Pierwszym etapem ćwiczenia było wyznaczenie tła naczynek pomiarowych. Poszczególne pomiary polegały na serii stusekundowych pomiarów, z których to liczona była średnia liczba zliczeń na 100 sekund. Ostateczny wynik powstał poprzez przemnożenie wartości średnich przez 100s. Niepewność pojedynczego pomiaru to pierwiastek z liczby zliczeń (zgodnie z rozkładem Poissona).

**Tabela 1**. Zestawienie wyników pomiaru zliczeń tła wraz z niepewnościami.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Numer naczynka** | **Średnia liczba zliczeń ()** | **Niepewność** |
| 1 | 1200 | 35 |
| 2 | 1300 | 36 |
| 3 | 1300 | 36 |
| 4 | 1200 | 35 |
| 5 | 1200 | 35 |
| 6 | 1200 | 35 |

Dla poszczególnych próbek roztworów liczby zliczeń mierzono trzykrotnie. Następnie z wartości tych policzono średnie arytmetyczne. Niepewności tych wartości stanowią ich pierwiastki.

**Tabela 2**. Zestawienie wyników pomiaru zliczeń dla poszczególnych próbek wraz z niepewnościami.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Numer naczynka** | **Numer pomiaru** | | | **Średnia liczba zliczeń ( )** | **Niepewność** |
| I | II | III |
| 1 | 5600 | 5500 | 5500 | 5533 | 74 |
| 2 | 5700 | 5900 | 5800 | 5800 | 76 |
| 3 | 4400 | 4500 | 4400 | 4433 | 67 |
| 4 | 4500 | 4600 | 4500 | 4533 | 67 |
| 5 | 3200 | 3300 | 3200 | 3233 | 57 |
| 6 | 3000 | 3200 | 3200 | 3133 | 56 |

Interesujące nas w dalszej części ćwiczenia wartości to liczby zliczeń dla próbek po odjęciu tła. Niepewności tych wartości obliczono z prawa przenoszenia niepewności.

**Tabela 3**. Zestawienie wyników pomiaru zliczeń dla poszczególnych próbek po odjęciu tła wraz z niepewnościami.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Numer naczynka** | **tło** | **Niepewność tła** | **Próbka** | **Niepewność** | **Liczba zliczeń po odjęciu tła dla i-tego naczynka** | **Niepewność** |
| 1 | 1200 | 35 | 5533 | 74 | 4333 | 82 |
| 2 | 1300 | 36 | 5800 | 76 | 4500 | 84 |
| 3 | 1300 | 36 | 4433 | 67 | 3133 | 76 |
| 4 | 1200 | 35 | 4533 | 67 | 3333 | 76 |
| 5 | 1200 | 35 | 3233 | 57 | 2033 | 67 |
| 6 | 1200 | 35 | 3133 | 56 | 1933 | 66 |

Pary próbek: 1-2, 3-4, 5-6 to próbki tego samego roztworu. W celu dalszych obliczeń obliczamy dla nich średnie arytmetyczne liczby zliczeń. Niepewności tych wartości obliczono z prawa przenoszenia niepewności.

**Tabela 4**. Zestawienie uśrednionych liczb zliczeń dla poszczególnych par naczynek wraz z niepewnościami.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Numer naczynka** | **Przeznaczenie w dalszej części ćwiczenia** | **Średnia liczba zliczeń** | **Niepewność** |
| 1,2 | roztwór wzorcowy | 4417 | 83 |
| 3,4 | oznaczanie rozpuszczalności | 3233 | 76 |
| 5,6 | oznaczanie rozpuszczalności w obecności wspólnego jonu | 1983 | 66 |

Część pierwsza ćwiczenia polegała na wyznaczeniu **iloczynu rozpuszczalności** PbI2 oraz **rozpuszczalności** tego związku w danej temperaturze. Oscylowała ona w trakcie wykonywania ćwiczenia w przedziale 22,5 ⁰C- 21,5 ⁰C. Wyniki te należy skonfrontować z przewidywaniem teoretycznym.

Do 15 cm3 0,1M roztworu KI dodaliśmy 3 krople preparatu promieniotwórczego. Przyjęliśmy, że objętość jednej kropli wynosi 0,05 cm3. Zakładamy stężenie preparatu promieniotwórczego równe zero.

