

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



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

УТВЕРЖДАЮ



Руководитель ОПОП ВО  
Профессор О.В. Черемисина

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО  
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования:** подготовка кадров высшей квалификации  
**Направление подготовки:** 04.06.01 Химические науки  
**Направленность (профиль):** Физическая химия  
**Форма обучения:** очная  
**Нормативный срок обучения:** 4 года  
**Составитель:** д.т.н. Черемисина О.В.

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение дисциплины **«Физическая химия»** предполагает формирование у аспирантов

- знаний в области современных тенденций и методов физико-химического описания и моделирования процессов и явлений, протекающих на различных уровнях масштабирования: от лабораторного до опытного эксперимента;

- современного научного мировоззрения, развитие творческого естественнонаучного мышления, овладение современными методами научных исследований в области физической химии;

- представлений и практического опыта физико-химических расчетов, необходимых для определения тепловых эффектов и тепловых балансов технологических процессов, предсказания направления протекания химических реакций;

- навыков практического применения расчетов и экспериментального исследования кинетических параметров процессов, определения оптимальных условий проведения химических реакций с использованием законов фазовых равновесий, термодинамики и кинетики

Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и практических занятиях, а также выработку навыков самостоятельного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Самостоятельная работа – обязательная и неотъемлемая часть учебной работы аспиранта, направленная на:

- систематизацию, закрепление, углубление и расширение полученных теоретических знаний и практических умений;

- формирование умений использовать различные информационные источники: нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- развитие познавательных способностей, творческой инициативы, ответственности и организованности;

- развитие исследовательских умений;

- приобретение навыков в преподавательской деятельности

В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность

– *в научно-исследовательской деятельности в области химии и смежных наук* критически анализировать и оценивать современные технические и научные достижения, в том числе в междисциплинарных областях; соблюдать правила международного научного общения и сотрудничества, принципы академической этики и личной ответственности ученого;

– *в преподавательской деятельности в области химии и смежных наук* проводить основные виды учебных занятий в рамках своей специальности; соблюдать правила и нормы педагогической этики и личной ответственности преподавателя; планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития в педагогическом, общетехническом, общенаучном и социальном контекстах.

Самостоятельная работа по дисциплине **«Физическая химия»** включает подготовку к экспериментальным и теоретическим работам и изучение дополнительных материалов. В

методических указаниях описываются действия, которые необходимо выполнить в рамках самостоятельной работы.

## 1. ТЕМАТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы
1	Физико-химический подход к описанию химико-технологических систем	Физико-химическое описание и моделирование
2	Основы строения вещества, межчастичное взаимодействие	Современные методы экспериментального определения строения вещества, аппаратное оснащение; основные экспериментальные методики
3	Термодинамический подход к описанию процессов и систем; диаграммы состояния	Современные методы экспериментального определения термодинамических свойств веществ и параметров физико-химических процессов
4	Особенности исследования кинетики химических реакций	Современные методы экспериментального определения кинетических параметров химических реакций: общая методология.
5	Особенности преподавания физической химии и родственных дисциплин в университете горнотехнического профиля	Поиск и использование примеров из реальных технологических процессов различных отраслей минерально-сырьевого комплекса для иллюстрации фундаментальных положений физической химии и смежных дисциплин

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения и подходы к решению практических задач.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее основные понятия, новые незнакомые термины и названия, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги и к глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к промежуточной аттестации.

## 2. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Основная цель практических занятий – связать теоретические знания с практической деятельностью. Практические занятия чередуют развитие навыков выполнения экспериментальных и теоретических исследований. При выполнении исследований аспирант подготавливает отчет.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий
1.	Физико-химический подход к описанию химико-технологических систем	Физико-химические основы процессов химической технологии
2.	Основы строения вещества, межчастичное взаимодействие	Экспериментальное определение и расчет параметров строения молекул и пространственной структуры веществ
3.	Термодинамический подход к описанию процессов и систем; диаграммы состояния	Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, расчет термодинамических функций простых и сложных систем
4.	Особенности исследования кинетики химических реакций	Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями осуществления химической реакции
5.	Особенности преподавания физической химии и родственных дисциплин в университете горнотехнического профиля	Использование физико-химического моделирования в научно-технической деятельности

Аспиранты должны приходиться на практическое занятие заранее подготовленными. При подготовке к экспериментальным исследованиям необходимо ознакомиться с методическими указаниями к их выполнению и уяснить:

- цель работы;
- содержание работы;
- правила техники безопасности;
- порядок выполнения работы;
- результаты, которые должны быть получены в процессе выполнения работы;
- требования к отчету по работе.

Перед выполнением экспериментальных исследований аспиранты должны получить к ней допуск. Для допуска требуется знание теоретических основ выполняемой работы, хода ее выполнения, порядка записи и обработки результатов измерений и вычисления погрешностей, наличие протокола ведения эксперимента, содержащего необходимые исходные данные и таблицы для записи экспериментальных данных.

