$$①, ③ \text{ より } 4A = E$$

$$②, ④, 4A = E \text{ より } 2B = 5A \rightarrow B = \frac{5}{2}A$$

$$③, 2B = 5A \text{ より } D = 5A$$

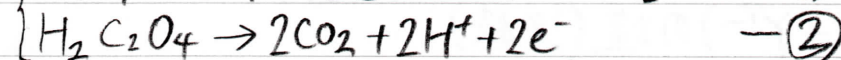
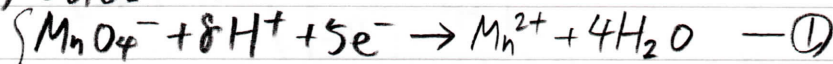
以上をまとめると $(A, B, C, D, E) = (A, \frac{5}{2}A, 3A, 5A, 4A)$ となり、全てが最小の整数の組となるようにすると、 $(2, 5, 6, 10, 8)$ となる。

従って求める解は次のようになる。

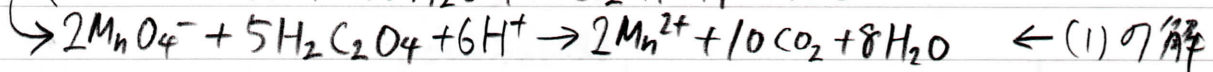
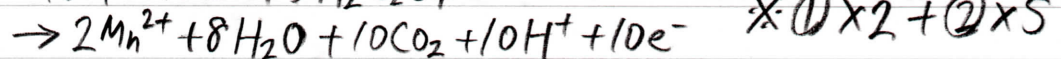
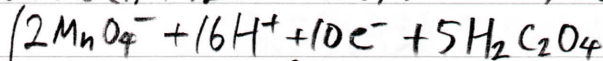
$$\underline{A=2, B=5, C=6, D=10, E=8} //$$

1. (1) (補足)

過マンガン酸カリウム(酸化剤)とシュウ酸(還元剤)の半反応式は以下の通りである。



電子の数が両辺で一致するように反応式を組み立てると次のようになる。



1. (2) シュウ酸のモル濃度を X [mol/L] とおくと次式が成立する。

$$0.0125 \text{ [mol/L]} \times 6.40 \times 10^{-3} \text{ [L]} : X \text{ [mol/L]} \times 10.0 \times 10^{-3} \text{ [L]} = 2 : 5$$

↓

(1)のA ↑ (1)のB

$$2X \times 10.0 \times 10^{-3} = 5 \times 0.0125 \times 6.40 \times 10^{-3}$$

$$20.0X \times 10^{-3} = 5 \times 8.00 \times 10^{-5} = 40.0 \times 10^{-5}$$

$$X = 2.00 \times 10^{-2} = 0.0200$$

以上より求める解は次のようになる。

$$\underline{0.02 \text{ [mol/L]}} //$$

* 小数第2位までと書かれているのでこのようにする。

1.(3) シュウ酸カルシウムの分子量は $40.0 + 12.0 \times 2 + 16.0 \times 4$ より 128 である、
また実験操作③で生じたシュウ酸の量は (2) の解を用いて
次のように求められる。

$$0.0200 [\text{mol/L}] \times 25.0 \times 10^{-3} [\text{L}] = 5.00 \times 10^{-4} [\text{mol}]$$

カルシウムイオンとシュウ酸の結合比は 1:1 なので、実験操作②で生じた
シュウ酸カルシウムの質量は次のように求められる。

$$128 [\text{g/mol}] \times 5.00 \times 10^{-4} [\text{mol}] = 6.40 \times 10^{-2} [\text{g}]$$

以上より求めた解は次のようになる。

$$\underline{0.064 [\text{g}]} \quad // \quad * \text{小数第3位までと書かれているので、このようになる。}$$

1.(4) (3) の途中計算から実験操作①で調製した水溶液 100 [mL] には
 $5.00 \times 10^{-4} [\text{mol}]$ のシュウ酸カルシウム (= カルシウムイオン) が含まれているので
このモル濃度を求めると次のようになる。

$$5.00 \times 10^{-4} [\text{mol}] / 100 \times 10^{-3} [\text{L}] = 5.00 \times 10^{-3} [\text{mol/L}]$$

以上より求めた解は次のようになる。

$$\underline{0.005 [\text{mol/L}]} \quad // \quad * \text{小数第3位まで}$$

1.(5) 選択肢の物質の分子量を求めると以下のようになる。

$$\text{CaCl}_2: 111 [\text{g/mol}]、$$

$$\text{Ca(OH)}_2: 74.0 [\text{g/mol}]、$$

$$\text{Ca(ClO)}_2: 143 [\text{g/mol}]、$$

$$\text{CaSO}_4: 136 [\text{g/mol}]、$$

また (4) の解を用いて実験操作①で調製した水溶液 500 [mL] に含まれる
カルシウムイオンの物質量は次のように求められる。

$$5.00 \times 10^{-3} [\text{mol/L}] \times 500 \times 10^{-3} [\text{L}] = 2.50 \times 10^{-3} [\text{mol}]$$

