

Wydział FiIS	1. Mikołaj Graczyk 2. Karolina Nowosad		Rok III	Grupa VII	Zespół III
<b>Pracownia Izotopowa WFiIS</b>	Temat: Efekt Szilarda – Chalmersa, zależność wydzielania $^{56}\text{Mn}$ od pH roztworu.				Nr ćwiczenia 18
Data wykonania 18.03.2015	Data oddania 22.06.2015	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

## 0. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było:

- zapoznanie się z efektem Szilarda – Chalmersa i zastosowanie go do wydzielania izotopu  $^{56}\text{Mn}$  z roztworu  $\text{KMnO}_4$ ,
- sprawdzenie wydajności efektu w zależności od pH roztworu.

## 1. Wstęp teoretyczny

Efekt Szilarda-Chalmersa - jeżeli jądro atomu wchodzącego w skład jakiegoś połączenia chemicznego ulegnie przemianie ( $n, \gamma$ ), to emisja kwantów towarzysząca wychwytowi neutronu udziela jądro pewnej energii odskoku zgodnie z prawem zachowania pędu. Ta energia odskoku jest w stanie zerwać wiązanie chemiczne atomu z cząsteczką. Jeżeli tak wyrwany atom nie ulegnie rekombinacji z cząsteczką, można go wydzielić z substancji macierzystej.

Efektywność metody Szilarda-Chalmersa zależy od wyboru substancji wyjściowej, warunków napromieniowania i metody wydzielania, przy czym miarą tej efektywności jest wydajność izotopu promieniotwórczego i współczynnik wzbogacenia.

## 2. Układ pomiarowy

W skład układu pomiarowego wchodzi:

- urządzenie do pomiaru aktywności z licznikiem scyntylicyjnym,
- źródło neutronów termicznych.

Odczynniki wykorzystane podczas ćwiczenia:

- 3% roztwór  $\text{KMnO}_4$  o pH 7 i 12.

## 3. Metody pomiaru

W pierwszej kolejności przelano naświetlony roztwór  $\text{KMnO}_4$  o pH 7 do cylindra w celu zmierzenia jego objętości, wyniosła 40 ml. Następnie przelano całą objętość do zlewki i intensywnie wymieszano. Pobrano 4 ml roztworu wraz z osadem pipetą automatyczną do zakręcanego pojemnika (symbol 1O). Resztę roztworu przesączono. W międzyczasie umyto cylinder oraz zlewkę. Osad pozostały po sączeniu wraz z sączkiem umieszczono w zakręcanym pojemniku (symbol 2O). Przesącz przelano do zlewki, a następnie do cylindra w celu zmierzenia końcowej objętości, która wyniosła 36 ml. Pobrano z cylindra 4 ml przesączu pipetą automatyczną do zakręcanego pojemnika (symbol 3O). Po wykonaniu tej części ćwiczenia dokładnie umyto cylinder, zlewkę oraz układ do przesączania.

Postąpiono tak samo z naświetlonym roztworem  $\text{KMnO}_4$  o pH 12, czyli przelano do cylindra i zmierzono jego objętość, która wyniosła 44 ml. Kolejną całą objętość przelano do zlewki i intensywnie wymieszano. Pobrano 4 ml roztworu wraz z osadem pipetą automatyczną do zakręcanego pojemnika (symbol 1Z).

Następnie przesączono mieszaninę. Sączek umieszczono w zakręconym pojemniku (symbol 2Z). Objętość przesączu zmierzono w cylindrze, wyniosła 40 ml, a następnie pobrano 4 ml przesączu pipetą automatyczną do zakręcanego pojemnika (symbol 3Z).

Widmo wszystkich próbek zmierzono za pomocą licznika scyntylicyjnego.

## 4. Wyniki pomiarów

**tabela 1**

Zestawienie wyników pomiaru właściwego.

Symbol	Area	u(Area)	Integral
1Z	555	7,34%	877
2Z	1368	5,32%	2509
3Z	214	15,14%	458
1O	600	6,68%	892
2O	2741	3,31%	4437
3O	93	23,16%	200

**tabela 2**

Zestawienie wyników pomiarów przeskalowanych wyników pomiaru właściwego.

Symbol	A	u(A)	A <sub>c</sub>	u(A <sub>c</sub> )
1Z	555	24	6105	259
2Z	1368	37	1368	37
3Z	214	15	2140	146
1O	600	24	6000	245
2O	2741	52	2741	52
3O	93,0	9,6	837	87

A – pomiar właściwy,

A<sub>c</sub> – przeskalowany pomiar właściwy

## 5. Opracowanie wyników

5.1. Sprawdzenie, czy  $^{56}\text{Mn}$  w mieszaninie  $\text{MnO}_2$  i  $\text{KmnO}_2$  jest sumą zawartości tego izotopu (w granicach niepewności pomiaru) w osadzie i przesączu (bilans  $^{56}\text{Mn}$ )

W pierwszej kolejności przeskalowano wyniki aktywności według objętości roztworu, przesączu i sączka zgodnie z poniższym schematem:

- roztwór zasadowy pomnożono razy 44/4
- sączek z roztworu zasadowego przemnożono razy 40/40
- przesącz z roztworu zasadowego przemnożono razy 40/4
- roztwór obojętny pomnożono razy 40/4
- sączek z roztworu obojętnego przemnożono razy 36/36
- przesącz z roztworu obojętnego przemnożono razy 36/4

Tą samą czynność wykonano dla niepewności aktywności. Wyniki zamieszczono w tabeli 2.

