



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Кафедра физической и коллоидной химии

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета, доц.  
\_\_\_\_\_ А.И. Вильмс  
«26» \_\_\_\_\_ 2022 г.



**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины **Б1.О.24 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

Направление подготовки **04.03.01 - Химия**  
Направленности: **Химия. Химия нефти и газа**

Квалификация выпускника – **БАКАЛАВР**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК\_химического  
факультета

Протокол № 6 от «26» мая 2022 г.

Председатель \_\_\_\_\_  
А.И. Вильмс .

Рекомендовано кафедрой физической и  
коллоидной химии:

Протокол № 7 «26» мая 2022 г.

И.о. зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Л.Б. Белых

Иркутск 2022 г.

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	3
4. Содержание и структура дисциплины	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3 Содержание учебного материала	12
5. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов	15
6. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	20
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	20
а) основная литература;	21
б) дополнительная литература;	22
в) программное обеспечение;	22
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	22
9. Образовательные технологии	23
10. Оценочные средства (ОС)	24

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цели:** овладение студентами химического факультета основ физической химии как теоретического фундамента современной химической науки, ее возможностями и областью практического применения.

### **Задачи:**

1. обучить студентов теоретическим основам химической термодинамики и применению выводов термодинамики для решения практических задач при описании свойств растворов, фазовых и химических превращений, дать базовые представления о статистической термодинамике; закрепить необходимый понятийный аппарат важнейших разделов химической термодинамики;
2. сформировать умение использовать термодинамический подход для решения практических задач;
3. сформировать навыки проводить стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе; работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности; представлять результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина «Физическая химия. Химическая термодинамика» относится к обязательной части программы, а именно, к базовым дисциплинам профессионального цикла (Б1.О.24).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами, а именно:

«Математика» (Б1.О.10),  
«Механика и молекулярная физика» (Б1.О.13),  
«Общая химия. Химия неметаллов» (Б1.О.16),  
«Металлическая связь. Химия металлов» (Б1.О.17),  
«Математическая теория эксперимента» (Б1.В.02),  
«Органическая химия» (Б1.О.20),  
«Аналитическая химия» (Б1.О.18),  
«Квантовая механика» (Б1.О.30).

2.3 Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

«Физическая химия. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ» (Б1.О.25),  
«Высокомолекулярные соединения» (Б1.О.26),  
«Химические основы биологических систем» (Б1.В.12),  
«Коллоидная химия» (Б1.В.03),  
«Химия мономеров» (Б1.В.ДВ.03.02),  
«Физико-химия поверхностно-активных веществ» (Б1.В.ДВ.02.02),  
«Современные методы полимерной химии» (Б1.В.ДВ.07.02),  
выполнения выпускных квалификационных работ и формирования профессиональных компетенций

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 04.03.01 «Химия», профиль: теоретическая и прикладная химия.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы компетенций</b>	<b>Результаты обучения</b>
<p align="center"><i>ОПК-1.</i></p> <p>Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений</p>	<p align="center"><i>ИДК<sub>ОПК-1,2</sub></i></p> <p>Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p><b>Знать:</b> теоретические основы химической термодинамики и практическое применение выводов термодинамики для решения конкретных задач при описании свойств растворов, фазовых и химических превращений.</p>
		<p><b>Уметь:</b> проводить обработку и первичный анализ результатов с применением теоретических основ химической термодинамики и выводов их практического применения</p>
		<p><b>Уметь:</b> формулировать выводы</p>
<p align="center"><i>ОПК-2.</i></p> <p>Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием</p>	<p align="center"><i>ИДК<sub>ОПК2.1</sub></i></p> <p>Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p>	<p><b>Знать:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами, применяемыми в работах по химической термодинамике</p>
	<p align="center"><i>ИДК<sub>ОПК2.3</sub></i></p> <p>Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе</p>	<p><b>Уметь:</b> работать на стандартном оборудовании, применяемом при проведении термохимических исследований, изучении свойств растворов, фазовых и химических равновесий.</p> <p><b>Владеть:</b> приемами организации методики работ при решении задач в области химической термодинамики</p>
<p align="center"><i>ОПК-6</i></p> <p>Способен применять основные естественно-научные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов</p>	<p align="center"><i>ИДК<sub>ОПК6.1</sub></i></p> <p>Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке</p>	<p><b>Знать:</b> правила представления результатов термохимических экспериментов, исследований свойств растворов, фазовых и химических равновесий в виде отчета.</p> <p><b>Уметь:</b> представить результаты опытов термохимических экспериментов, исследований свойств растворов, фазовых и химических равновесий в виде отчета согласно требованиям в данной области химии.</p>

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа,  
в том числе 1.25 зачетных единицы, 45 часов на экзамен

Форма промежуточной аттестации: *экзамен, зачет*

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Лекции		
			Всего часов	Из них практическая подготовка	КСР + консультации + КО			
1	Введение.		2	-	-	-	-	-
2	Первый закон термодинамики. Термохимия.	5	12	34	34	2	27	Проверка отчетов по ЛР, проверка КР, коллоквиум
3	Второй закон термодинамики	5	4	2	2	2	6	Проверка КР, коллоквиум
4	Термодинамические потенциалы	5	6	8	8	2	6	Проверка КР, коллоквиум
5	Третий закон термодинамики	5	4	-	-	-	-	-
6	Термодинамика растворов. Парциальные мольные величины	5	4	4	4	2	4	Проверка отчетов по ЛР, коллоквиум

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Контактная работа преподавателя с обучающимися					оатель- ная
7	Термодинамика идеальных растворов.	5	6	12	12	2	4	Проверка отчетов по ЛР, коллоквиум
8	Термодинамика реальных растворов	5	4	-	-	1	2	Коллоквиум
9	Фазовые равновесия в однокомпонентных системах	5	4	8	8		4	Проверка отчетов по ЛР, проверка контрольных заданий коллоквиум
10	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах	5	5	12	12	2	7	Проверка отчетов по ЛР, проверка контрольных заданий коллоквиум
11	Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах	5	2	16	16	1	6	Проверка отчетов по ЛР, проверка контрольных заданий, коллоквиум
12	Химическое равновесие	5	8	12	12	2	10	Проверка отчетов по ЛР, проверка КР, коллоквиум
13	Основные постулаты статистической термодинамики	5	2	-	-	2	-	-
14	Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы	5	4	-	-	2	-	-
15	Связь термодинамических функций с молекулярными суммами по состояниям	5	4	-	-	2	-	-

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			оатель- ная	
16	Термодинамика необратимых процессов	5	3	-	-	1	-
<b>Итого часов</b>			<b>72</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>23</b>	<b>76</b>
							Экзамен, зачет

Примечание: КР – контрольная работа, ЛР – лабораторная работа.

