

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

**Татарина Э. С.**

**Гиниятуллина Ю. Р.**

**Черкасова Т. Г.**

**Определение теплоты растворения солей:** методические указания к лабораторной работе для обучающихся всех форм обучения всех направлений / сост.: Э. С. Татарина, 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  
© Татарина Э. С.,  
© Гиниятуллина Ю. Р.,  
© Черкасова Т. Г.  
составление, 2022

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить теплоту растворения нитрата калия  $\text{KNO}_3$  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  $\text{NH}_4\text{Cl}$  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
T, °C										

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 ( $\theta$ ).

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 ( $\theta$ ).

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  $\Delta H_1^0$  и кристаллогидрата  $\Delta H_2^0$

*Ход опыта:*

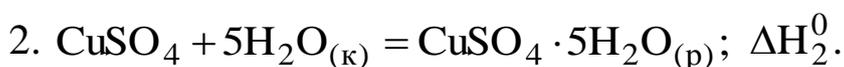
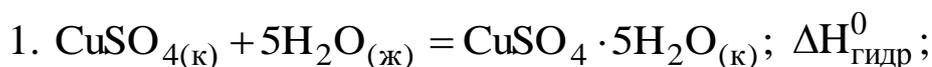
1. Получите безводный сульфат меди. Для этого возьмите две точные навески по 2 г растертого в порошок кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Одну навеску нагрейте в сушильном шкафу при

$t = 240 - 250^{\circ}\text{C}$  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  $\text{CuSO}_4$ . По окончании процесса дегидратации безводный  $\text{CuSO}_4$  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 ( $\Delta H_1^0$ ) и кристаллогидрата ( $\Delta H_2^0$ ) 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  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в 100  $\text{см}^3$  воды. Константа калориметрической установки  $K$  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.