

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физической химии

Отчет по лабораторной работе №1

По дисциплине: Термодинамика и кинетика
_____ (наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема: Определение интегральной теплоты растворения соли и теплоты гидратообразования

Автор: студент гр. ГНГ-21-2 _____ Анненкова М.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Автор: студент гр. ГНГ-21-2 _____ Дмитровская Д.П.
(подпись) (Ф.И.О.)

ОЦЕНКА: _____

Дата: _____ 2023 г.

ПРОВЕРИЛ _____ / _____ /
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург
2023 год

Цель работы: Определение теплового эффекта процессов растворения соли и гидратообразования.

Оборудование и реактивы: Стеклоанный стакан объемом 500 мл – 1 шт. Фарфоровый или стеклянный внешний стакан объемом 750 мл – 1 шт. Стеклоанная палочка для перемешивания – 1 шт. Кристаллизатор – 1 шт. Штатив с лапками – 1 шт. Термометр Бекмана – 1 шт. Мерный цилиндр объемом 100 мл (для определения объема ртутного баллона термометра Бекмана) – 1 шт. Мерный цилиндр объемом 500 мл – 1 шт. Секундомер – 1 шт. Весы лабораторные – 1 шт. Безводная соль (сульфат меди, никеля или магния). Кристаллогидрат этой соли.

Краткое теоретическое содержание

Гидратообразование — это процесс, возникающий при падениях температуры и давления, что влечет за собой уменьшение упругости водяных паров и влагоёмкости газа, а, вследствие чего - образование гидратов. *Гидраты* представляют собой белые кристаллы, похожие на снегообразную кристаллическую массу. Кристаллогидраты состоят из одной или нескольких молекул газа (метан, этан и т.д.) и нескольких молекул воды.

Количество энергии, выделяемое или поглощаемое системой в ходе реакции (при $T = const$ и $p = const$), отнесённое к количеству молей вещества, указанному в уравнении реакции, называется *тепловым эффектом* реакции (Q , кДж).

Химические реакции, протекающие с выделением теплоты в окружающую среду, называются *экзотермическими* ($Q > 0$). Химические реакции, протекающие с поглощением теплоты из окружающей среды, называются *эндотермическими* ($Q < 0$).

В термодинамике изменение энергетического состояния системы описывается величиной *энтальпии* H , изменение которой равно $\Delta H = H_{кон} - H_{исх}$, где $H_{кон}$ – конечное, а $H_{исх}$ – исходное энергетическое состояние системы. Положительное значение ΔH получается в том случае, когда $H_{кон} > H_{исх}$, т.е. когда система поглощает энергию в ходе процесса (эндотермический процесс). В случае, когда система выделяет энергию (экзотермический процесс), т.е. когда $H_{кон} < H_{исх}$, ΔH имеет отрицательное значение. Соответственно: $\Delta H = -Q$.

Стандартной теплотой (энтальпией) образования сложного вещества называется количество энергии (теплоты), выделяемое или поглощаемое при образовании одного моля сложного вещества из простых при стандартных условиях ($p = 10^5 Pa$, $T = 298 K$). Значения стандартных энтальпий образования веществ приведены в справочниках. Стандартные энтальпии образования простых веществ (O_2 , C , Na , Cl_2 и др.), устойчивых при стандартных условиях, условно приняты равными нулю.

Закон Лавуазье-Лапласа: тепловые эффекты прямой и обратной реакции (изменение энтальпий) численно равны, но противоположны по знаку.

Закон Гесса: тепловой эффект химической реакции не зависит от того, протекает ли реакция в одну или несколько стадий, а определяется только начальным и конечным состоянием реагирующих веществ.

Следствие 1 из закона Гесса: сумма энтальпий двух или более промежуточных стадий при переходе от исходного состояния к конечному состоянию равна энтальпии реакции, которая непосредственно ведёт от исходного к конечному состоянию системы.

Следствие 2 из закона Гесса: тепловой эффект реакции (изменение энтальпии) равен разности между суммой энтальпий образования продуктов реакции и суммой энтальпий образования исходных веществ с учётом стехиометрических количеств всех веществ и их агрегатных состояний.

Содержание протокола лабораторной работы

№ п/п	Исследуемый параметр	Результат измерения
1.	Название исследуемой соли и ее формула	CuSO_4 – сульфат меди (II)
2.	Формула кристаллогидрата	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
3.	Масса безводной соли	$m(\text{CuSO}_4) = 5 \text{ г}$
4.	Масса кристаллогидрата	$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 7,8 \text{ г}$
5.	Масса стеклянного внутреннего стакана + масса стеклянной палочки	$m_{\text{ст}} = 124,5 \text{ г}$
6.	Объем дистиллированной воды во внутреннем стакане	$V_{\text{H}_2\text{O}} = 300 \text{ мл}$
7.	Объем ртутного баллона термометра Бекмана	$V_{\text{Hg}} = 4 \text{ мл}$
8.	Масса раствора безводной соли	$m_{\text{р-р1}} = 305 \text{ мл}$
9.	Масса раствора кристаллогидрата	$m_{\text{р-р2}} = 307,8 \text{ мл}$

Обработка результатов эксперимента

Таблица 1. Зависимость изменения температуры (T , °Б) от времени (t , сек) при опыте с безводной солью.