В рабочей программе по дисциплине при выполнении лабораторных работ предусмотрена практическая подготовка в виде выполнения отдельных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Подготовка отчета по ЛР «Определение теплового значения калориметра».		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания «Термохимия»
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Подготовка отчета по ЛР «Определение теплоты образования кристаллогидратов солей»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания «Термохимия»
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Решение задач по теме «Первое начало термодинамики. Физические системы»		2	Практические задания по теме	Сборник задач по физической химии
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Подготовка к контрольной работе по теме «Применение первого закона термодинамики к физическим системам»		3	Проверка контрольной работы.	Сборник задач по физической химии

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Подготовка отчета по ЛР «Определение теплоты нейтрализации»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания «Термохимия»
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Подготовка отчета по ЛР «Определение теплоты горения органических веществ»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания «Термохимия»
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Решение задач по теме «Первое начало термодинамики. Расчет тепловых эффектов химических реакций»		6	Практические задания по теме. УО	Сборник задач по физической химии
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Подготовка к коллоквиуму по теме «Первый закон термодинамики»		5	Устная беседа; практические задания по теме	См. № 1, 2 в списке рекомендуемой литературы
5	Первый закон термодинамики. Термохимия	Подготовка к контрольной работе «Расчет тепловых эффектов химических реакций»		3	Проверка контрольной работы.	Сборник задач по физической химии
5	Второй закон термодинамики	Решение задач по теме «Второе начало термодинамики»		4	Практические задания по теме. УО	Сборник задач по физической химии
5	Второй закон термодинамики	Подготовка к коллоквиуму по теме «Второй закон термодинамики. Термодинамические потенциалы»		5	Устная беседа; практические задания по теме.	Сборник задач по физической химии
5	Второй закон термодинамики	Подготовка к контрольной работе «Второй закон термодинамики. Термодинамические потенциалы»		3	Проверка контрольной работы	Сборник задач по физической химии



Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
5	Термодинамика растворов	Подготовка отчета по ЛР «Определение парциальной мольной энтальпии растворения соли».		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания «Термохимия»
5	Термодинамика растворов	Подготовка отчета по ЛР «Определение молекулярной массы вещества криоскопическим методом»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания «Фазовые равновесия одно- и двухкомпонентных систем. Растворы»
5	Термодинамика растворов	Практические задания по теме «Растворы неэлектролитов»		4	Практические задания по теме. УО	Сборник задач по физической химии
5	Термодинамика растворов	Подготовка к коллоквиуму по теме «Растворы неэлектролитов»		4	Устная беседа; практические задания по теме	См. № 1, 2. в списке рекомендуемой литературы
5	Фазовые равновесия в однокомпонентных системах	Подготовка отчета по ЛР «Определение давления насыщенного пара индивидуальных жидкостей»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания ИГУ «Фазовые равновесия одно- и двухкомпонентных систем. Растворы»
5	Фазовые равновесия в однокомпонентных системах	Подготовка отчета по ЛР «Определение давления диссоциации кристаллогидрата»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания ИГУ «Фазовые равновесия одно- и двухкомпонентных систем. Растворы»

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
5	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах	Подготовка отчета по ЛР «Изучение двухкомпонентной системы с ограниченной взаимной растворимостью в жидком состоянии»		2	Проверка отчета по работе. Контрольное задание. УО	Методические указания ИГУ «Гетерогенные фазовые равновесия»
5	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах	Подготовка отчета по ЛР «Изучение равновесия двухкомпонентных жидких растворов с паром»		5	Проверка отчета по работе. Контрольное задание. УО	Методические указания ИГУ «Гетерогенные фазовые равновесия»
5	Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах	Подготовка отчета по ЛР «Изучение взаимной растворимости трех жидкостей»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания ИГУ «Гетерогенные фазовые равновесия»
5	Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах	Подготовка отчета по ЛР «Построение диаграммы плавкости трехкомпонентной системы»		2	Проверка отчета по работе. Контрольное задание. УО	Методические указания ИГУ «Гетерогенные фазовые равновесия»
5	Химическое равновесие	Подготовка отчета по ЛР «Изучение химического равновесия гомогенной реакции в растворе»		2	Проверка отчета по работе. УО	Методические указания ИГУ «Гетерогенные фазовые равновесия»
5	Химическое равновесие	Решение задач по теме «Фазовые и химические равновесия»		2	Практические задания по теме	Сборник задач по физической химии

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
5	Химическое равновесие	Подготовка к коллоквиуму по теме «Химическое и фазовое равновесие»		4	Устная беседа; практические задания по теме	См. № 1, 2. в списке рекомендуемой литературы
5	Химическое равновесие	Подготовка к контрольной работе по теме «Химическое равновесие»		2	Проверка контрольной работы	Сборник задач по физической химии
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>76</b>		
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>76</b>		

*Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.*

*Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплинам (модулям) включает в себя:*

*занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, обучающимся),*

*занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия),*

*групповые консультации,*

*индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальные консультации);*

*иную контактную работу (при необходимости), предусматривающую групповую или индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, определяемую организацией самостоятельно.*

## 4.3 Содержание учебного материала

### Содержание разделов и тем дисциплины

- 1. Введение.** Предмет и задачи физической химии. Исторические вехи в развитии физической химии как самостоятельного научного направления. Основные разделы физической химии – строение вещества, химическая и статистическая термодинамика, химическая кинетика, катализ, электрохимии. Проникновение физической химии в смежные науки и влияние на их развитии. Методы физической химии.

### 2. Основы химической термодинамики

#### 2.1 Первый закон термодинамики. Термохимия

- 2.1.1** Термодинамика как макроскопическое учение о преобразованиях энергии и вещества. Термодинамические системы, их классификация. Состояние термодинамической системы, понятие процесса, циклического процесса. Обратимые и необратимые процессы. Интенсивные и экстенсивные величины. Уравнение состояния идеального и реального газов. Понятия – энергия, теплота, работа. Преобразование теплоты в работу, тепловые машины. Теплота и работа как функции процесса. Первый закон термодинамики, его основные формулировки и аналитические выражения. Свойства внутренней энергии как функции состояния системы. Теплота и работы различного рода. Приложение первого закона термодинамики к физическим (идеальным) системам.
- 2.1.2** Термохимия. Приложения первого закона термодинамики к химическим процессам. Понятие теплового эффекта химической реакции. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплоты сгорания. Энергия химических связей. Оценка энтальпий химических реакций по энергиям связей. Теплоемкость. Связь  $C_p$  и  $C_v$  для идеального газа. Уравнение Майера. Политропные процессы. Зависимость теплоемкости от температуры. Закон Кирхгоффа. Интегральная и дифференциальная теплоты растворения. Энтальпии образования ионов в растворах. Теплота сольватации ионов. Цикл Борна-Хабера.