После получения допуска аспиранты приступают к выполнению экспериментов. Полученные результаты эксперимента должны быть сразу занесены в протокол. Он должен быть выполнен по возможности аккуратно, в протокол необходимо занести используемое оборудование, реактивы, все экспериментальные данные, концентрации использованных растворов и др. В конце работы экспериментальные данные предъявляются преподавателю. Протокол является неотъемлемой частью отчета и должен быть подписан преподавателем с указанием даты выполнения работы. Исправления, подтирки, корректор в протоколе не допускаются. Новые измерения должны заноситься ниже прежних и опять подписываться

преподавателем. Отчет без подписанного протокола на проверку не принимается, а работа выполняется вновь.

Преподаватель проверяет отчет и может вернуть его для исправления ошибок либо для переделки работы. Возврат отчета на исправление допускается не более двух раз и только в течение месяца со дня выполнения работы. По истечении этого срока, если отчет не принят, работа подлежит переделке с новым персональным заданием. Принятый отчет подлежит защите. На защите требуется знание теоретического и практического материала по защищаемой работе.

### **3. РЕКОМЕНДАЦИИ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

Отчет по практическому занятию вместе с протоколом сдается преподавателю не позднее начала следующего занятия. Отчет должен быть оформлен в соответствии с индивидуальным заданием согласно методическим указаниям к конкретной работе и должен содержать следующие части:

1. Название работы.
2. Краткое описание сущности работы (со ссылками на литературные источники)
2. Цель работы.
3. Перечисление оборудования, реагентов, иных источников
4. Ход эксперимента или краткое описание методики теоретических исследований.
5. Экспериментальные данные или исходные данные для моделирования.
6. Обработка экспериментальных данных или собственно моделирование процесса.
7. Вывод.

#### **Текст и его размещение на странице**

Отчёт выполняют на листах формата А4 (размером 297x210 мм). Допускается как односторонняя, так и двухсторонняя печать. Поля рекомендуются установить верхнее, нижнее – 2 см, правое – 1,5 см, левое – 2,5 или 3 см. Основной шрифт текста – Times New Roman, размер 12 или 14 пт, начертание обычное. Выравнивание текста – по ширине страницы, междустрочный интервал – полуторный. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 1,25 см.

#### **Разделы, подразделы и пункты**

Текст документа делится на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой. Разделы и подразделы должны иметь заголовки, которые чётко и кратко отражают содержание разделов и подразделов. Заголовки начинаются с прописной буквы без точки в конце и без подчёркиваний. Разделы и подразделы могут содержать отдельные пункты, которые нумеруют по той же схеме, что и подразделы. Пункты названий как правило не имеют.

#### **Пример формирования раздела, подраздела и пунктов выполнения эксперимента**

##### **3 Выполнение работы**

##### **3.1 Приготовление рабочего раствора соли железа**

3.1.1 В маркированный химический стакан отобрать порцию стандартного раствора соли железа объемом около 10 мл.

3.1.2 Из химического стакана в мерную колбу объемом 200 мл мерной пипеткой вместимостью 5 мл отобрать 5 мл стандартного раствора соли железа.

3.1.3 Довести уровень жидкости в мерной колбе дистиллированной водой до метки.

3.1.4 Закрыть колбу пробкой и перемешать раствор, переворачивая мерную колбу не менее 40 раз.

## Формулы

Формулой считают любую последовательность, состоящую не менее, чем из двух символов, которая не является словом в каком-либо языке. Для раписей формул рекомендовано применять встроенные в Microsoft Office редакторы формул. Размер символов в формулах должен соответствовать размеру основного шрифта. Непосредственно под формулой приводят пояснения символов и числовых коэффициентов. Обычно латинские буквы в формулах выделяют курсивом. Каждую формулу записывают на новой строке.

Пример.

Концентрацию катиона металла в растворе вычисляют по формуле:

$$C = \frac{C_T V_T}{V_a},$$

где  $C_T$  – концентрация трилона Б (0,05 моль/л);  $V_T$  – эквивалентный объем трилона Б, мл;  $V_a$  – объем пробы, взятый для определения концентрации катиона металла, мл,  $V_a = 5$  мл.

Формулы в тексте при необходимости нумеруют. Нумерация может быть сквозная.

## Таблицы

Таблицы используют для записи первичных результатов эксперимента, при обработке результатов эксперимента, при систематизации сведений и т.п.