選択肢の物質にはカルシウム原子が 1 個ずつ含まれているので、
始めに溶かされた固体 0.185 [g] の物質量は $2.50 \times 10^{-3} [\text{mol}]$ と
考えられる。

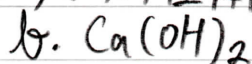
これより、その固体の分子量を求めると次のようになる。

$$0.185 [\text{g}] / 2.50 \times 10^{-3} [\text{mol}] = 0.185 / \left(\frac{10.0}{4.00} \times 10^{-3} \right) = 0.185 \times (4.00 \times 10^2)$$

$$= 0.185 \times 400 = 74.0 [\text{g/mol}]$$

計算を楽にするためのテクニック

以上より (a) の固体は次のようになる。



1.(5)(補足)

選択肢についてそれぞれ検討を行う。

- a. CaCl_2
d. CaSO_4) 強酸強塩基の塩なので、弱酸(弱酸)とは反応しない。
- c. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$) 次亜塩素酸カルシウム。高酸化力。高酸化力。高酸化力。
次亜塩素酸は酸化剤として働く。
 $\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
他方、弱酸は還元剤として働く。つまり次の反応が起る。
 $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$
左の本がカルシウムと反応
 CaCl_2 は水に溶けやすい
沈殿しないカルシウムが存在する。

以上が定性的に、消去法的に考えれば、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を選択肢ができた。

1.(6) 選択肢についてそれぞれ検討を行う。

- a. 希塩酸) 塩酸は状況によって酸化剤または還元剤として働くので不適。
- d. 濃塩酸) 酸化剤として働くので不適。
- b. 希硝酸) 酸化剤として働くので不適。

以上より(b)の酸は次のようになる。

c. 希硫酸 //

2.(1) 各原子と電子の個数について方程式を立てると以下のようになる。

$$N: A=2$$

$$O: 3A = C + D \rightarrow C = 3A - D = 3 \cdot 2 - 2 = 4$$

$$H: 2B = 2C + D \rightarrow B = \frac{1}{2}(2 \cdot 4 + 2) = 5$$

$$e^-: A = D$$

以上から求める解は次のようになる。

$$\underline{A=2, B=5, C=4, D=2} //$$

2.(2) 電解質として d. 硫酸銅(II) を用いると陰極において水素よりもイオン化傾向の小さい銅が還元され、電極表面に銅が析出する。

従って選択肢は d. 硫酸銅(II) //

2.(3) 硝酸ナトリウム (NaNO_3) 0.510 [g] の物質量は次のように求められる。

$$\begin{aligned} 0.510 [\text{g}] / (23.0 + 14.0 + 3 \times 16.0) [\text{g/mol}] &= 0.510 [\text{g}] / 85.0 [\text{g/mol}] \\ &= 6.00 \times 10^{-3} [\text{mol}] \end{aligned}$$

これを水溶液 100 [L] 全体での NO_3^- の物質量は $6.00 \times 10^{-1} [\text{mol}]$ となる。

(1) で求めた反応式より NO_3^- の処理に必要な H_2 の物質量は $\frac{5}{2}$ 倍となるので 1.50 [mol] の H_2 が処理に必要な。

これをを用いて H_2 の体積を求める次のようになる。

$$\frac{1.50 [\text{mol}] \cdot 8.3 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})] \cdot (273 + 27) [\text{K}]}{1.0 \times 10^5 [\text{Pa}]} = 37 [\text{L}]$$

従って求める解は 37 [L] //

2.(4) 水素の発生に伴う反応式は次のようになる。



従って1.50 [mol]の水素を発生させるのに要する電荷量は次のようになる。

$$2 \times 1.50 [\text{mol}] \times 9.65 \times 10^4 [\text{C/mol}] = 2.90 \times 10^5 [\text{C}]$$

電流を1.00 [A] ([C/sec])とすると、これだけの電荷量を供給するのに要する時間は次のようになる。

$$\frac{2.90 \times 10^5 [\text{C}]}{60 [\text{sec/min}] \cdot 1.00 [\text{C/sec}]} = 4.83 \times 10^3 [\text{min}]$$

従って求める解は 4.83×10^3 [分] //

2.(5) (1)で求めた反応式より NO_3^- と OH^- の物質量は等しい。

また(3)の途中計算で、水溶液全体(100[L])での NO_3^- の物質量は

6.00×10^{-1} [mol]という事が導き出されたので、処理後の OH^- のモル濃度は

$$6.00 \times 10^{-3} [\text{mol/L}] //$$

2.(6) 触媒は反応速度を大きくするが平衡状態を変えないので
選択性は //