#### 2.2 Второй закон термодинамики

- 2.2.1** Второй закон термодинамики и его формулировки. Цикл Карно. Энтропия как фактор экстенсивности теплоты обратимых процессов, как тепловая координата состояния. Применение второго закона термодинамики к изолированной системе. Вычисление изменения энтропии для влияния различных обратимых и необратимых процессов. Некомпенсированная теплота Клаузиуса.
- 2.2.2** Термодинамические потенциалы. Термодинамические потенциалы. Фундаментальные уравнения Гиббса. Энергия Гельмгольца и энергия Гиббса. Характеристические функции. Уравнения Максвелла и их использование для вывода различных термодинамических соотношений. Расчет энтропии, внутренней

энергии, энтальпии, энергии Гельгольца и энергии Гиббса из опытных данных. Условия и критерии самопроизвольного протекания процессов, выраженные через характеристические функции. Уравнения Гиббса-Гельмгольца и его роль в химической термодинамике. Химические потенциалы, их определение, вычисление и свойства. Химический потенциал идеального газа.

**2.3 Третий закон термодинамики.** Тепловой закон Нернста. Постулаты Планка. Формулировки третьего закона термодинамики. Расчет абсолютных значений энтропии.

### 3. Приложения химической термодинамики

#### 3.1. Термодинамика растворов

**3.1.1. Парциальные мольные величины.** Растворы – фазы переменного состава. Способы выражения состава раствора. Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных для бинарных смесей. Уравнения Гиббса-Дюгема для различных термодинамических функций, их использование в термодинамических расчетах.

**3.1.2. Термодинамика идеальных растворов.** Химический потенциал вещества в идеальном жидком растворе. Термодинамический вывод закона Рауля и закона Генри. Растворимость твердых веществ в идеальных и предельно разбавленных растворах. Изменение температуры затвердевания различных растворов. Криоскопический метод. Повышение температуры кипения растворов нелетучих веществ. Эбулиоскопия. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа, его термодинамический вывод. Общее рассмотрение коллигативных свойств растворов.

**3.1.3. Термодинамика реальных растворов.** Атермальные и регулярные растворы и их свойства. Метод активностей. Выбор стандартных состояний при определении химических потенциалов. Симметричная и несимметричная система отсчета. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент. Использование уравнения Гиббса-Дюгема для расчетов активностей и коэффициентов активностей, а также проверка экспериментальных результатов по давлению насыщенного пара растворов. Уравнение Гиббса-Маргулеса.

#### 3.2 Фазовые превращения

**3.2.1 Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.** Гетерогенные системы. Понятия фазы, компонента, степени свободы. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Диаграмма состояния воды, серы, фосфора. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и его применение к различным фазовым переходам первого рода. Теплоты испарения (сублимации) и их вычисление. Фазовые переходы второго рода.

**3.2.2 Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.** Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентных системах. Равновесные составы пара и жидкости.

Диаграмма состояния. Законы Гиббса-Коновалова. Разделение веществ путем ректификации. Азеотропные смеси и их свойства. Двухкомпонентные системы. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем и их анализ на основе правила фаз. Системы, образующие твердые растворы, химические соединения с конгруэнтной и инконгруэнтной точкой плавления. Эвтектическая и перетектическая точки.

**3.2.3 Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах.** Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Диаграммы плавкости трехкомпонентных систем.

### **3.3 Химическое равновесие**

**3.3.1 История учения о химическом сродстве.** Термодинамика систем, в которых протекают химические реакции типа:  $aA_T = bB_T$ ,  $aA_G = bB_G$ ,  $aA_T = bB_G$ . Термодинамический вывод закона действующих масс. Изотерма Вант-Гоффа. Виды констант химического равновесия, химических процессов и связь между ними. Изменение энергии Гиббса и Гельмгольца и направление химической реакции.

**3.3.2 Зависимость константы равновесия от температуры.** Изохора и изобара химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Приведенная энергия Гиббса и ее использование для расчета химических равновесий. Расчеты равновесного состава. Принцип Ле Шателье – Брауна.

**3.3.3. Гетерогенные химические равновесия в реальных системах.** Метод фугитивности (летучести). Методы определения и вычисления коэффициента летучести.

## **4 Основы статистической термодинамики**

**3.1. Основные постулаты статистической термодинамики.** Механическое описание молекулярной системы. Фазовые Г и М –пространства. Микро- и макросостояние системы. Ансамбль Гиббса. Основные постулаты статистической термодинамики. Расчет числа микросостояний по Больцману. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Формула Больцмана. Статистический характер второго закона термодинамики.

**4.2 Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы.** Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Статистические выражения для основных термодинамических функций – внутренней энергии, энтропии, теплоемкости, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса. Статистические расчеты энтропии, формула Больцмана.

**4.3 Связь термодинамических функций с молекулярными суммами по состояниям.** Поступательная сумма по состояниям. Составляющие энтропии, внутренней энергии и теплоемкости, обусловленные поступательным движением. Формула

Закура-Тетроде. Вращательная сумма по состояниям для жесткого ротатора. Составляющие для внутренней энергии, теплоемкости, энтропии, обусловленные вращательным движением. Колебательная сумма по состояниям для гармонического осциллятора. Составляющие для внутренней энергии, теплоемкости, энтропии, обусловленные колебательным движением. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Статистическая термодинамика реального газа и конденсированного состояния вещества.

#### 4. Термодинамика необратимых процессов

Описание необратимых процессов в термодинамике. Потoki. Силы. Феноменологические законы для скоростей процессов. Производство энтропии. Основы линейной неравновесной термодинамики. Неравновесные процессы в однородных системах на примере протекания химических реакций. Связь между сродством и скоростью химической реакции. Перекрестные явления. Принцип Кюри, соотношения Онзагера. Стационарные состояния системы и теорема Пригожина. Неравновесные процессы в непрерывных системах. Теплоперенос. Термодиффузия

##### 4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	практическая подготовка		
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
	<b>2.1 Первый закон термодинамики. Термохимия</b>	Техника безопасности при выполнении работ в практикуме.	1	1	Собеседование	
1		Установка метастатического термометра Бэкмена. Определение теплового значения калориметра	3	3	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
2		Практические задания по теме «Первый закон термодинамики. Основные понятия и уравнения»	2	2	Практические задания по теме	ОПК-1,2
3		Определение теплоты образования кристаллогидратов солей	4	4	Проверка отчета по работе	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
4		Практические задания по теме «Первый закон термодинамики. Расчет работы, теплоты, изменения внутренней энергии и энтальпии для идеальных	2	2	Практические задания по теме	ОПК-1,2