Wyznaczamy liczbę moli x1 KI w 15cm3 roztworu:

Niepewność tej wartości jest bardzo mała, więc można ją pominąć w dalszych rozważaniach.

Należy wyznaczyć stężenie KI w nowo otrzymanym roztworze. Jego objętość wynosi teraz:

Za niepewność tej wielkości przyjmujemy wartość elementarną podziałki:

Stężenie zatem wynosi:

Niepewność tej wartości wyznaczamy z prawa przenoszenia niepewności:

Następnie z roztworu pobrano 2 cm3, które z kolei rozcieńczono wodą destylowaną do objętości 50 cm3. Będzie to nasz *roztwór wzorcowy*.

Liczba moli KI w 2 cm3 roztworu ():

Zatem stężenie molowe roztworu wzorcowego wyniesie:

Niepewność tej wartości wyznaczamy w analogiczny sposób co :

Znając tę wartość jesteśmy w stanie wyznaczyć stężenie jonów I- zawartych w próbkach 3,4 (). W tym celu posłużymy się liczbą zliczeń otrzymaną w wyniku pomiaru dla próbek- stężenie roztworu, a co za tym idzie stężenie jonów I- jest proporcjonalne do liczby zliczeń:

Niepewność tej wartości wyznaczyliśmy z prawa przenoszenia niepewności:

Otrzymujemy wartość:

Wiedząc że dysocjacja osadu PbI2 podczas procesu rozpuszczania przebiega w następujący sposób:

Można zauważyć, że po rozpuszczeniu osadu stężenie jodu I-  jest dwa razy większe od stężenia jonów Pb2+. Z powyższego wynika, że stężenie Pb jest dwukrotnie mniejsze:

Niepewnośc stężenia Pb wynosi:

**Tabela 5**. Zestawienie stężeń poszczególnych jonów w roztworze 50 cm3 wraz z niepewnościami.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Jon** | **Stężenie []** | **Niepewność stężenia []** |
| I | 2,9 ∙10-3 |  |
| Pb | 1,45∙10-3 |  |

Posiadając te wyniki możemy wyznaczyć **iloczyn rozpuszczalności** tego roztworu w danej temperaturze.

Do obliczenia iloczynu rozpuszczalności (L), użyte zostały stężenia jonów rozpuszczonego osadu.

Wyznaczamy wartość rozpuszczalności PbI2. W tym celu obliczamy masę PbI2 zawartą w objętości 50 cm3. Zauważamy przy tym, że liczba moli PbI2 jest równa liczbie moli jonów Pb2+.

Niepewność tej wartości jest bardzo mała, więc można ją pominąć w dalszych rozważaniach.

Masa molowa PbI2 wynosi:

Układamy proporcję:

Rozpuszczalność to ilość substancji, jaka uległa rozpuszczeniu na rozpuszczalnika, w naszej sytuacji wody. Wyznaczamy tę wartość.

Wyznaczona doświadczalnie rozpuszczalność R wynosi zatem:

Otrzymane wartości porównujemy z wartościami teoretycznymi, podanymi w skrypcie do ćwiczenia. Przyjmujemy, że zależność między iloczynem rozpuszczalności a temperaturą w zakresie temperatur, dla których znamy wartości iloczynu rozpuszczalności zmieniają się w sposób liniowy. Mamy zatem:

Za pomocą funkcji REGLINP programu Excel wyznaczamy równanie liniowe opisujące zależność między iloczynem rozpuszczalności L a temperaturą t. Otrzymujemy:

dla temperatury otrzymujemy:

W celu wyznaczenia tej wielkości posługujemy się wartościami tablicowymi, stąd też niepewność iloczynu rozpuszczalności:

Wartość wyznaczona wcześniej wynosi: . Widzimy więc dużą rozbieżność między otrzymanymi wynikami a wartością teoretyczną. Wynikać to może z braku dostatecznej dokładności podczas wykonywania ćwiczenia.

Udało się nam odnaleźć zależność między rozpuszczalnością a temperaturą dla PbI2.