Время, сек	Температура, °Б	Время, сек	Температура, °Б	Время, сек	Температура, °Б
<i>Начальный период</i>		<i>Главный период</i>		<i>Конечный период</i>	
30	2,78	330	3,25	630	3,74
60	2,79	360	3,61	660	3,75
90	2,8	390	3,7	690	3,75
120	2,81	420	3,71	720	3,75
150	2,81	450	3,72	750	3,75
180	2,82	480	3,73	780	3,76
210	2,83	510	3,73	810	3,76
240	2,84	540	3,73	840	3,77
270	2,84	570	3,73	870	3,77
300	2,85	600	3,74	900	3,78

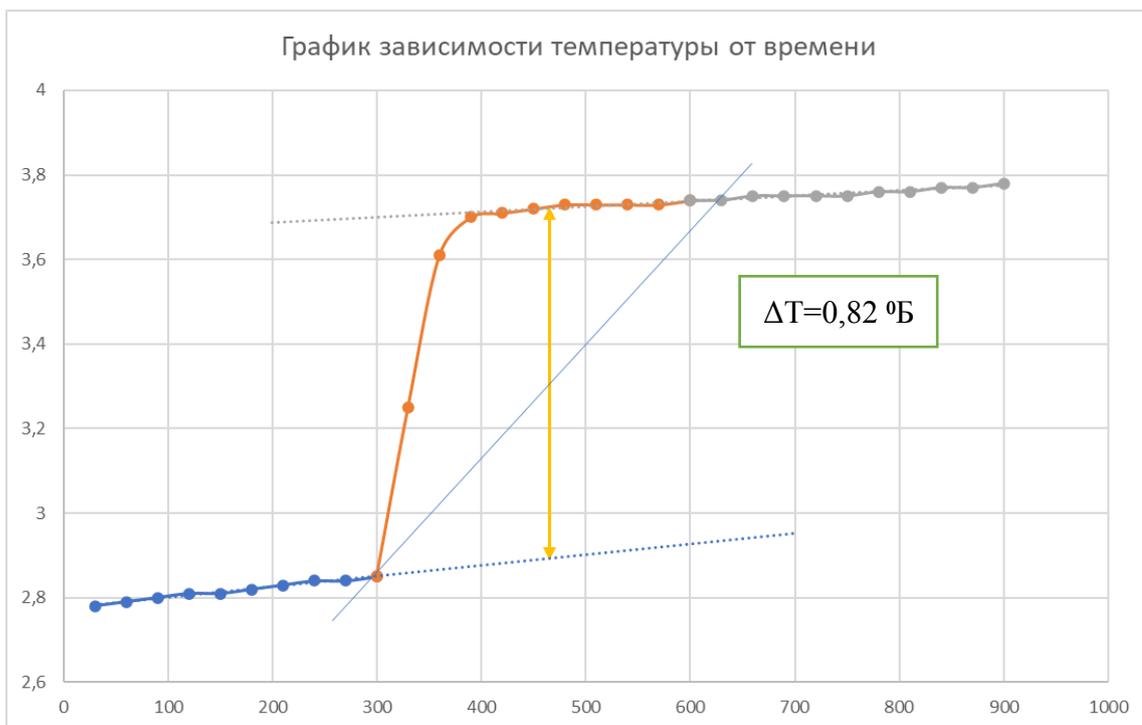


Рисунок 1. График зависимости температуры от времени в опыте с безводной солью.

Таблица 2. Зависимость изменения температуры (T , °Б) от времени (t , сек) при опыте с кристаллогидратом.

Время, сек	Температура, °Б	Время, сек	Температура, °Б	Время, сек	Температура, °Б
<i>Начальный период</i>		<i>Главный период</i>		<i>Конечный период</i>	
30	1,8	330	1,87	630	1,86
60	1,8	360	1,84	660	1,88
90	1,81	390	1,82	690	1,89
120	1,82	420	1,81	720	1,91
150	1,83	450	1,8	750	1,92
180	1,84	480	1,8	780	1,93
210	1,85	510	1,81	810	1,94
240	1,87	540	1,83	840	1,95
270	1,89	570	1,84	870	1,97
300	1,9	600	1,85	900	1,98