		газов»				
5		Определение теплоты нейтрализации.	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Практические задания по теме «Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Связь между средней и истинной теплоемкостью.»	2	2	Практические задания по теме	ОПК-1,2
6		Определение теплоты горения органических веществ.	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
7		<b>Контрольная работа № 1</b> на тему «Применение первого закона термодинамики к физическим системам»	2	2	Проверка КР	ОПК-1,2
8		Практические задания по теме «Расчет тепловых эффектов химических реакций при стандартной и нестандартной температуре»	4	4	Практические задания по теме	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
9		<b>Коллоквиум №1</b> по теме « <b>Первый закон термодинамики.</b> Тепловые эффекты химических реакций».	4	4	Устная беседа; практические задания по теме	ОПК-1,2
11		<b>Контрольная работа №2</b> на тему «Применение первого закона термодинамики к химическим системам»	2	2	Проверка КР.	ОПК-1,2
12	<b>2.2 Второй закон термодинамики</b>	Практические задания по теме «Второй закон термодинамики. Расчет изменения энтропии для обратимых и необратимых процессов»	2	2	Практические задания по теме	ОПК-1,2
		Практические задания по теме «Второй закон термодинамики. Расчет изменения энергии Гиббса и Гельмгольца для физических процессов»	2	2	Практические задания по теме	ОПК-1,2
		<b>Коллоквиум №2</b> по теме « <b>Второй закон термодинамики.</b> Термодинамические потенциалы	4	4	Устная беседа; практические задания по теме	ОПК-1,2
		<b>Контрольная работа № 3</b> на тему «Второй закон термодинамики»	2	2	Проверка КР.	ОПК-1,2



	3.1 Термодинамика растворов	Определение молекулярной массы вещества криоскопическим методом	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Определение парциальной мольной энтальпии растворения соли	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Практические задания по теме «Растворы неэлектролитов. Законы Рауля, Генри»	2	2	Практические задания по теме	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Практические задания по теме «Коллигативные свойства растворов»	2	2	Практические задания по теме	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		<b>Коллоквиум №3</b> по теме «Термодинамика растворов»	4	4	Устная беседа; практические задания по теме	ОПК-1,2
		<b>Контрольная работа № 4</b> на тему «Растворы электролитов»	2	2	Проверка КР.	ОПК-1,2
	3.2 Фазовые равновесия однокомпонентных систем	Определение давления диссоциации кристаллогидрата	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
3		Определение давления насыщенного пара индивидуальных жидкостей	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
	3.2 Фазовые равновесия двухкомпонентных систем	Изучение равновесия двухкомпонентных жидких растворов с паром	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Выполнение практических заданий по теме «Фазовые и химические равновесия»	2	2	Контрольные задания по теме	ОПК-1,2
		Изучение двухкомпонентной системы с ограниченной взаимной растворимостью в жидком состоянии	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
	3.2 Фазовые равновесия трехкомпонентных систем	Изучение взаимной растворимости трех жидкостей	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Выполнение практических заданий по теме «Фазовые равновесия»	2	2	Контрольные задания по теме	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1

		Построение диаграммы плавкости трехкомпонентной системы	4	4	Проверка отчета по ЛР	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Выполнение практических заданий по теме «Фазовые равновесия»	2	2	Контрольные задания по теме	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		<b>Коллоквиум №4</b> по теме « <b>Фазовые равновесия</b> »	4	4	Устная беседа; практические задания по теме	ОПК-1,2
	<b>3.3 Химическое равновесие</b>	Изучение химического равновесия гомогенной реакции в растворе	4	4	Проверка отчета по работе	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
		Выполнение практических заданий по теме «Термодинамика химического равновесия»	2	2	Контрольные задания по теме	ОПК-1,2
		<b>Коллоквиум №5</b> по теме « <b>Химическое равновесие</b> ».	4	4	Устная беседа; практические задания по теме	ОПК-1,2
		<b>Контрольная работа №5</b> по теме «Расчет констант химического равновесия термодинамическим методом»	2	2	Проверка КР	ОПК-1,2

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Первый закон термодинамики.	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля). Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
2	Второй закон термодинамики	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля). Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
3	Термодинамические потенциалы.	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля). Написание отчетов по ЛР, выполнение	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1

		практических заданий.		
4	Третий закон термодинамики	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля). Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
5	Термодинамика растворов	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля). Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
6	Фазовые превращения	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля). Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1
7	Химическое равновесие	Подготовка к устному опросу (см. вопросы текущего контроля). Написание отчетов по ЛР, выполнение практических заданий.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.3; ОПК-6.1

#### 4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, закреплением теоретического материала в виде решения задач и подготовки к коллоквиумам, проводится во внеаудиторное время.

*Структура отчета по лабораторной работе:*

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть.
3. Выполнение расчетных, графических и контрольных заданий в соответствии с методическими указаниями к каждой работе.
4. Вывод (на основе полученных результатов).

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и обработке полученных экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических рекомендациях, подготовленных преподавателями кафедры.

1. Скрипов Н.И., Степанова Т.П. Гетерогенные фазовые равновесия (учебное пособие). Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2013. – 100 с.
2. Быков М.В. Математическая и графическая обработка физико-химических данных / М.В. Быков, Д.С. Суслов, В.С. Ткач – Иркутск: изд-во ИГУ, 2015. – 100 с. (50 экз)
3. Макаров В.А. Термохимия (методические рекомендации к практикуму). Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2005. – 32 с.
4. Макаров В.А. Фазовые равновесия одно- и двухкомпонентных систем. (методические рекомендации к практикуму). Растворы. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2006. – 40 с.

Примеры решения типовых задач представлены в рекомендуемых учебных пособиях и задачниках по физической химии.

1. Основы физической химии [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 011000 - Химия и по напр. 510500 - Химия : в 2 т. / В. В. Еремин [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013 - . - ISBN 978-5-9963-0377-9. Ч. 2 : Задачи. - 2013. - 263 с. : ил., табл. - ISBN 978-5-9963-0536-0 : 26 экз.
2. Кудряшов И.В., Каретников Г.С. [Текст] Сборник примеров и задач по физической химии : Учеб. пособие для хим.-технол. Спец. Вузов . – 6-ое изд., перераб. И доп. – М. : Высш. шк., 1991. – 527 с.
3. Курохтина А.А., Ларина Е.В., Титова Ю.Ю. Применение первого и второго законов термодинамики в расчетах физических и химических процессов: учебное пособие. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2014. – 85 с.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) \_\_\_\_\_

