

アボガドロ定数の導出

2621 西尾咲歌 2503 池田花

アボガドロ定数を求める実験を通して、正確な値を出す方法を調べ、身近なもので新しく求める方法を見つけることを目的とし、二つの先行研究をもとに実験を行った。規則性のある単純な構造を持つ物質を用いると簡単にアボガドロ定数を導出できるという仮説と反応式の比を用いることでアボガドロ定数を導出できるという仮説を立て、ステアリン酸の滴定による導出と水の電気分解による導出を行った。結果、ステアリン酸の滴定による導出のほうがよりアボガドロ定数に近い値を得られた。

1. 目的

アボガドロ定数を求める実験を通して、正確な値を出す方法を調べ、身近なもので新しく求められる方法を見つける。

2. 仮説

規則性のある単純な構造を持つ物質を用いると、簡単にアボガドロ定数を導出できる。

ステアリン酸の単分子膜をとる性質を利用した実験を行い、どのくらいの値が求められるか確かめた。

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

3. 使用した器具

<実験 I >

水槽 (直径 23 cm)

ビーカー (100mL)

メスフラスコ (100mL)

メスピペット (1mL)

<実験 II >

電気分解装置

電源



図1 実験 I の使用器具

4. 研究・実験の手順

<実験 I >

- ① ステアリン酸溶液を調整する。
- ② メスピペット 1 滴あたりの体積をはかる。
- ③ 水槽に純水を半分あたりまで入れる。
- ④ ステアリン酸溶液を水槽の中心に滴下し単分子膜を作る。
- ⑤ そのときの滴下した量を用いて計算する。

ステアリン酸の有効断面積 2.2×10^{-15} [cm²]

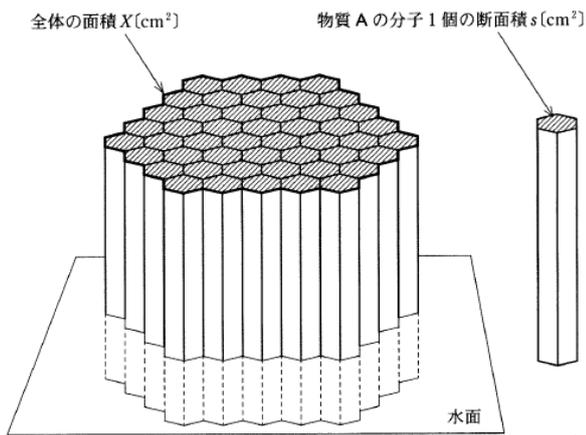


図2 ステアリン酸の有効断面積

$$N_A (/mol) = \frac{M(g/mol) \times S_1(cm^2) \times V_1(cm^3)}{w(g) \times S_2(cm^2) \times V_2(cm^3)}$$

ステアリン酸の分子量 M [g/mol]

ステアリン酸分子の有効断面積 S_2 [cm²]

ステアリン酸を溶かしたヘキサンの体積 V_1 [cm³]

滴下した体積 V_2 [cm³]

ステアリン酸の質量 w [g]

水の面積 S_1 [cm²]

