

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра химии, технологии неорганических веществ и наноматериалов

Составители Э. С. Татарина, Ю. Р. Гиниятуллина,
Т. Г. Черкасова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ РАСТВОРЕНИЯ СОЛЕЙ

Методические указания к лабораторной работе

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
в качестве электронного издания для использования
в образовательном процессе

Кемерово 2022

Рецензенты:

Ченская В.В. – кандидат химических наук, и. о. зав. кафедрой химии, технологии неорганических веществ и наноматериалов.

Пучков С. В. – кандидат химических наук, доцент, технологии органических веществ и нефтехимии, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология

Татаринова Эльза Семеновна

Гиниятуллина Юлия Радиковна

Черкасова Татьяна Григорьевна

Определение теплоты растворения солей: методические указания к лабораторной работе для обучающихся всех форм обучения всех направлений / сост.: Э. С. Татаринова, Ю. Р. Гиниятуллина, Т. Г. Черкасова; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева – Кемерово, 2022. – Текст электронный.

Методические указания содержат описание лабораторной работы, а также содержат рекомендации по выполнению расчетов теплоты растворения солей.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2022

© Татаринова Э. С.,
© Гиниятуллина Ю. Р.,
© Черкасова Т. Г.
составление, 2022

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить теплоту растворения нитрата калия KNO_3 и теплоту образования кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Растворение соли в воде сопровождается двумя одновременно протекающими процессами:

- разрушением кристаллической решётки, что связано с затратой энергии, $\Delta H_{\text{кр.реш.}}$;
- гидратацией (сольватацией) ионов, сопровождающейся выделением энергии, $\Delta H_{\text{гидр.}}$.

Энергетический эффект растворения $\Delta H_{\text{раств}}$ зависит от соотношения тепловых эффектов этих процессов и может иметь как положительный, так и отрицательный знак. Поэтому нагревание по-разному сказывается на растворимости солей. Согласно принципу Ле Шателье, если растворение вещества является экзотермическим процессом, то нагревание вызывает уменьшение его растворимости, если эндотермическим, то нагревание приводит к увеличению растворимости.

Теплота растворения зависит от концентрации раствора. Тепловой эффект растворения 1 моль (или 1 г) твёрдого вещества в жидком называется молярной (удельной) теплотой растворения.

Экспериментальное определение теплоты растворения проводят в калориметрах. Рисунок и описание калориметра, применяемого в данной работе, а также методика определения теплоемкости калориметра с помощью горячей воды приведены в методических указаниях к лабораторной работе «Определение тепловых эффектов химических реакций».

В настоящих методических указаниях описана методика определения теплоемкости калориметра с помощью хлорида аммония.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Опыт 1. Определение теплоёмкости калориметра с помощью хлорида аммония

Растворение хлорида аммония сопровождается поглощением тепла, молярная теплота растворения составляет 15,3 кДж/моль. Таким образом, при растворении NH_4Cl происходит понижение температуры. По величине понижения температуры можно определить теплоемкость калориметра.

Ход опыта:

1. Налейте 100 мл воды, выдержанной в комнате, во внутренний стакан калориметра и запишите ее в лабораторный журнал (Т).

2. Взвесьте 10,0 г хлорида аммония.

3. Всыпьте хлорид аммония в калориметр. Постоянно перемешивая, через каждую минуту замеряйте температуру раствора и записывайте ее в табл. 1

Таблица 1

Время, мин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Т, °С										

В ходе опыта наблюдается три периода: 1) температура в калориметре уменьшается, т. к. идет растворение с поглощением тепла; 2) температура стабилизируется (растворение закончилось); 3) температура медленно повышается за счет поступления тепла извне. Для расчетов используйте температуру второго периода (θ).

Теплоемкость калориметра вычислите по формуле

$$K = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{Q}{(T - \theta)},$$

где Q – теплота растворения хлорида аммония, пересчитанная на взятую навеску соли.

Опыт 2. Определение теплоты растворения нитрата калия

Ход опыта:

1. Налейте 100 мл воды, выдержанной в комнате, во внутренний стакан калориметра и запишите ее в лабораторный журнал.

2. Взвесьте 10,0 г нитрата калия.

3. Всыпьте нитрат калия в калориметр. Постоянно перемешивая, через каждую минуту измеряйте температуру раствора и записывайте ее значения в таблицу, такую же, как в опыте 1.

В ходе опыта также наблюдается три периода (см. опыт 1). Для расчетов берите температуру второго периода (θ).

Вычислите количество поглощенного тепла по формуле:

$$Q = K \cdot T = K \cdot (T - \theta),$$

где K – теплоемкость калориметра.

4. Произведите пересчет на один моль нитрата калия ($\Delta H_{\text{оп}}^0$).