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### а) основная литература

1. Стромберг, А.Г. Физическая химия [Текст] : учеб. для студ. вузов, обуч. по хим. спец. / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко. - 4-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2001. - 527 с. : ил ; 25 см. - Библиогр.: с.511-515. - Предм.указ.: с.516-522. - ISBN 5060036278 : 29 экз.
2. Основы физической химии [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 011000 - Химия и по напр. 510500 - Химия : в 2 т. / В. В. Еремин [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013 - . - 24 см. - ISBN 978-5-9963-0377-9. Ч. 1 : Теория. - 2013. - 320 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - Библиогр.: с. 309-311. - Предм. указ.: с. 312-319. - ISBN 978-5-9963-0535-3 : 25 экз.
3. Еремин, В. В. Основы физической химии. Теория: учебное пособие : в 2 ч. [Электронный ресурс] / В. В. Еремин. - Москва : Лаборатория знаний"" (ранее ""БИНОМ. Лаборатория знаний", 2015. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=84118](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=84118). - Режим доступа: ЭБС "Издательство Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2918-2 :
4. Гамбург, Ю. Д. Химическая термодинамика [Электронный ресурс] / Ю. Д. Гамбург. - Москва : Лаборатория знаний"" (ранее ""БИНОМ. Лаборатория знаний", 2016. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90244>. - Режим доступа: ЭБС "Издательство Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-00101-434-8

#### б) дополнительная литература

1. Ипполитов, Е.Г. Физическая химия [Текст] : учеб. для студ. вузов / Е. Г. Ипполитов, А. В. Артемов, В. В. Батраков. - М. : Академия, 2005. - 448 с. : ил. ; 22 см. - (Высшее профессиональное образование : педагогические специальности). - Библиогр.: с. 446. - ISBN 5-7695-1456-6 : 30 экз.
2. Кудряшева, Н.С. Физическая химия [Электронный ресурс] : учеб. для бакалавров, учеб. для студ. вузов / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. - ЭВК. - М. : Юрайт, 2012. - (Бакалавр). - Режим доступа: . - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9916-1293-7 :
3. Шмидт, Ф.К. Основы статистической физики и термодинамики для химиков [Текст] : учеб. пособие для обуч. по напр. подгот. 04.04.01 - "Химия" / Ф. К. Шмидт, Л. Б. Белых ; рец.: В. С. Ткач, С. А. Скорникова ; Иркутский гос. ун-т, Хим. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. - 320 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 319-320. - ISBN 978-5-9624-1272-6 : 39 экз.

**в) периодические издания (при необходимости)**

**г) список авторских методических разработок:**

*в ЭИОС ИГУ размещены методические указания к лабораторным работам:*

1. Скрипов Н.И., Степанова Т.П. Гетерогенные фазовые равновесия (учебное пособие). Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2013. – 100 с.
2. Быков М.В. Математическая и графическая обработка физико-химических данных / М.В. Быков, Д.С. Суслов, В.С. Ткач – Иркутск: изд-во ИГУ, 2015. – 100 с. (50 экз)
3. Макаров В.А. Термохимия (методические рекомендации к практикуму). Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2005. – 32 с.
4. Макаров В.А. Фазовые равновесия одно- и двухкомпонентных систем. (методические рекомендации к практикуму). Растворы. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2006. – 40 с.

**д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.msu.ru/libraries/>

Данный интернет источник – сайт научной библиотеки Московского государственного университета.

2. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/phys.html>

Данный интернет источник – сайт Московского государственного университета (страница кафедры физической химии), на котором представлены

1. лекции **проф. М.В.Коробов**

[Физическая химия. Общий курс.](#)

2. **Еремин В.В., Каргов С.И., Кузьменко Н.Е.**

[Задачи по физической химии. Часть 1. Химическая термодинамика](#)

3. **Семиохин И.А.**

[Сборник задач по химической термодинамике \(часть I\)](#)

4. **Семиохин И.А.**

[Сборник задач по химической термодинамике \(часть II\)](#)

5. **Толмачев А.М.**

["Термодинамика адсорбции газов, паров и растворов"](#) (Учебно-методическое пособие)

6. **Агеев Е.П.**

[Неравновесная термодинамика в общем курсе физической химии\(конспект лекций\)](#)

Файл в формате PDF (267 Кб)

7. **Васильева И.А., Дуров В.А, Еремин В.В., Рудный Е.Б., Шевельков В.Ф., Шилов И.Ю.**

[Задачи по статистической термодинамике с решениями](#)

8. **Новаковская Ю.В.**

[Определение термодинамических и кинетических характеристик элементарных реакций на основании квантово-химических расчетов](#)

9. **Рощина Т. М.**

[Применение газовой хроматографии для определения термодинамических характеристик сорбции](#)

10. **Ланин С.Н., Новоселов А.И., Батунова С.А**

[Расчет изотерм сорбции хроматографических данных](#)

(методическая разработка для студентов 3 курса, выполняющих лабораторные работы в практикуме по физической химии) Файл в формате PDF (1215 Кб)

## VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой и реактивами, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 303, 402, 426); ауд. 5, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU.

- компьютерный класс кафедры физической и коллоидной химии (ауд. 303). Общее количество единиц вычислительной техники – 5: Pentium IV – 1 шт.; Pentium III – 1 шт.; Pentium I – 3 шт. Имеется локальная сеть.

лабораторные практикумы (ауд. 308, 309, 313) по физической химии, оснащенные следующим оборудованием:

№ п/п	Наименование	Количество
1	2	3
1	Вытяжной шкаф	6
2	Калориметрическая установка KL-5	1
3	Калориметр	6
4	Мешалка с электроприводом ТУР ML -2	3
5	Пресс для таблетирования	1
6	Сосуды Дьюара	4
7	Термометр Бэкмана	17
8	Магнитная мешалка	7
9	Мешалка электрическая	9
10	Вакуумная установка	1
11	Вакуумный насос ЗНВР - 10	1
12	Ультратермостат UTU -4	4
13	Установка для определения температуры кипения	2
14	Рефрактометр ИРФ-22	2
15	Тензиметр для определения давления насыщенного пара	10
16	Тензиметр для определения давления диссоциации кристаллогидрата	2
17	Сушильный шкаф СНОЛ -3,5	3
18	Торсионные весы WAGA TORSYINA - WT	3
19	Весы тип КОА 10	1
20	Технические весы ВЛТК -500	1
21	Штативы	18
22	Кипятильник	3
23	Секундомер	8

24	Термометр (0-100)	10
25	Штатив с пробирками	4
26	Набор химической посуды (плоскодонные колбы, стаканы, мерные колбы, бюретки т.д.) и реактивы	
27	Лабораторные столы	34
28	Письменные столы	18

## 6.2. Программное обеспечение:

## 6.3. Технические и электронные средства:

### VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе изучения дисциплины «Физическая химия. Химическая термодинамика» читаются лекции, проводятся контрольные и лабораторные работы, коллоквиумы, разбор конкретных ситуаций с использованием пассивных, активных и интерактивных форм обучения.