При необходимости таблицы нумеруют. Удобно использовать сквозную нумерацию. Формат шрифта таблицы обычно соотносится с основным текстом. При переносе таблиц на следующую страницу повторяют «головку» таблицы. Таблицы рекомендуется снабжать заголовками, отражающими назначение и содержание таблицы

### Пример оформления таблицы

Таблица 1 – Основные сведения о проведении эксперимента

Масса навески угля $g$ , г	
Наименование слабой кислоты	
Химическая формула слабой кислоты	
Ориентировочная концентрация слабой кислоты, моль/л	
Концентрация раствора щелочи $C_{(NaOH)}$ , экв./л	
Объем аликвоты слабой кислоты $V_a$ , мл	

Таблица 2 – Результаты титрования проб

№ колбы	Время, мин.	$V_{NaOH}$ , мл	№ колбы	Время, мин.	$V_{NaOH}$ , мл
1	0	21,2	6	15	19,2
2	3	20,4	7	18	19
3	6	19,9	8	21	18,8
4	9	19,7	9	24	18,6
5	12	19,5	10	27	18,6
			11	30	18,6

## Рисунки

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения текста. Иллюстрации должны находиться после абзаца с первым упоминанием о рисунке. Рисунки нумеруют. Удобно использовать сквозную нумерацию рисунков. Каждый рисунок должен

иметь название или подрисуночную подпись, которая кратко отражает содержание рисунка. При наличии нескольких зависимостей на рисунке принято использовать «легенду», располагаемую непосредственно на рисунке или рядом с ним. Если рисунок предполагает аппроксимацию графических зависимостей, то в некоторых случаях допустимо располагать уравнения аппроксимации непосредственно на рисунке.

### Пример оформления рисунка

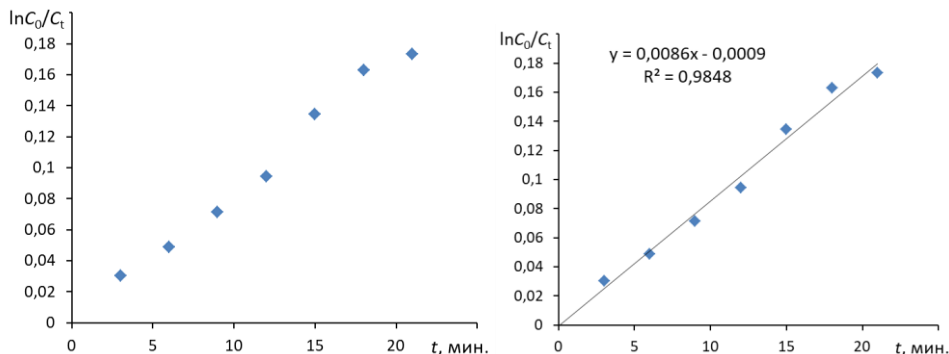


Рисунок 1 – Построение графической зависимости в предположении внешней диффузии и её обработка.

### Проверка отчёта

Преподаватель проверяет отчет и может вернуть его для исправления ошибок либо для переделки работы. Возврат отчета на исправление допускается не более двух раз и только в течение месяца со дня выполнения работы. По истечении этого срока, если отчет не принят, работа подлежит переделке с новым персональным заданием. Принятый отчет подлежит защите. На защите требуется знание теоретического и практического материала по защищаемой работе.

## 4. РЕКОМЕНДОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

### 4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ ГИДРАТАЦИИ СОЛИ

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение теплового эффекта процессов растворения соли и гидратообразования.

#### СУЩНОСТЬ РАБОТЫ

При растворении солей часто наблюдается экзо- или эндотермический эффект. Для определения теплового эффекта процесса гидратообразования необходимо знать теплоемкость системы и изменение температуры системы, вызванное процессами растворения безводной соли и ее кристаллогидрата

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Стеклянный толстостенный (батареиный) стакан объемом 500 мл – 1 шт. Фарфоровый или стеклянный внешний стакан объемом 750 мл – 1 шт. Стеклянная палочка для перемешивания – 1 шт. Кристаллизатор – 1 шт. Штатив с лапками – 1 шт. Термометр Бекмана – 1 шт. Мерный цилиндр объемом 25 или 50 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, цинка или магния). Кристаллогидрат этой соли.

#### ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя наименование соли, с которой будет выполняться эксперимент.

2. Решить задачу: масса безводной соли 5 г; какую массу будет иметь эквимолярное количество кристаллогидрата этой соли (можно проверить правильность решения у преподавателя)?

3. Отобрать навески безводной соли и кристаллогидрата.

4. Взвесить на технических весах стеклянный внутренний стакан и стеклянную палочку для перемешивания  $m_{ст.}$

5. Определить объем ртутного баллона термометра. Для этого опустить «нос» термометра в мерный цилиндр объемом 100 мл, куда предварительно налито 50 мл воды и по разности уровней воды определить объем ртути,  $V_{Hg}$ .

6. Во внутренний стакан калориметрической установки поместить 300 мл (300 г) дистиллированной воды  $V_{H_2O}$ .

7. Собрать калориметрическую установку.

8. Для установления температурного равновесия перед началом опыта выждать 2-3 мин, помешивая воду в стакане.

9. Пустить секундомер и через каждые 30 секунд записывать показания температуры (см. табл.) по термометру Бекмана в течение 5 минут (10 показаний) при постоянном перемешивании (начальный период).