5. Вычислите погрешность опыта (в %) по формуле

$$\eta = \pm \frac{\Delta H_{\text{теор}}^0 - \Delta H_{\text{оп}}^0}{\Delta H_{\text{теор}}^0} \cdot 100,$$

где $\Delta H_{\text{теор}}^0$ – теоретическая величина теплоты растворения нитрата калия, равная 36,3 кДж/моль.

В отчёте опишите опыт и объясните поглощение теплоты при растворении этого вещества.

Опыт 3. Определение теплоты образования кристаллогидрата сульфата меди

Теплотой образования кристаллогидрата называется тепловой эффект образования 1 моль твердого кристаллогидрата из твердой безводной соли и соответствующего количества воды.

Теплота образования кристаллогидрата $\Delta H_{\text{гидр}}^0$ не может быть измерена в калориметре непосредственно, так как скорость образования кристаллогидрата мала. Эту величину вычисляют по разности теплот растворения безводной соли ΔH_1^0 и кристаллогидрата ΔH_2^0

Ход опыта:

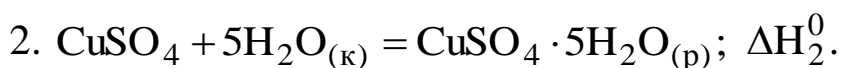
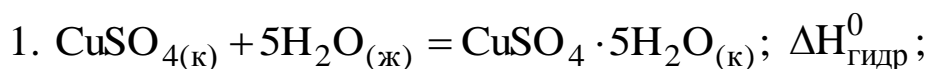
1. Получите безводный сульфат меди. Для этого возьмите две точные навески по 2 г растертого в порошок кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Одну навеску нагрейте в сушильном шкафу при

$t = 240 - 250^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы ($m = 1,28 \text{ г}$) и перехода голубой окраски $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в белую, характерную для безводного CuSO_4 . По окончании процесса дегидратации безводный CuSO_4 охладите и храните в эксикаторе либо в пробирке, закрытой с помощью резиновой пробки.

2. Проведите опыт по растворению безводной соли, а затем повторите его для кристаллогидрата. Последовательность операций (ход опыта) такая же, как в опыте 2.

3. Вычислите теплоту растворения безводной соли (ΔH_1^0) и кристаллогидрата (ΔH_2^0) по результатам опытов.

4. Рассчитайте опытное значение теплоты образования кристаллогидрата ($\Delta H_{\text{гидр}}^0$), исходя из следующих соображений. Теплота растворения безводной соли – это сумма теплоты гидратации сульфата меди и теплоты растворения полученного кристаллогидрата. Иными словами, растворение безводного сульфата меди(II) можно представить состоящим из двух стадий:



По закону Гесса $\Delta H_1^0 = \Delta H_{\text{гидр}}^0 + \Delta H_2^0$, следовательно

$$\Delta H_{\text{гидр}}^0 = \Delta H_1^0 - \Delta H_2^0$$

5. Сравните полученную в опыте величину теплоты гидратации сульфата меди(II) со справочным значением ($78,2 \text{ кДж/моль}$), вычислите погрешность опыта и сделайте вывод.

Контрольные вопросы

1. Какое количество теплоты называется теплотой растворения вещества? Чем отличается от теплоты растворения энтальпия растворения?

2. Как называются две стадии, на которые можно разделить (теоретически) процесс растворения вещества в воде? Какая из

них для солей является эндотермическим, а какая экзотермическим процессом?

3. Почему все кислоты и щелочи растворяются в воде с выделением тепла, а большинство солей – с поглощением?

4. Найдите в справочнике соль, которая растворяется с выделением тепла, и объясните причину его выделения?

5. Вычислите изменение температуры калориметрической системы при растворении 2 г NH_4NO_3 в 100 см^3 воды. Константа калориметрической установки К равна 0,52 кДж/град.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общая и неорганическая химия. Лабораторный практикум: учебное пособие для бакалавров и специалистов / С. С. Бабкина, И. В. Росин, Л. Д. Томина [и др.]. – Москва: Юрайт, 2012. – 481 с. – (Серия Бакалавр. Базовый курс) – ISBN 978-5-9916-1868-7.

2. Стась, Н. Ф. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии: учебное пособие / Н. Ф. Стась, А. А. Плакидкин, Е. М. Князева. – Москва: Высшая школа, 2008. – 215 с. – ISBN 978-5-06-005749-2.

3. Волков, А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Минск: Современная школа, 2005. – 608 с. – ISBN 9856751047.

4. Практикум по физической химии : учебное пособие для технологических специальностей вузов / М. И. Гельфман [и др.] ; под ред. М. И. Гельфмана. – Санкт-Петербург : Лань, 2004. – 256 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) – ISBN 5811405375 : 108.00.

5. Стась, Н. Ф. Задачи, упражнения и вопросы по общей химии: учебное пособие для студентов химических и нехимических специальностей вузов / Н. Ф. Стась, В. Н. Лисецкий – Санкт-Петербург: Лань, 2016 – 108 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) – ISBN 9785811422821 : 550.00.