*Активные формы обучения.* На лабораторных занятиях, которые составляют более половины от контактной работы, каждый студент выполняет лабораторную работу индивидуально. Такой вид организации обучения способствует приобретению навыков самостоятельного ведения экспериментальных работ, практических навыков обращения и работы с различными химическими веществами и лабораторным оборудованием, измерительной аппаратурой, организации методики экспериментальных работ, составления протоколов отчетов химических экспериментов, а также практического подтверждения теоретических положений химической термодинамики. Подготовка отчетов по каждой лабораторной работе формирует умение проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках химической термодинамики, представлять результаты опытов и расчетных работ, грамотно формулировать выводы.

Закрепление теоретических положений химической термодинамики (основных законов и закономерностей, определяющих направление и результат протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах) проводится в виде интерактивного обучения – коллоквиумов, и выполнения расчетных задач.

#### Наименование тем занятий с использованием интерактивных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Первый закон термодинамики	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / коллоквиум	4
2	Второй закон термодинамики	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / коллоквиум	4
3	Термодинамика растворов	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / коллоквиум	4
4	Фазовые равновесия	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / коллоквиум	4
5	Химические равновесия	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / коллоквиум	4
Итого часов				<b>20</b>

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Оценочные средства (ОС):

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить у обучающихся сформированность компетенций: ОПК-1; ОПК-2; ОПК-6.

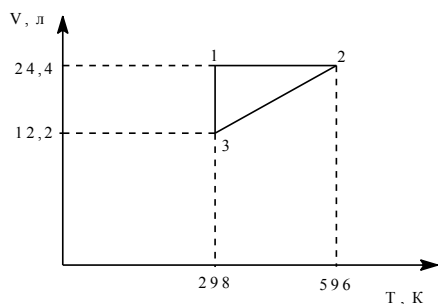
### Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР.	Первый закон термодинамики	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6
2	Собеседование в форме коллоквиума. Контрольная работа	Первый закон термодинамики	ОПК-1
3	Собеседование в форме коллоквиума. Контрольная работа	Второй закон термодинамики	ОПК-1
4	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР.	Термодинамика растворов	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6
5	Собеседование в форме коллоквиума. Контрольная работа	Термодинамика растворов	ОПК-1
6	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР.	Фазовые равновесия	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6
7	Собеседование в форме коллоквиума. Практические задания	Фазовые равновесия	ОПК-1
8	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР.	Химические равновесия	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6
9	Собеседование в форме коллоквиума. Контрольная работа	Химические равновесия	ОПК-1

### Демонстрационный вариант контрольной работы №1

*Задача 1.* Один моль одноатомного идеального газа проведен через обратимый цикл, показанный на рисунке





Данные приведены в табл. 1

Точка	P, атм.	V, л	T, °K
1	1	24,4	298
2		24,4	596
3		12,2	298

Рассчитать  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ , Q и A для каждого из приведенных процессов и для полного цикла.

Данные свести в таблицу 2.

Стадия	Характер процесса	Q	A	$\Delta U$	$\Delta H$
1→2	Изохорный				
2→3	Изобарный				
3→1	Изотермический				
Полный цикл					

*Задача 2.* Рассчитайте теплоту, работу, изменение внутренней энергии и изменение энтальпии при испарении 200 г воды при 373 К, если мольная теплота парообразования равна 40684 Дж/моль. Считать пар идеальным, объемом жидкости пренебречь.

## Демонстрационный вариант контрольной работы №2

**Задача 1:** Определить теплоту сгорания ацетилена, если теплота его образования равна 226,772 кДж/моль.

**Задача 2.** Рассчитайте стандартный тепловой эффект реакции  $\Delta_r H_{298}^\circ$  :  
 $S_{2(\varepsilon)} + 2 H_{2(\varepsilon)} = 2 H_2 S_{(\varepsilon)}$ . Составьте уравнения температурной зависимости  $\Delta C_p = f(T)$ ,  
 $\Delta_r H_T^\circ = f(T)$ . Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 600 К. Необходимые данные возьмите из справочника.

**Задача 3.** Рассчитайте тепловой эффект процесса смешения 0.5 кг 20%-ной серной кислоты и 1 кг 60%-ной серной кислоты. Необходимые данные возьмите из справочника.

## Демонстрационный вариант контрольной работы №3

**Задача 1.** 200 г олова (теплоемкость 25,55 Дж/моль·град.) с исходной температурой 100 °С и 100 г воды (теплоемкость 75,41 Дж/моль·град) с исходной температурой 25 °С погружены вместе в калориметр. Приняв, что теплоемкость постоянна и что тепло не было потеряно или получено от окружающей среды или калориметра, найдите: а) конечную температуру системы; б) изменение энтропии для олова; в) изменение энтропии для воды изменение энтропии для олова и воды.

**Задача 2.** Молярная теплоемкость газообразного метана выражается уравнением:  
 $C_p = 17.518 + 60.69 \times 10^{-3} T$  Дж/моль К. Стандартная энтропия метана при 298 К равна 167.73 Дж/моль К. Определите энтропию 1 л метана при 800 К и давлении 1 бар.

**Задача 3.** Рассчитайте  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$  и  $\Delta F$  для следующего процесса:  
1 моль воды (ж., -10 °С, 1 атм.)  $\rightarrow$  1 моль воды (тв., -10 °С, 1 атм.),  
имея следующие данные: молярная энтальпия плавления воды при 0 °С и 1 атм составляет 6,016 кДж/моль,  $C_{p(\text{ж})} = 75,41$  Дж/моль·К;  $C_{p(\text{тв})} = 37,29$  Дж/моль·К.

## Демонстрационный вариант контрольной работы №4

**Задача 1.** В 1 кг воды растворено 0.0684 кг сахара ( $M = 342$  г/моль). Вычислите давление пара этого раствора при 373 К. Рассчитайте температуру кипения его, если теплота испарения воды при температуре кипения равна  $2256.7 \cdot 10^3$  Дж/кг.

**Задача 2.** Температура замерзания раствора, содержащего 2.6152 г эфира этиленгликоля в 0.1 кг воды, ниже температуры замерзания воды на 0.5535°. Определите молярную массу эфира, если теплота плавления воды 6029 Дж/моль.

**Задача 3.** Определите парциальный объем метанола, если плотность 60%-ного раствора спирта при 293 К равна 0.8946 г/см<sup>3</sup>, парциальный объем воды в этом растворе 16.8 см<sup>3</sup>/моль.

## Демонстрационный вариант контрольной работы №5

**Задача 1.** В каком направлении пойдет реакция  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$  при 1000 К, если начальный состав газов (в мол. %) равен: CO - 10%; H<sub>2</sub>O - 25; CO<sub>2</sub> - 3%; H<sub>2</sub> - 10%; N<sub>2</sub> - 52%. Константа равновесия при этой температуре  $K_p = 1.39$ ; общее давление - 1 атм.