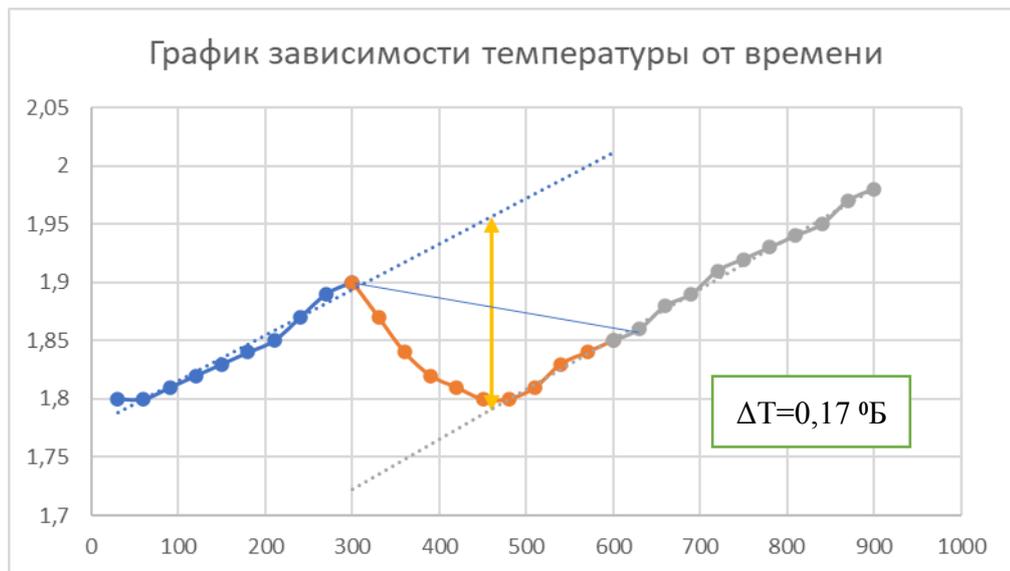


Рисунок 2. График зависимости температуры от времени в опыте с кристаллогидратом.

Расчёт теплоёмкости калориметрической установки

$$C_{cal} = C_{p-p} \cdot m_{p-p} + C_{Hg} \cdot V_{Hg} + C_{cm} \cdot m_{cm} \text{ Дж/К, где}$$

C_{p-p} – удельная теплоёмкость раствора, $4,18 \text{ Дж/г}\cdot\text{К}$;

m_{p-p} – масса раствора во внутреннем стакане, 300 г ;

C_{Hg} – объёмная теплоёмкость ртути и стекла, $1,92 \text{ Дж/см}^3\cdot\text{К}$;

V_{Hg} – объём баллона термометра, содержащего ртуть, 4 мл ;

C_{cm} – удельная теплоёмкость стекла, $0,79 \text{ Дж/г}\cdot\text{К}$;

m_{cm} – общая масса стеклянных частей калориметрической установки, $124,5 \text{ г}$;

$$C_{cal} = 4,18 \cdot 300 + 1,92 \cdot 4 + 0,79 \cdot 124,5 = 1360,035 \text{ Дж/К}$$

Вычисление интегральной теплоты растворения безводной соли и кристаллогидрата

$$\Delta_{solv} H = \frac{-C_{cal} \cdot \Delta T}{n_{соли}} \text{ Дж/моль}$$

$n_{соли}$ – количество вещества соли (безводной или кристаллогидрата), моль;

$$\Delta_{solv} H_{CuSO_4} = \frac{-1360,035 \cdot 0,82}{0,0312} = -35,75 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_{solv} H_{CuSO_4 \cdot 5H_2O} = \frac{-1360,035 \cdot (-0,17)}{0,0312} = 7,41 \text{ кДж/моль}$$

Вычисление теплового эффекта процесса гидратации

$$\Delta_{hydr} H = \Delta_{solv} H_{CuSO_4} - \Delta_{solv} H_{CuSO_4 \cdot 5H_2O} \text{ Дж/моль}$$

$$\Delta_{hydr} H = -35,75 - 7,41 = -43,16 \text{ кДж/моль}$$

Вычисление относительной инструментальной ошибки

$$\varepsilon = \frac{\delta H}{\Delta H} = \sqrt{\left(\frac{\delta C_{cal}}{C_{cal}}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta T}{T}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta m}{m}\right)^2}$$

δC_{cal} – относительная погрешность расчётного определения теплоёмкости системы, $0,03$ Дж/К;

δT – погрешность определения температуры (цена деления термометра Бекмана), $0,005^\circ\text{B}$;

δm – техническая характеристика весов, $0,01$ г.

$$\varepsilon = \frac{\delta H}{\Delta H} = \sqrt{\left(\frac{0,03}{1360,035}\right)^2 + 2\left(\frac{0,005}{5}\right)^2 + 2\left(\frac{0,01}{5}\right)^2} = 3,16 \cdot 10^{-3}$$

Вычисление абсолютной погрешности измерения теплового эффекта

$$\Delta H = \Delta H \pm \delta H$$

$$\Delta H = (-43,16 \pm 1,36) \text{ кДж/моль}$$

Вывод: в ходе лабораторной работы опытным путём были измерены зависимости изменения температуры от времени растворения безводной соли сульфата меди и её кристаллогидрата. По полученным данным посчитаны значения энтальпий реакций растворения соли и её кристаллогидрата в дистиллированной воде, а также рассчитана теплота гидратообразования, которая составила $\Delta H = (-43,16 \pm 1,36) \text{ кДж/моль}$ с учётом погрешности, что указывает на экзотермический характер изучаемого явления (т.к. $-43,16 < 0$, значит, процесс происходил с выделением энергии из внешней среды).