

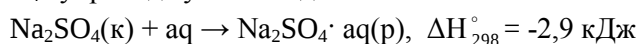
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 2.1

ТЕМА: Тепловий ефект хімічної реакції. Теплоти розчинення, гідратації і нейтралізації.

МЕТА: навчитися експериментально визначати теплові ефекти хімічних реакцій калориметричним методом і проводити розрахунки по термохімічних рівняннях за законом Гесса.

Контрольні запитання і вправи:

- а) Чому хімічні і фазові перетворення супроводжуються виділенням чи поглинанням енергії?
б) Які зміни в системі визначають тепловий ефект реакції (фазового перетворення), що протікає відповідно при сталому об'ємі (ізохорний процес) та при сталому тиску (ізобарний процес)?
- Сформулюйте закон Гесса на прикладі теплового ефекту реакції утворення стибій пентахлориду (SbCl_5) безпосередньо з простих речовин і у дві послідовні стадії – утворення з простих речовин стибій трихлориду (SbCl_3) і наступне його окислення хлором.
- Використовуючи теплоти утворення, обчисліть тепловий ефект наступних реакцій у стандартних умовах:
а) $2\text{KClO}_3(\text{к}) = 2\text{KCl}(\text{к}) + 3\text{O}_2(\text{г})$
б) $\text{C}_{(\text{графіт})} + \text{CO}_2(\text{г}) = 2\text{CO}(\text{г})$
в) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 2\text{Al}(\text{к}) = \text{Al}_2\text{O}_3(\text{к}) + 2\text{Fe}(\text{к})$
- Які процеси відбуваються при розчиненні солі у воді? Що таке теплота гідратації?
- Розчинення Na_2SO_4 супроводжується виділенням теплоти:



В той же час при розчиненні кристалогідрату відбувається поглинання теплоти:



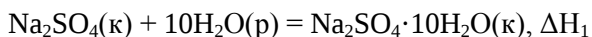
- Обчисліть теплоту гідратації Na_2SO_4 .
 - Чим пояснити, що розчинення одних речовин супроводжується виділенням теплоти, а інших – поглинанням?
- При розчиненні 10 г CaCl_2 у 200 мл води температура розчину піднялась на $7,7^\circ\text{K}$. Обчисліть теплоту гідратації CaCl_2 , якщо теплота розчинення $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ дорівнює 19,08 кДж/моль. Питому теплоємність розчину можна прийняти рівною питомій теплоємності води ($4,18 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$).

Експериментальна частина

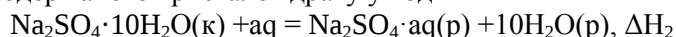
Дослід 1. Визначення теплоти гідратації натрію сульфату (VI).

Процес розчинення у воді натрію сульфату можна розділити на 2 стадії:

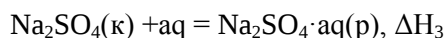
I стадія – процес гідратації



II стадія – розчинення одержаного кристалогідрату у воді



Сумарний тепловий ефект процесу ($\Delta H_1 + \Delta H_2$) дорівнює теплоті розчинення безводної солі (ΔH_3) згідно з законом Гесса:



Вимірявши за допомогою калориметру теплові ефекти процесів розчинення ΔH_2 і ΔH_3 , можна розрахувати теплоту гідратації ΔH_1 :

$$\Delta H_1 = \Delta H_3 - \Delta H_2$$

Для проведення дослідів використовуйте калориметр, який складається з двох стаканів: зовнішнього - місткістю 750-1000 мл та внутрішнього - місткістю 250-300 мл, які накриті кришкою з отворами для термометра і мішалки.

Зважте внутрішній стакан калориметра і налейте в нього 100 г дистильованої води і виміряйте її температуру з точністю до 0,1°C (T₁).

Зважте з точністю до 0,01 г близько 3-4 г безводного натрію сульфату, розтертого у порошок. Швидко висипте наважку солі у воду і, обережно помішуючи розчин мішалкою, зафіксуйте найвищу температуру розчину з точністю до 0,1°C (T₂). Після охолодження розчину до кімнатної температури зважте внутрішній стакан з розчином.

Виконайте дослід, взявши наважку 4-5г гексагідрату натрію сульфату (VI) – глауберову сіль – з точністю до 0,01г.

Дані досліду запишіть у таблицю:

Вид солі	T ₁ , К	T ₂ , К	ΔT, К	m _{стак} , г	m _{стак + розчин} , г	m _{розчину} , г	m _{солі} , г

На основі експериментальних даних обчисліть теплоту гідратації натрію сульфату (VI).

Розрахунки.