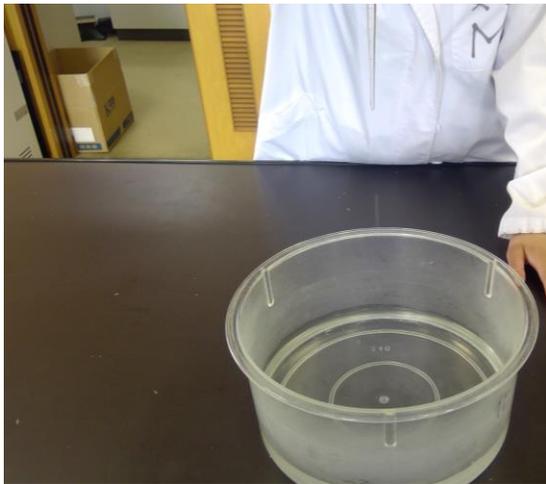


図3 実験 I の様子

<実験 II >

- ① 電源装置のスイッチを入れ、50mA に合わせて一度切る。
- ② 硫酸 (0.5mol/L) を分解装置の中に入れる。
- ③ 分解装置内の液面の高さを適当な目盛りに合わせる。
- ④ 再びスイッチを入れ、初めの 5 分間は 1 分ごとに、それ以降は 5 分ごとに水素の発生量、酸素の発生量を記録する。
- ⑤ ④を 65 分間行う。

実験 II の計算では、ファラデー定数がアボガドロ定数と電気素量の積であることと、電子の物質量が電気素量をファラデー定数で割った値であることを利用する。

$$\textcircled{1} F = N_A \times e$$

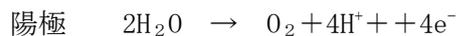
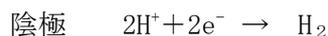
$$\textcircled{2} ne = Q/F \rightarrow F = Q/ne$$

$$\textcircled{1} \textcircled{2} \text{から } N_A = Q/(ne \times e)$$

$$\text{水の電気分解の式より } ne = nH_2 \times 2$$

①と②からアボガドロ定数についての式に変形する。

《電気分解の反応式》



$$e^- \text{の物質量} : H_2 \text{の物質量} = 2 : 1$$

F = ファラデー定数 [C/mol]

ne = 電子の物質量 [mol]

Q = 電気量 [C]

P = 気圧 [Pa]

V = 気体の体積 [L]

R = 気体定数 [Pa · L / K · mol]

T = 絶対温度 [K]

e = 電気素量 [C]

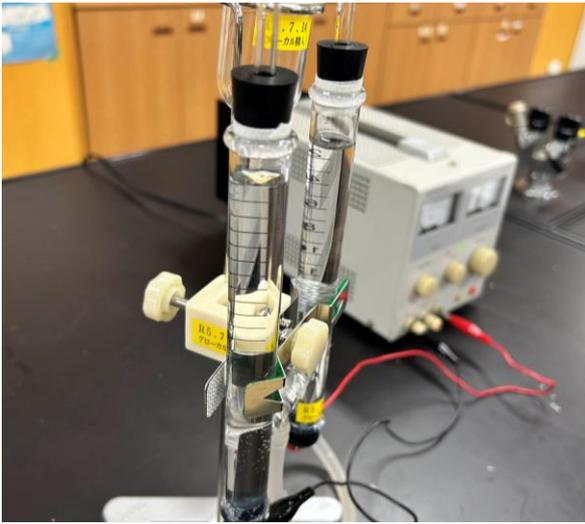


図4 実験Ⅱの様子

5. 結果

<実験Ⅰ>

1mL が 48 滴だったことから 1 滴が 0.0208 [mL] である。54 滴目で単分子膜が形成されたため、単分子膜を形成した時の体積は $0.0208\text{mL} \times 54 \text{ 滴} = 1.13 \text{ [mL]}$ である。また、単分子膜を形成した時の質量は $(6.00 \times 10^{-3} \text{ g}) / 100\text{mL} \times 1.13\text{mL} = 6.75 \times 10^{-5} \text{ g}$ である。ここから単分子膜を形成する物質質量を求めた。また水槽の半径が 12.5 cm であることから単分子膜の分子の数を求めた。

1mol の時に N_A 個の分子があることと、今回の実験の物質質量と分子の数を比べて計算した結果

$$N_A = 7.86 \times 10^{23} / \text{mol}$$

という結果が得られた。

<実験Ⅱ>

65 分の時点で陽極で発生した酸素の体積は 1.22mL、陰極で発生した水素の体積が 9.82mL となった。計算では水素の体積のみを用いるが、発生した水素の体積は発生した酸素の体積の約 8 倍となった。実験時の気圧は 1016hPa、気温は 22.6°C であった。

$$Q = 0.05\text{A} \times 3900\text{s}$$

$$R = 8.31 \times 10^3 \text{ [Pa} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol}]$$

$$T = 296 \text{ [K]}$$

$$P = 1.02 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

$$V = 9.82 \times 10^{-3} \text{ [L]}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ [C]}$$