Następnie sprawdzono, czy  $^{56}\text{Mn}$  w mieszaninie  $\text{MnO}_2$  i  $\text{KmnO}_2$  jest sumą zawartości tego izotopu w osadzie i przesączu.

$$A_{c_z} = A_{C_{2Z}} + A_{C_{3Z}} = 3508$$

$$u(A_{c_z}) = \sqrt{(u(A_{C_{2Z}}))^2 + (u(A_{C_{3Z}}))^2} = 151$$

$$A_{c_o} = A_{C_{2O}} + A_{C_{3O}} = 3578$$

$$u(A_{c_o}) = \sqrt{(u(A_{C_{2O}}))^2 + (u(A_{C_{3O}}))^2} = 101$$

## 5.2. Wydajność efektu Szilarda-Chalmersa

Wydajność efektu Szilarda-Chalmersa wyraża się poniższym wzorem (1).

$$W = \frac{A_{\text{sączka}}}{A_{\text{sączka}} + A_{\text{przesączu}}} \quad (1)$$

$$W_Z = \frac{A_{c_{2Z}}}{A_{c_{2Z}} + A_{c_{3Z}}} = \frac{1368}{1368 + 2140} = \mathbf{0,390}$$

$$\begin{aligned} u(W_Z) &= \sqrt{\left[ \frac{\delta W_Z}{\delta A_{c_{2Z}}} \cdot u(A_{c_{2Z}}) \right]^2 + \left[ \frac{\delta W_Z}{\delta A_{c_{3Z}}} \cdot u(A_{c_{3Z}}) \right]^2} = \sqrt{\left[ \frac{A_{c_{3Z}}}{(A_{c_{2Z}} + A_{c_{3Z}})^2} \cdot u(A_{c_{2Z}}) \right]^2 + \left[ \frac{-A_{c_{2Z}}}{(A_{c_{2Z}} + A_{c_{3Z}})^2} \cdot u(A_{c_{3Z}}) \right]^2} = \\ &= \sqrt{\left[ \frac{2140}{(1368 + 2140)^2} \cdot 37 \right]^2 + \left[ \frac{-1368}{(1368 + 2140)^2} \cdot 146 \right]^2} = \mathbf{0,017} \end{aligned}$$

$$W_O = \frac{A_{c_{20}}}{A_{c_{20}} + A_{c_{30}}} = \frac{2741}{2741 + 837} = \mathbf{0,766}$$

$$\begin{aligned} u(W_O) &= \sqrt{\left[ \frac{\delta W_O}{\delta A_{c_{20}}} \cdot u(A_{c_{20}}) \right]^2 + \left[ \frac{\delta W_O}{\delta A_{c_{30}}} \cdot u(A_{c_{30}}) \right]^2} = \sqrt{\left[ \frac{A_{c_{30}}}{(A_{c_{20}} + A_{c_{30}})^2} \cdot u(A_{c_{20}}) \right]^2 + \left[ \frac{-A_{c_{20}}}{(A_{c_{20}} + A_{c_{30}})^2} \cdot u(A_{c_{30}}) \right]^2} = \\ &= \sqrt{\left[ \frac{837}{(2741 + 837)^2} \cdot 52 \right]^2 + \left[ \frac{-2741}{(2741 + 837)^2} \cdot 87 \right]^2} = \mathbf{0,019} \end{aligned}$$

## 5.3. Energia odskoku atomu $^{56}\text{Mn}$

Do wyliczenia energii odskoku atomu  $^{56}\text{Mn}$  skorzystano ze wzoru (2). Założono również, że energia kwantów  $\gamma$  wynosi  $E_\gamma = 2\text{MeV}$ .

$$E_{\text{odskoku}} = \frac{E_\gamma^2}{1863 \cdot A} = \frac{4}{1862 \cdot 56} = \mathbf{38,34\text{ eV}} \quad (2)$$

## 6. Wnioski

- wydajność efektu Szilarda-Chalmersa jest większa dla roztworów organicznych o pH obojętnym co jest zgodne z przewidywaniami teoretycznymi. W przeprowadzonym doświadczeniu wydajność ta była prawie dwa razy większa dla roztworu o pH=7 w porównaniu do roztworu o pH=12. Wiadomo również, że zawartość procentowa  $^{56}\text{Mn}$  w  $\text{MnO}_4$  jest większa dla roztworu o odczynie zasadowym, zatem wydajność efektu Szilarda-Chalmersa będzie w tym środowisku mniejsza.
- wyliczony bilans zawartości  $^{56}\text{Mn}$  dla próbek roztworu obojętnego i zasadowego nie jest zgodny w granicach niepewności. Wynikać to może z nieprawidłowego wykonania sączenia oraz z pozostałości resztek roztworu po przelewaniu na ściankach naczyń laboratoryjnych,
- wyznaczona energia odrzutu  $E_{\text{odskoku}}$  wyniosła 38.34 eV, a więc zgodnie z przewidywaniami przekracza energię wiązań chemicznych kilkukrotnie.