10. Не прекращая отсчета времени и измерения температуры высыпать навеску безводной соли во внутренний стакан калориметра и размешать до полного растворения (главный период). По-прежнему через каждые 30 секунд записывать показания термометра Бекмана до установления равномерного изменения температуры в калориметрической установке.

11. Получить еще 10 показаний при равномерном изменении температуры как в п. 9 (конечный период).

12. Повторить п.п. 6 – 11 с кристаллогидратом данной соли.

#### ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Наименование соли	
Химическая формула безводной соли	
Масса безводной соли, г	
Химическая формула кристаллогидрата	
Масса кристаллогидрата, г	
Масса стеклянной палочки и внутреннего стакана калориметрической установки $m_{ст.}$ , г.	
Объем ртутного баллона термометра $V_{Hg}$ , мл	
Объем воды, мл	300
Масса воды, г	
Масса раствора безводной соли: $m_{p-p1} = m_{H_2O} + m_{MeAn}$ , г	
Масса раствора кристаллогидрата, г: $m_{p-p2} = m_{H_2O} + m_{MeAn \cdot xH_2O}$	

Измерения температуры:

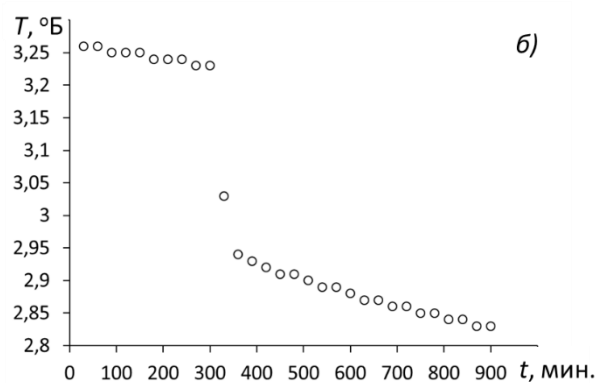
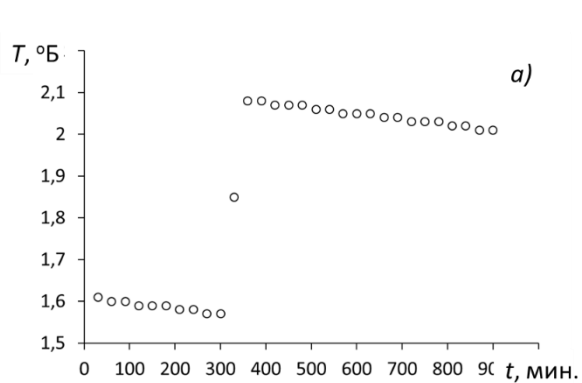
№	Время, с	Температура, °Б	
		Безводная соль	Кристаллогидрат
1	0		



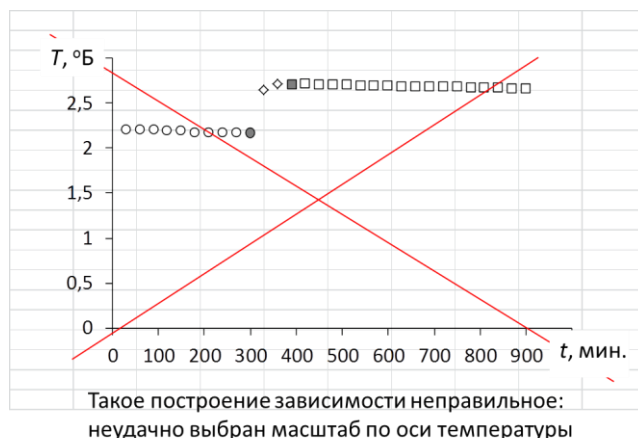
2	30		
3	60		
4	90		
5	120		
6	150		
7	180		
8	210		
9	240		
10	270		
11	300		
12	330		
13	360		
14	390		
15	420		
16	450		
17	480		
18	510		
19	540		
20	570		
21	600		
22	630		
23	660		
24	690		
25	720		
26	750		
27	780		
28	810		
29	840		
30	870		
31	900		

#### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Используя данные измерения температуры, построить графики зависимости  $T = f(t)$  для безводной соли и для её кристаллогидрата



Зависимости изменения температуры от времени для опыта с безводной солью (а) и её кристаллогидратом (б).