**Задача 2.** При 2000 °С и общем давлении 1 атм 2% воды диссоциировано на водород и

кислород:  $\text{H}_2\text{O}_{(г)} \Leftrightarrow \text{H}_{2(г)} + 1/2\text{O}_{2(г)}$ . Рассчитайте константу равновесия данной реакции при этих условиях.

*Задача 3.* Рассчитайте стандартную энергию Гиббса реакции  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ , проходящей при температуре 700 К и давлении 1 бар, по методу Темкина-Шварцмана.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

### Коллоквиум №1. Первый закон термодинамики. Термохимия

1. Предмет термодинамики. Основные понятия термодинамики: система, типы систем; работа, теплота, экстенсивные и интенсивные величины; параметры состояния, функции состояния, функции процесса, процессы циклические и нециклические.
2. Первый закон термодинамики: формулировки и аналитические выражения. Внутренняя энергия и энтальпия.
3. Приложение первого закона термодинамики к простейшей физической системе - идеальному газу. Политропные процессы.
4. Обратимые и необратимые процессы. Равновесные и неравновесные состояния.
5. Приложение первого закона термодинамики к химическим процессам. Закон Гесса. Тепловые эффекты химических процессов при постоянном объеме и постоянном давлении.
6. Термохимические уравнения. Теплота (энтальпия) образования вещества. Теплота сгорания.
7. Стандартные состояния. Методы расчета стандартных тепловых эффектов. Следствия из закона Гесса.
8. Интегральная и дифференциальная теплота растворения. Энтальпия образования ионов. Теплота сольватации ионов. Теплота нейтрализации.
9. Теплоемкость. Виды теплоемкости и их зависимость от температуры. Зависимость теплового эффекта от температуры. Формула Кирхгоффа и расчет теплового эффекта при нестандартной температуре.
10. Постоянная калориметра. Определение тепловых эффектов. Теплота образования кристаллогидратов и ее измерение.

### Коллоквиум №2. Второй закон термодинамики

1. Сущность второго закона термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики. Энтропия. Экстенсивный фактор теплоты. Аналитическое выражение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Цикл Карно. Некомпенсированная теплота Клаузиуса.
2. Энтропия как функция состояния. Расчет изменения энтропии при различных процессах. Расчет изменения энтропии изолированных систем при необратимых процессах.
3. Термодинамические потенциалы: U, H, F, G. Энергии Гельмгольца и Гиббса и их свойства.
4. Метод характеристических функций в термодинамике.
5. Уравнения Максвелла и их использование для вывода различных термодинамических соотношений.
6. Уравнение Гиббса - Гельмгольца. Зависимость F и G от параметров состояния.
7. Химический потенциал. Химический потенциал идеального и неидеального газов. Метод летучести. Вычисление летучести из опытных данных.

### **Коллоквиум №3. Термодинамика растворов неэлектролитов**

1. Определение растворов и способы выражения концентрации растворов.
2. Парциальные молярные величины. Уравнение Гиббса - Дюгема и его использование в термодинамике растворов.
3. Термодинамика идеальных растворов. Закон Рауля, Генри.
4. Осмотическое давление.
5. Зависимость растворимости твердых тел от температуры.
6. Криоскопия и эбулиоскопия и их применение для определения молекулярных весов.
7. Термодинамика реальных растворов. Метод активностей. Выбор стандартного состояния при определении коэффициента активностей.
8. Связь между активностями и коэффициентами активностей в бинарных растворах. Уравнение Дюгема-Маргулеса.

### **Коллоквиум №4. Термодинамика фазовых превращений**

1. Гетерогенные фазовые равновесия. Основные понятия: фаза, составная часть, число компонентов, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса и его вывод.
2. Термодинамика однокомпонентных систем. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона - Клаузиуса и его применение к различным фазовым переходам первого рода.
3. Двухкомпонентные системы. Диаграммы кипения. Законы Гиббса-Коновалова. Разделение веществ путем простой перегонки и ректификации. Азеотропные смеси и их свойства.
4. Физико- химический анализ, его сущность и применение.
5. Диаграммы плавления двухкомпонентных систем и их анализ на основе правила фаз. Диаграммы состояния с простой эвтектикой; неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии; ограниченной растворимостью в жидком и твердом состоянии эвтектического и перетектического типов; с образованием химических соединений с конгруэнтной и инконгруэнтной температурой плавления; с полиморфным превращением компонентов.
6. Треугольник Гиббса. Диаграммы растворимости и плавкости трехкомпонентных систем.

### **Коллоквиум №5. Химическое равновесие**

1. Термодинамика химического равновесия. Химическое сродство. Равновесие в системе типа:  $aA_T \rightleftharpoons bB_T$ ;  $aA_T \rightleftharpoons bB_T$ ;  $aA_T \rightleftharpoons bB_T$ .
2. Вывод изотермы Вант- Гоффа. Термодинамическая трактовка о химическом сродстве.
3. Виды констант равновесия и связь между ними.
4. Зависимость константы равновесия от температуры. Дифференциальная и интегральная форма изохоры и изобары Вант- Гоффа.
5. Расчет констант равновесия при стандартной и нестандартной температурах.
6. Расчет равновесного состава.
7. Влияние давления на равновесный состав. Принцип Ле Шателье - Брауна.
8. Гетерогенные химические равновесия и особенности их термодинамического описания.
9. Химическое равновесие в реальных газах.

Промежуточная аттестация (*экзамен*) проводится в форме устного собеседования или в виде тестовых заданий с открытыми вопросами.

Промежуточная аттестация (*зачет*) проводится с использованием бально-рейтинговой системы оценивания результатов обучения.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ К ЭКЗАМЕНУ