計算の結果

$$N_A = 1.50 \times 10^{24} \text{ [/mol]}$$

という結果が得られた。

表1 実験Ⅱでの気体の発生量

経過時間(分)	陽極で発生した酸素 (ml)	陰極で発生した水素 (ml)
1	0.10	0.20
2	0.16	0.40
3	0.16	0.52
4	0.20	0.64
5	0.22	0.82
10	0.30	2.02
15	0.38	2.80
20	0.44	3.44
25	0.48	4.26
30	0.60	4.80
35	0.72	5.62
40	0.80	6.24
45	0.90	7.00
50	0.98	7.80
55	1.06	8.52
60	1.16	9.30
65	1.22	9.82

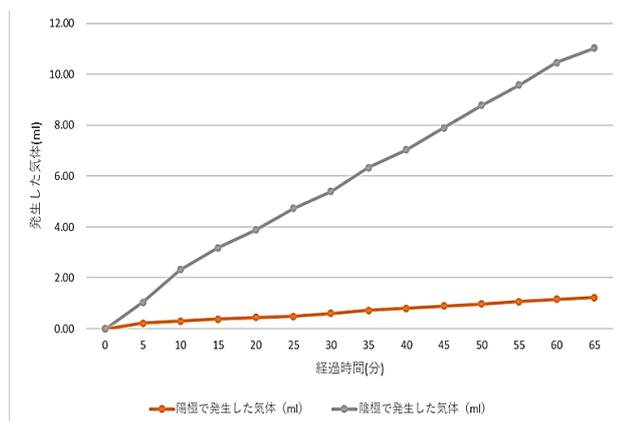


図5 実験Ⅱでの気体の発生量

6. 考察

<実験Ⅰ>

ステアリン酸の滴定による導出では、アボガドロ定数に近い値を得ることができた。桁数を一致させることができたのでかなり正確であるといえる。1.86×10²³の誤差については、日をまたいで実験を行ったので、溶媒であるヘキサンが揮発してしまい、溶液が濃くなってしまったことが原因であると考えられる。

<実験Ⅱ>

今回の実験では水素と酸素の発生量が2:1にならなかった原因としては、実験中に発生した酸素が逃げていたことが考えられる。また、計測結果の誤差の原因は、目盛りを読む際に少し時間がかかってしまったため、その間に気体の計測をおこなう目盛りを読む時点で気体が発生していたことが考えられる。また、目盛りが計測に対して大きかったことも原因と考えられる。

実験Ⅰと実験Ⅱよりステアリン酸による実験のほうがより近い値を求めることができた。よって規則性のある単純な構造をもつ物質を用いたほうがより正確な値を求めることができる。

7. 展望

塩化ナトリウム構造をとる結晶は単位格子中のイオンの数が分かることを用いて、実験を行う。岩塩結晶は劈開により立方体を作ることができるのだ。質量と体積を元にアボガドロ定数を求める。

8. 謝辞

この研究を遂行するにあたり、温かく見守ってくださった先生方に深く感謝いたします。

9. 参考文献, 引用文献

宮本一弘「アボガドロ定数を求める実験」2009年57巻7号 P336～337

山本達夫「簡易な器具を用いた水の電気分解によるアボガドロ定数の決定実験の教材化」2017年1巻 P71～74

小田良次「サイエンスビュー 新化学資料(資料集)」

上江田捷博・稲福純夫・森 巖「ステアリン酸分子の断面積を求める」1991年7月15日

2017年度センター試験化学基礎演習問題