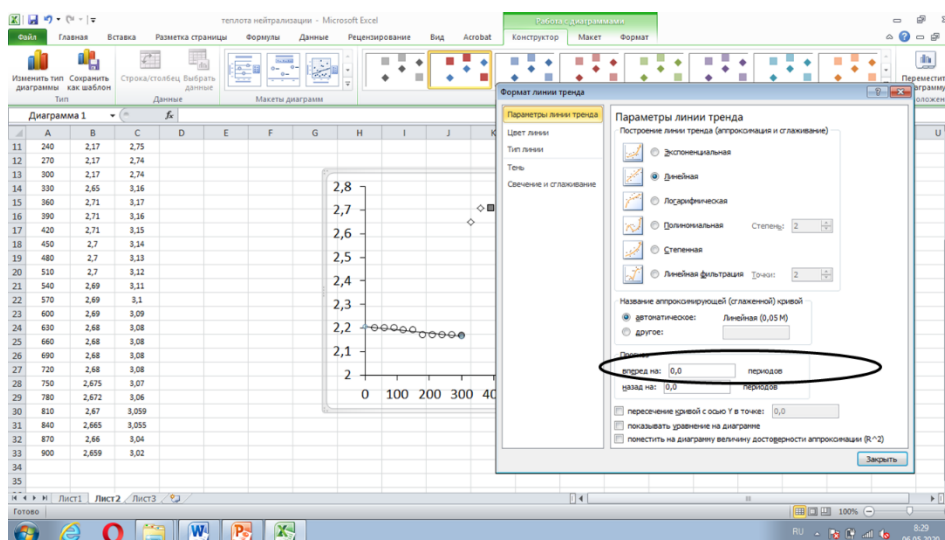
2. После построения зависимостей определить границы начального и конечного периодов: точки как начального, так и конечного периодов должны удовлетворительно аппроксимироваться линейной зависимостью.

Главный период может содержать одну или несколько точек. Это будет зависеть от скорости растворения, скорости добавления соли, интенсивности перемешивания и др.

3. Обработать полученные графические зависимости по следующей схеме.

= Провести линии тренда для начального и конечного периодов.

При построении линий тренда начального и конечного периодов на вкладке «формат линии тренда» отметить прогноз «вперёд» для линии тренда начального периода и «назад» для линии тренда конечного периода. Прогноз может составить от 50 до 200 единиц.

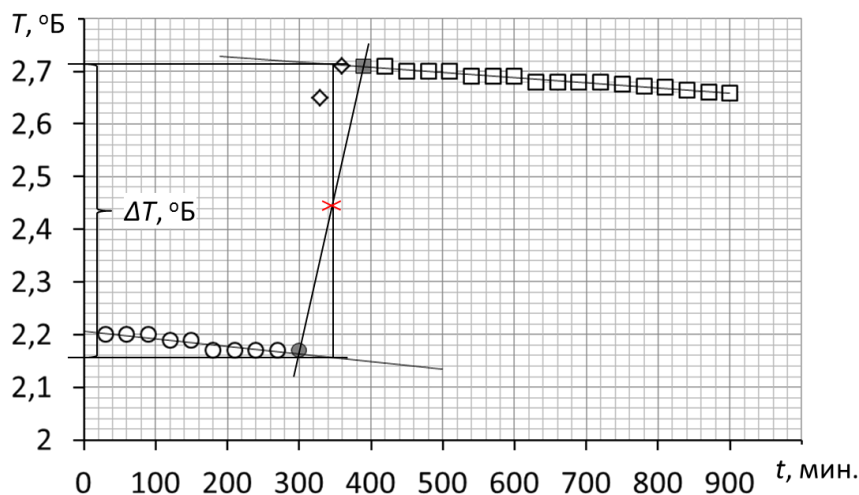


= Соединить последнюю точку начального периода с начальной точкой конечного периода.

= Полученную линию разделить пополам.

= Через точку середины (X) провести перпендикуляр к оси абсцисс.

= Продлить линии тренда начального и конечного периодов до пересечения с перпендикуляром – получим значение изменения температуры  $\Delta T$ .



Пример графической обработки результатов эксперимента.

4. Для обоих опытов рассчитать теплоемкость калориметрической установки по уравнению

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

где  $C_{p-p}$  – удельная теплоемкость раствора, 4,18 Дж/г·К;  $m_{p-p}$  – масса раствора во внутреннем стакане, г;  $C_{Hg}$  – объемная теплоемкость ртути и стекла, 1,92 Дж/см<sup>3</sup>·К,  $V_{Hg}$  – объем баллона термометра, содержащего ртуть, мл;  $C_{ст}$  – удельная теплоемкость стекла, 0,79 Дж/г·К;  $m_{ст}$  – общая масса стеклянных частей калориметрической установки, г.

5. Вычислить интегральную теплоту растворения безводной соли и кристаллогидрата по уравнению:

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

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

6. Вычислить тепловой эффект процесса гидратации по уравнению:

$$\Delta_{hydr}H = \Delta_{solv}H_{MeSO_4} - \Delta_{solv}H_{MeSO_4 \cdot nH_2O}.$$

7. Оценить относительную инструментальную ошибку:

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

Относительную погрешность расчетного определения теплоемкости системы  $\delta C_{cal}$  обычно принимают равной 3 %; погрешность определения температуры определяется ценой деления термометра Бекмана (0,005°Б), массы – технической характеристикой весов (0,01 г).