Теплоту розчинення визначаємо за формулою:

$$\Delta H_{роз} = - \frac{q \cdot M}{m} \cdot 10^{-3} \text{ (кДж/моль)}$$

де q – теплота, що виділилась (поглинулась) у калориметрі, кДж;

M – мольна маса речовини, г/моль

m – маса наважки речовини, г

$q = (m_{стак} \cdot C_{стак} + m_{розчину} \cdot C_{розчину}) \cdot \Delta T$,

m_{стак} – маса стакана, г;

m_{розчин} – маса розчину, г;

C_{стак} – питома теплоємність скла 0,753 Дж/(г·К)

C_{розчину} – питома теплоємність розчину (води) 4,184 Дж/(г·К);

ΔT – різниця температур T₂ і T₁

Теплоту гідратації визначаємо за формулою:

$$\Delta H_{гидр.} = \Delta H_{роз.} Na_2SO_{4(к)} - \Delta H_{розч.} Na_2SO_4 \cdot 10H_2O_{(к)}$$

Теоретичне значення цього ефекту дорівнює - 81,6 кДж.

Обчисліть відносну похибку в % за формулою:

$$K = \frac{\Delta H_{теор} - \Delta H_{експер}}{\Delta H_{теор}} \cdot 100\%$$

Дослід 2. Визначення теплоти розчинення амонію нітрату (V).

Дослід і розрахунки теплоти розчинення до нього проведіть по метдиці, описаній у досліді 1. Наважка амонію нітрату повинна складати близько 5 г з точністю до 0,01 г на 100 г дистильованої води. Слід пам'ятати, що солі нітратної кислоти розчиняються у воді зі зниженням температури. У зв'язку з цим, потрібно зафіксувати найнижчу температуру розчину для розрахунку теплоти розчинення амонію нітрату (V).

Обчисліть відносну похибку досліді в %, знаючи що теоретичне значення теплоти розчинення амонію нітрату дорівнює +26,54 кДж.

Дослід 3. Визначення теплоти нейтралізації сильної основи сильною кислотою і розрахунок енергії Гіббса реакції.

Приготуйте по 50 мл 1М розчинів NaOH (KOH) і HCl (HNO₃). Зважте внутрішній стакан калориметру з точністю до 0,1 г. Вилийте 50 мл розчину лугу в нього і виміряйте температуру з точністю до 0,1°C. Виміряйте температуру приготовленого розчину кислоти з тією ж точністю. Потім вилийте розчин кислоти у калориметричний стакан, де знаходиться розчин лугу. Обережно помішуючи отриманий розчин мішалкою, зафіксуйте його найвищу температуру з точністю до 0,1°C. Після охолодження розчину до кімнатної температури зважте внутрішній стакан калориметру з розчином.

На основі експериментальних даних обчисліть кількість тепла, що виділилась під час реакції нейтралізації. Можна вважати, що початкова температура (T₁) – це середнє арифметичне

значення температури кислоти і лугу, а кінцева (T_2) – це найвища температура після зливання розчинників.

Маса розчину ($m_{\text{розч.}}$) дорівнює: $m_{\text{розч}} = m_{\text{стак}} + m_{\text{роз}} - m_{\text{стак}}$.

Дані дослідів запишіть у таблицю:

$T_{\text{лугу}}$	$T_{\text{кислоти}}$	$T_{\text{середн.}}$, К	T_2 , К	ΔT , К	$m_{\text{стак.}}$, г	$m_{\text{стак}} + m_{\text{розчин.}}$, г	$m_{\text{розчин.}}$, г

Обчислення

Теплота, що виділяється при реакції нейтралізації під час дослідів у калориметрі, розраховується за формулою

$$q = (m_{\text{стак}} \cdot C_{\text{стак}} + m_{\text{розчину}} \cdot C_{\text{розчину}}) \cdot \Delta T,$$

$m_{\text{стак}}$ – маса стакану, г;

$m_{\text{розчин.}}$ – маса розчину, г;

$C_{\text{стак}}$ – питома теплоємність скла 0,753 Дж/(г·К)

$C_{\text{розчину}}$ – питома теплоємність розчину (води) 4,184 Дж/(г·К);

$\Delta T = T_2 - T_1$, де T_1 – середнє арифметичне значення початкових температур кислоти і лугу;

q – теплота, виділена при реакції нейтралізації, Дж.

Обчислена за результатами дослідів кількість теплоти (q) виділяється при нейтралізації

50мл 1М розчину, тобто $\frac{50}{1000} = 0,05$ грам-молекули.

Перераховуємо теплоту нейтралізації сильної основи сильною кислотою на одну грам-молекулу та виражаємо її у кДж:

$$\Delta H_{\text{нейтр.}} = -\frac{q}{0,05} \cdot 10^{-3} (\text{кДж} / \text{моль})$$

Теоретичне значення цього ефекту дорівнює 56,5 кДж/моль. Обчисліть відносну похибку експерименту:

$$K = \frac{\Delta H_{\text{теор}} - \Delta H_{\text{експер}}}{\Delta H_{\text{теор}}} \cdot 100\%$$

Дослід 4. Визначте теплоти нейтралізації слабкої основи слабкою кислотою.

Проведіть дослід і розрахунки до нього за методикою, описаною у досліді 3. Для проведення дослідів використовуємо по 50 мл 1М розчинів амонію гідроксиду і оцтової кислоти. Обчисліть теплоту нейтралізації на одну грам-молекулу і порівняйте результат з даними попереднього дослідів.