**Tabela 6**. Zależność między rozpuszczalnością a temperaturą dla PbI2.

|  |  |
| --- | --- |
| **Temperatura []** | **Rozpuszczalność [g/100g H2O)** |
| 0 | 0,044 |
| 20 | 0,07 |
| 40 | 0,12 |
| 60 | 0,19 |
| 80 | 0,3 |
| 100 | 0,41 |

Na podstawie tych danych stworzyliśmy wykres zależności między rozpuszczalnością a temperaturą. Do wykresu dopasowaliśmy linię o charakterze eksponencjalnym.

Równanie tej krzywej jest następujące:

W temperaturze 22,5 rozpuszczalność wynosi:

Otrzymana w wyniku doświadczenia rozpuszczalność wynosi . Widzimy więc, że wartość doświadczalna i teoretyczna są zbliżone.

Część druga ćwiczenia polegała na wyznaczeniu **zmiany rozpuszczalności pod wpływem dodania wspólnego jonu (Pb2+)**. Do pozostałej objętości po pierwszej części ćwiczenia, wynoszącej 44cm3 dodajemy 15cm3 0,05M roztworu Pb(NO3)2. Obliczamy stężenie molowe jonów Pb2+ w nowo otrzymanym roztworze. W tym celu liczymy najpierw liczbę moli jonów Pb2+ w 44cm3 pierwszego roztworu oraz w 15cm3 drugiego roztworu. Ich suma, podzielona przez sumę objętości, da nam szukane stężenie molowe.

Liczba moli jonów Pb2+ w objętości 44cm3 wynosi .

Niepewności oraz są na tyle małe, że przyjmujemy:

Zatem stężenie molowe jonów Pb2+ wynosi:

Niepewność stężenia wyznaczamy z prawa przenoszenia niepewności, wynosi ona:

Wiedząc, że iloczyn rozpuszczalności L jest w danej temperaturze wartością stałą, korzystając z obliczonej wcześniej jego wartości oraz równania:

wyznaczamy stężenie jonów [I-]:

Widzimy istotną zmianę stężenia jonów I- w porównaniu z roztworem badanym w I części ćwiczenia.

Wiedząc, że stężenie jonów Pb2+ jest dwa razy mniejsze niż stężenie jonów I- otrzymujemy stężenie jonów równe:

Korzystając z tej wartości wyznaczamy rozpuszczalność PbI2 :

Stąd wiemy, że rozpuszczalność powstałego roztworu wynosi .

Porównamy te wartości z wartościami wynikającymi z pomiarów aktywności. Korzystamy przy tym z liczby zliczeń dla roztworu wzorcowego i roztworów w naczynkach 5,6. Na podstawie tego obliczamy stężenie jonów jodu w naczynkach 5,6.

Niepewność tej wartości obliczamy ze wzoru:

Jej wartość wynosi:

Widzimy, że otrzymaliśmy wartość blisko dwukrotnie większą niż wynikającą z obliczeń teoretycznych.

Stężenie jonów Pb2+ stanowi połowę stężenia jonów I-:

Stąd niepewność tej wartości stanowi połowę wartości niepewności stężenia jonów I-:

Masa PbI2 w 100 cm3 wody wyniesie:

Zatem rozpuszczalność wynikająca z doświadczenia wynosi .

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wyznaczony przez nas iloczyn rozpuszczalności jest większy od wartości tablicowych.

Spowodowane może to być wpływem warunków, w jakich przeprowadzone zostało ćwiczenie oraz od błędów pomiarowych.

Widzimy więc, że wartość doświadczalna rozpuszczalności i teoretyczna są zbliżone.

Wyznaczyliśmy iloczyn rozpuszczalności oraz rozpuszczalności jodku ołowiu, a także zbadałyśmy wpływ wspólnego jonu na rozpuszczalność osadu.

Niepewności, które wpływają na ostateczny wynik wynikają z błędów podczas wykonywania doświadczenia (czynnik ludzki).

Badanie wpływu wspólnego jonu na rozpuszczalność było zgodne z oczekiwaniami. -wspólny jon spowodował cofnięcie się dysocjacji PbI2 i w konsekwencji zmniejszenie jego rozpuszczalności.