8. Рассчитать абсолютную погрешность измерения теплового эффекта. Ответ записать по форме:  $\Delta H = \Delta H \pm \delta H$ .

## 4.2. ПОЛУЧЕНИЕ КРИВОЙ РАЗГОНКИ

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить особенности перегонки двухкомпонентной системы; составить материальный баланс процесса перегонки.

## СУЩНОСТЬ МЕТОДА

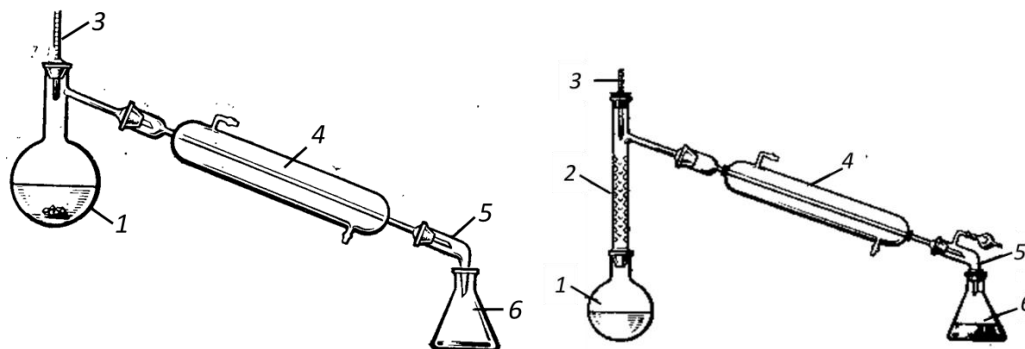
Кривая разгонки представляет собой зависимость температуры кипения от объема отгона. Её получают, выполняя простую перегонку и отмечая изменение температуры кипения при определенном шаге объема отгона, например, каждые 5 или 10 мл. Перегонку заканчивают, когда объем отгона составит от 95 до 98 % от исходного объема пробы. Опасность!! Досуха отгонять нельзя!! При анализе кривой разгонки устанавливают

а) фракционный состав смеси по разности температур кипения ее отдельных компонентов;

б) условия (например, температурный режим) более детальной фракционной разгонки;

в) режим работы автоматических аппаратов.

Смесь разгоняют в приборе, схематично показанном на рисунке 5. Для лучшего разделения фракций установку дополняют дефлегматором.



Варианты установки простой перегонки. 1 – круглодонная колба или колба Вюрца, 2 – дефлегматор, 3 – термометр, 4 – холодильник, 5 – аллонж, 6 – приемник.

**В качестве приемника используют мерный цилиндр.** Дистиллят должен поступать в приемник со скоростью 30-40 капель в минуту.

Перегонку прекращают, когда в перегонной колбе остается 2-3 мл жидкости.

## ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Аппарат для разгонки нефти и нефтепродуктов в ручном режиме (колба Вюрца, прямой холодильник, мерный цилиндр, термометр); проба для разгонки.

## ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. В круглодонную колбу мерным цилиндром отбирают 100 мл исследуемой смеси.
2. К пробе в круглодонной колбе добавляют кусочки пористого кирпича или пемзы – кипелки (кипятивильники) для обеспечения равномерного кипения жидкости и предотвращения ее выброса.
3. Горло колбы закрывают пробкой с термометром. «Нос» термометра должен быть расположен правильно: примерно на 10 мм ниже бокового отвода колбы.
4. Колбу с пробой и термометром присоединяют к холодильнику.
- 4(а) на холодильник подают охлаждающую жидкость
5. Устанавливают приемник – мерный цилиндр – на выходе из холодильника.
6. Размещают под колбой и включают нагревательное устройство.
7. Дожидаются начала кипения жидкости в колбе, отмечают и записывают значение температуры.
8. Отмечают падение первой капли отгона, отмечают и записывают значение температуры. Внимание! Температура отгона первой капли – один из очень важных показателей!!!

9. Продолжают процесс, отмечая значение температуры каждые 5 мл отгона. Результаты измерения температуры заносят в таблицу протокола лабораторной работы.

10. После отгона 95 % жидкости (95 мл) нагрев пробы прекращают.

11. После того, как установка остынет, прекращают подачу охлаждающей жидкости на холодильник, колбу отсоединяют от холодильника, снимают термометр, чистят установку.