1. Первый закон термодинамики и его приложение к физическим и химическим системам.
2. Расчет тепловых эффектов химических реакций при стандартной и нестандартной температурах. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа.
3. Теплоты растворения и образования ионов. Энергия сольватации ионов. Цикл Борна-Хабера.
4. Теплоемкость и ее зависимость от температуры. Связь  $C_p$  и  $C_v$  для идеального газа. Уравнение Майера.
5. Политропные процессы.
6. Формулировка и аналитическое выражение второго закона термодинамики. Цикл Карно. Применение второго закона термодинамики к изолированной системе.
7. Энтропия как функция состояния. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией.
8. Расчет изменения энтропии при различных обратимых процессах. Расчет изменения энтропии изолированных систем при необратимых процессах.
9. Термодинамические потенциалы.
10. Расчет  $\Delta G$  и  $\Delta F$  в физических процессах.
11. Характеристические функции. Условия и критерии самопроизвольного протекания процессов, выраженные через характеристические функции.
12. Уравнения Максвелла и их использование для вывода различных термодинамических соотношений
13. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.
14. Химические потенциалы.
15. Тепловой закон Нернста. Постулаты Планка. Третий закон термодинамики. Расчет абсолютного значения энтропии. Расчет изменения энтропии в химических процессах при стандартной и нестандартной температуре.
16. Химическое равновесие в системах типа:  
а)  $aA_{тв.} = bB_{тв.}$       б)  $aA_{газ} = bB_{газ}$       в)  $aA_{тв.} = bB_{газ}$ .
17. Термодинамический вывод закона действующих масс. Уравнение изотермы реакции Вант-Гоффа.
18. Виды констант равновесия и связь между ними. Связь констант равновесия со стандартными изменениями энергии Гиббса и Гельмгольца.
19. Методы расчета констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций.
20. Зависимость константы равновесия от температуры. Изобара и изохора Вант-Гоффа.
21. Влияние давления на равновесный состав. Управление химическим равновесием. Принцип Ле Шателье - Брауна.
22. Расчет равновесного состава.
23. Гетерогенные химические равновесия и особенности их термодинамического описания.
24. Гетерогенные химические равновесия в реальных системах. Методы определения и вычисления коэффициента летучести (активности).
25. Парциальные молярные величины и уравнения Гиббса-Дюгема.

26. Термодинамический вывод закона Рауля и закона Генри для идеальных растворов.
27. Растворимость твердых веществ в идеальных и предельно разбавленных растворах. Уравнение Шредера.
28. Коллигативные свойства растворов. Криоскопия и эбуллиоскопия.
29. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа, его термодинамический вывод
30. Термодинамика реальных растворов. Атермальные и регулярные растворы и их свойства. Метод активностей. Выбор стандартных состояний при определении химических потенциалов.
31. Использование уравнения Гиббса-Дюгема для расчетов активностей и коэффициентов активностей
32. Микро- и макросостояние системы. Статистический ансамбль Гиббса. Основные постулаты статистической термодинамики.
33. Расчет числа микросостояний по Больцману. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Формула Больцмана
34. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы.
35. Статистическая сумма по состояниям и ее связь с термодинамическими функциями:  $U$ ,  $H$ ,  $S$ ,  $F$  и  $G$ .
36. Сумма по состояниям поступательного движения.  $U$ ,  $H$ ,  $S$ ,  $C_p$  и  $C_v$ ,  $F$  и  $G$  поступательного движения.
37. Сумма по состояниям вращательного и колебательного движений.  $U$ ,  $H$ ,  $C_p$ ,  $C_v$ ,  $S$ ,  $F$  и  $G$  вращательного и колебательного движений.
38. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики.
39. Термодинамика агрегатных равновесий. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и его применение к различным фазовым переходам первого рода.
40. Правило фаз Гиббса и его применение при анализе равновесий.
41. Однокомпонентные системы. Диаграмма состояния воды, серы, фосфора и их описание с применением правила фаз Гиббса.
42. Термодинамический вывод законов Коновалова. Разделение веществ путем ректификации. Азеотропные смеси и их свойства.
43. Диаграмма кипения в случае полной растворимости компонентов в жидком состоянии их описание с применением правила фаз Гиббса.
44. Диаграмма кипения в случае полной нерастворимости компонентов в жидком состоянии их описание с применением правила фаз Гиббса.
45. Диаграмма плавления двухкомпонентных систем с простой эвтектикой.
46. Диаграмма плавления двухкомпонентных систем, образующие а) неограниченно и ограниченно растворимые твердые растворы, б) химические соединения с конгруэнтной и инконгруэнтной точкой плавления.
47. Диаграммы растворимости и плавкости трехкомпонентных систем. Треугольник Гиббса

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Процедура оценивания
ОПК-1,2 Предлагает интерпретацию	<b>Знает:</b> теоретические основы химической термодинамики и	Собеседование в форме коллоквиума.

результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	практическое применение выводов термодинамики для решения конкретных задач при описании свойств растворов, фазовых, химических превращений и адсорбционных явлений.	Выполнение практических и контрольных работ.
	<b>Умеет:</b> проводить обработку и первичный анализ результатов с применением теоретических основ химической термодинамики и выводов их практического применения	Собеседование в форме коллоквиума. Выполнение практических и контрольных работ. Отчеты по лабораторным работам.
	<b>Умеет:</b> формулировать выводы	Собеседование в форме коллоквиума. Отчеты по лабораторным работам.
ОПК-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<b>Знает:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами, применяемыми в работах по химической термодинамике	Выполнение лабораторных работ.
ОПК-2.3 Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	<b>Умеет:</b> работать на стандартном оборудовании, применяемом при проведении термохимических исследований, изучении свойств растворов, фазовых и химических равновесий	Выполнение лабораторных работ.
	<b>Владеет:</b> приемами организации методики работ при решении задач в области химической термодинамики.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ.
ОПК-6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	<b>Знает:</b> правила представления результатов термохимических экспериментов, исследований свойств растворов, фазовых и химических равновесий в виде отчета	Выполнение лабораторных работ.
	<b>Умеет:</b> представить результаты опытов термохимических экспериментов, исследований свойств растворов, фазовых и химических равновесий в виде отчета согласно требованиям в данной области химии.	Отчеты по лабораторным работам.

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

*а) промежуточная аттестация - зачет*

В соответствии с бально-рейтинговой системой ИГУ для получения зачета по дисциплине «Физическая химия. Химическая термодинамика» студенту необходимо набрать не менее 60 баллов.

1. Обязательным условием является выполнение студентом 11 лабораторных работ по данной дисциплине, подготовка и сдача отчетов по ЛР. В зависимости от уровня сложности ЛР оценивается в 4 балла. При выполнении лабораторных работ оценивается техника выполнения ЛР, оформление отчетов, включающее расчеты термодинамических и физических величин, вывод размерности, представление графического материала, выполнение практических заданий по теме ЛР.
2. Предусмотрено 5 собеседований по теоретическому материалу в виде коллоквиумов. Каждая тема оценивается максимум в 5 баллов.
3. Предусмотрено 5 практических заданий в виде контрольных работ. Каждая контрольная работа оценивается максимум в 5 баллов.

Для получения зачета по дисциплине необходимо выполнить лабораторные работы, оформить отчеты, ответить на вопросы текущего контроля. Необходимо набрать минимум 60 баллов.

б) промежуточная аттестация - экзамен

**Оценка «отлично»:**

сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач.

**Оценка «хорошо»:**

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач.

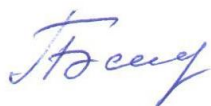
**Оценка «удовлетворительно»:**

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач.

**Оценка «неудовлетворительно»:**

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач.

**Разработчики:**



профессор Л.Б. Белых

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.03.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физической и коллоидной химии «26» мая 2022 г.



Протокол № 7 И.о. зав. кафедрой



/ Л.Б. Белых /

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*