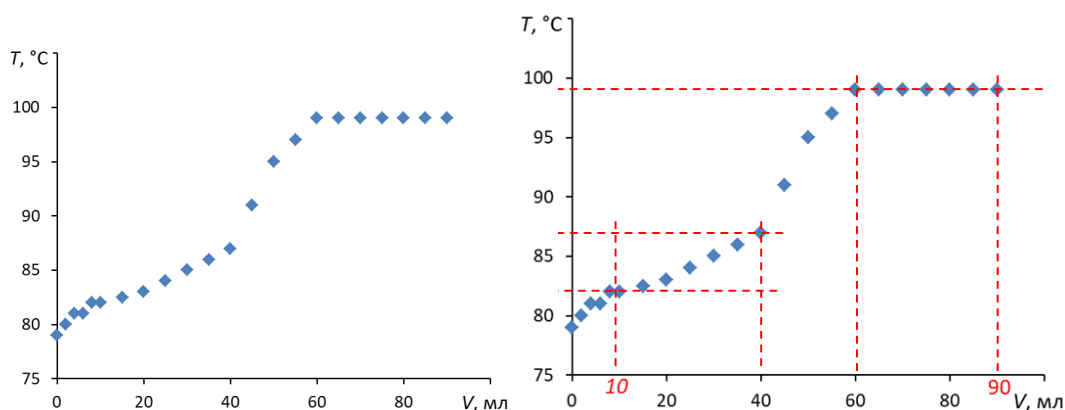
### ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

#### 1. Таблица экспериментальных данных

	Температура, °С	Объем отгона, мл	Температура, °С
начало кипения		45	
падение 1 капли		50	
Объем отгона, мл		55	
5		60	
10		65	
15		70	
20		75	
25		80	
30		85	
35		90	
40		95	

#### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. По данным таблицы экспериментальных данных построить кривую разгонки в координатах  $T, ^\circ\text{C}$  – объем отгона, мл.



2. По ординатам горизонтальных участков полученной кривой разгонки определить температуры кипения фракций.

В показанном на рисунке примере, первая фракция объемом 30 мл = 40 – 10 отгоняется в интервале температур от 82 до 87 °С; вторая фракция кипит при температуре 98 °С, ее объем составляет 100 – 60 = 40 мл.

3. По количествам отогнанных фракций определить количественное соотношение компонентов в смеси (в объемных долях) по формуле

$$\varphi = \frac{V_i}{V_{\Sigma}} \cdot 100\% .$$

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Моделирование химико-технологических систем с применением законов и уравнений физической химии.
2. Моделирование направление протекания процесса, выхода целевого продукта.
3. Использование понятия активность для описания процессов в растворах и расплавах.
4. Моделирование структуры вещества в конденсированном состоянии.
5. Парциальные молярные величины, их определение по экспериментальным данным и путем интегрирования уравнения Гиббса - Дюгема.
6. Химический потенциал, его значение для компонента идеального газа, идеального раствора, предельно разбавленного раствора и для реальных систем.
7. Понятие об активности и фугитивности.
8. Уравнение изотермы реакции.
9. Константа равновесия.
10. Расчет равновесного состава реакционной смеси.
11. Влияние внешних условий на равновесие.
12. Принцип Ле-Шателье.
13. Выбор оптимальных условий для проведения реакции.
14. Вычисление константы равновесия при различных температурах.
15. Закон Рауля для идеальных и предельно разбавленных растворов.
16. Учет диссоциации растворенного вещества.
17. Растворимость газов, законы Генри и Сивертса.
18. Температуры замерзания и кипения растворов, криоскопия и эбуллиоскопия.
19. Уравнение Шредера. Расчет диаграмм по уравнению Шредера.
20. Осмотическое давление растворов. Обратный осмос, его использование для очистки стоков и опреснения воды.
21. Определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, кажущейся степени диссоциации и коэффициента активности сильных электролитов по опытному значению изотонического коэффициента.
22. Определение молярной массы органических веществ методами криоскопии и эбуллиоскопии.
23. Метод дифференциально-термического анализа.
24. Построение диаграмм.
25. Твердые растворы, ограниченный и неограниченный изоморфизм.
26. Системы с твердыми растворами: идеальные, с минимумом температуры плавления, эвтектического и перитектического типов.
27. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися соединениями.
28. Проявление на диаграммах полиморфных превращений и расслаивания жидкой фазы.
29. Определение тепловых эффектов фазовых превращений.
30. Образование растворов электролитов.
31. Теория гидратации.
32. Расчет pH и равновесного состава в растворах сильных и слабых электролитов, гидролизующихся солей и в буферных растворах.

33. Расчет равновесий в насыщенных растворах с учетом гидролиза ионов труднорастворимого соединения и комплексобразования в растворе.

34. Обобщенные теории кислот и оснований Бренстеда, Льюиса, Пирсона.

35. Кислотно-основные свойства неводных растворов и расплавов.

36. Термодинамическая теория Э.Д.С.

37. Удельная и эквивалентная электропроводность.

38. Подвижность ионов и факторы, ее определяющие.

39. Определение качества воды,

40. Константы диссоциации слабых электролитов.

41. Предельная электропроводность ионов.

42. Термодинамика электрохимических систем.

43. Электродный потенциал.

44. Гальванический элемент.

45. Уравнение Нернста.

46. Типы электродов.

47. Определение коэффициента активности электролитов.

48. Определение растворимости соединений.

49. Константы нестойкости комплексов,

50. Константа равновесия окислительно-восстановительной реакции.

51. Ионметрия.

52. Диаграммы Пурбе.

53. Формальная кинетика.

54. Порядок реакции и способы его определения.

55. Кинетика сложных реакций.

56. Зависимость скорости реакции от температуры, энергия активации.

57. Теории активных столкновений и переходного состояния.

58. Механизм гомогенного и гетерогенного катализа.

59. Ферментативный катализ.

60. Кинетика электрохимических процессов.

61. Поляризация электродов. Диффузионное и электрохимическое перенапряжение.

## **6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

### **6.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Физическая химия. Учебное пособие / В.И. Грызунов, И.Р. Кузеев, Е.В. Пояркова и др. – 3-е издание, стереотипное. Москва: ФЛИНТА. – 2019. – 251 с. : <https://e.lanbook.com/book/122598>.

2. Основы физической химии. В 2 ч : учебник / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская и др. – 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Лаборатория знаний. – 2019. – 625 с. : <https://e.lanbook.com/book/116100>.

3. Шлыков С.А. Катализ в промышленности. Теория и прикладные каталитические процессы. Учебное пособие. Иваново: ИГХТУ. – 2018. – 101 с. : <https://e.lanbook.com/book/127526>.

4. Головнев Н.Н. Энергетика и направленность химических процессов. Химическая кинетика и химическое равновесие. Учебное пособие. Красноярск: СФУ. – 2018. – 148 с. : <https://e.lanbook.com/book/157749>.

## 6.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов К.С. Физическая химия. Том 1. Строение вещества, термодинамика Учебник для ВУЗов. /К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнее и др. Под ред. К.С. Краснова М.: «Высшая школа». 2001. 512 с. [http://www.studmed.ru/krasnov-ks-fizicheskaya-himiya-tom-1-stroenie-veschestva-termodinamika\\_a1933b180b2.html](http://www.studmed.ru/krasnov-ks-fizicheskaya-himiya-tom-1-stroenie-veschestva-termodinamika_a1933b180b2.html)

2. Краснов К.С. Физическая химия. Том 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. Учебник для ВУЗов. /К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнее и др. Под ред. К.С. Краснова М.: «Высшая школа». 2001. 319 с. [http://www.studmed.ru/krasnov-ks-fizicheskaya-himiya-tom-2-elektrokhimiya-himicheskaya-kinetika-i-kataliz\\_2c45f4fdd06.html](http://www.studmed.ru/krasnov-ks-fizicheskaya-himiya-tom-2-elektrokhimiya-himicheskaya-kinetika-i-kataliz_2c45f4fdd06.html)

3. Древинг В.П., Калашников Я.А. Правило фаз с изложением основ термодинамики. Издание 2, переработанное и дополненное. М., Изд-во Московского ун-та. 1964. 456 с.) <https://www.twirpx.com/file/1287874/>

4. Atkins P., Paula J. Physical Chemistry. Text book. Eighth edition. New York. W.H. Freeman and Company. 2006. 1085 p. [http://exordio.qfb.umich.mx/archivos%20pdf%20de%20trabajo%20umnh/Leer%20escribir%20PDF%202014/CH-Physical%20Chemistry\(8th%20ed\)\[英语\]Atkins.pdf](http://exordio.qfb.umich.mx/archivos%20pdf%20de%20trabajo%20umnh/Leer%20escribir%20PDF%202014/CH-Physical%20Chemistry(8th%20ed)[英语]Atkins.pdf)

5. Myers D. Surfaces, interfaces, and colloids. Principles and Applications. Second edition. New York. John Wiley & Sons. 519 p. [http://hky.njnu.edu.cn/jpkc/wzattach/211908\\_933929.pdf](http://hky.njnu.edu.cn/jpkc/wzattach/211908_933929.pdf)

6. Pelton A.D. Thermodynamics and Phase Diagrams. Centre de Recherche en Calcul Thermodynamique (CRCT). École Polytechnique de Montréal. 2011. 170 p. <http://www.crct.polymtl.ca/courses/42-Physical%20Metallurgy%20chapter.pdf>

## 6.3. ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. Электронно-библиотечная система «Лань»; <https://e.lanbook.com/books>

2. Электронно-библиотечная система «Znanium.com»; <http://znanium.com>

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»; <http://biblioclub.ru>

4. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор»; <http://www.bibliocomplectator.ru>

5. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

## 6.4. ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»; [www.garant.ru](http://www.garant.ru)

2. Справочно-поисковая система Консультант Плюс; [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)

## 6.5. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

1. Электронная база данных. Термические константы веществ. <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>

2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>

4. Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	2
1. Тематика самостоятельной работы .....	3
2. Подготовка к практическим занятиям.....	3
3. Рекомендации к оформлению отчета .....	5
4. Рекомендованный лабораторный практикум .....	7
5. Контрольные вопросы для самопроверки .....	14
6. Рекомендуемая литература и источники в сети Интернет .....	15