

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о проректора по учебной работе  
Ф.Д. Кодзоева  
«30» июня 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.В.10 «Термодинамика растворов»**

Направление подготовки  
**04.04.01 Химия**

Направленность (профиль подготовки)  
**Физическая химия**

Квалификация выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

г. Магас, 2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Термодинамика растворов» являются:

- обучение современным представлениям о термодинамике растворов для решения фундаментальных и прикладных химических задач;
- ознакомить студентов с современными способами описания термодинамических свойств растворов электролитов и неэлектролитов;
- научить планировать эксперимент и обрабатывать экспериментальные данные для получения максимально возможного объема информации о свойствах изучаемых систем;
- научить решать несложные задачи и знать необходимые численные методы решения таких задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Термодинамика растворов» относится к Блоку 1, части, формируемой участниками образовательных отношений; изучается в 4 семестре.

Таблица 2.1.

**Связь дисциплины «Термодинамика растворов» с предыдущими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Термодинамика растворов»	Семестр
Б1.В.ОД.5	Статистическая термодинамика конденсированных систем	1
Б1.В.ОД.3	Химическая термодинамика и фазовые равновесия	2
Б1.В.ОД.9	Современные методы химического анализа	3

**В результате освоения дисциплины магистрант должен**

**Знать:**

- современные способы аналитического описания термодинамических свойств фаз переменного состава, возможности и ограничения термодинамических моделей растворов, источники необходимых данных, способы использования результатов расчетов.

**Уметь:**

- описывать растворы на языке термодинамических понятий и количественных соотношений; привлекать внутермодинамические данные для проверки корректности термодинамических моделей, решать несложные задачи и использовать их результаты для предсказания результатов процессов с участием фаз переменного состава.

**Владеть:**

- навыками поиска недостающей информации и ее анализа, существующими стандартными методами термодинамических расчетов.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

а) универсальные (УК) – УК-1

б) общепрофессиональных (ОПК) - ОПК-1;

в) профессиональных (ПК) - ПК-3.

Таблица 3.1.

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины «Статистическая термодинамика конденсированных систем», с временными этапами освоения ее содержания**

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
<i>Универсальные компетенции (УК) и индикаторы их достижения:</i>			
<b>УК-1.</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<b>Знать:</b> свои личностные особенности и ресурсы <b>Уметь:</b> адекватно оценивать свои способности и возможности с соответствием конкретной ситуации <b>Владеть:</b> навыками самодиагностики личностных коммуникативных способностей в деловом взаимодействии

		<p>УК-2 Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников</p>	<p><b>Знать:</b> способы самосовершенствования своей деятельности с учетом своих личностных, деловых, коммуникативных качеств.</p> <p><b>Уметь:</b> определять приоритеты личностного и профессионального роста.</p> <p><b>Владеть:</b> приемами целеполагания и планирования своей профессиональной</p>
		<p>УК-3. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>	<p><b>Знать:</b> возможные варианты решения типичных задач.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать инструменты непрерывного самообразования.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками саморазвития и самообразования</p>

**Общепрофессиональные компетенции (ОПК) и индикаторы их достижения**

<b>ОПК-1</b>	Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и без данных профессионального назначения	<p><b>ОПК-1.1.</b> Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их</p>	<p><b>Знать:</b> стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, правила ТБ</p> <p><b>Владеть:</b> базовыми навыками проведения Химического эксперимента и оформления его результатов</p> <p><b>Уметь:</b> проводить простые химические опыты по предлагаемым методикам</p>
		<p><b>ОПК-1.2.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</p>	<p><b>Знать:</b> методы получения, идентификации Исследования веществ (материалов), Стандартные обработки результатов эксперимента</p> <p><b>Владеть:</b> навыками проведения эксперимента и методами обработки его результатов</p> <p><b>Уметь:</b> проводить многостадийный синтез, выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения, обрабатывать результаты</p>

			эксперимента
<b>ПК-3</b>	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<p><b>ПК-3-1.</b> Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет литературными данными.</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов</p>	<p><b>Знать:</b> принципы работы на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований.</p> <p><b>Уметь:</b> работать на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований, выбирать средства измерений, методику анализа, оценивать уровень загрязнений; анализировать современные материалы и средства регистрации информации; делать выбор средств и материалов регистрации информации при проведении научных исследований.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками выбора оптимального метода исследования функциональных материалов в зависимости от объема и целей исследования для решения поставленных задач на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 4.1.

Вид учебной работы	Всего часов	4 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия	120	120
Лекции	60	60
Лабораторные занятия	60	60
Самостоятельная работа студентов	24	24

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ  
(РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА  
АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ  
ЗАНЯТИЙ**

**Таблица 5.1.**

**Структура и содержание дисциплины**

п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (час)				Формы контроля
			Лекции	Лабо- ратор- ные работы	Самос- тояте- льные работы		
1.	Уравнения состояния. Термодинамические свойства растворов.	4	6	6	2		Тестир.
2.	Системы сравнения, влияние их выбора на количественные характеристики свойств растворов.	4	6	6	4		Опрос
3.	Уравнение Гиббса-Дюгема.	4	8	8	2		Коллоквиум
4.	Критические явления в растворах.	4	8	8	4		Опрос
5.	Модели растворов неэлектролитов.	4	8	8	3		Тестир.
6.	Модели растворов электролитов.	4	8	8	3		Тестир.
7.	Модель ассоциированных растворов.	4	8	8	3		Коллоквиум
8.	Решеточные модели.	4	8	8	3		Опрос
	<b>Итого:</b>		<b>60</b>	<b>60</b>	<b>24</b>		

**Таблица 5.2.**

## Конкретизация результатов освоения дисциплины

<b><i>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</i></b>		
<b>Знать:</b> виды основных информационных источников, нормативных правовых документов в области химии и химической технологии; методы и способы решения проблемных ситуаций; основные этапы и закономерности развития химической науки, систему фундаментальных химических понятий и методологических аспектов физической химии; принципы анализа полученных данных	<b>Уметь:</b> применять к конкретному фактическому материалу теоретические знания, необходимые для решения проблемных ситуаций; выявлять недостаточность и недостоверность информации при решении проблемных ситуаций.	<b>Владеть:</b> навыками использования источников информации для решения проблемных ситуаций; навыками решения типичных, наиболее часто встречающихся проблемных ситуаций.
<b><i>ОПК-1 Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения</i></b>		
<b>Знать:</b> современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии	<b>Уметь:</b> использовать современные расчетные методы для решения задач в области химии	<b>Владеть:</b> методиками получения и характеристики веществ и материалов для решения профессиональных задач
<b><i>ПК-3 Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы в избранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук</i></b>		
<b>Знать:</b> методы планирования и организации работы коллектива в рамках научных и научно-технических проектов по физической химии	<b>Уметь:</b> оценивать результаты НИР и НИОКР, перспективы их практического применения в различных областях физической химии	<b>Владеть:</b> методами решения проблем физической химии на основе современных концепций естествознания

## Содержание дисциплины «Термодинамика растворов»

**Уравнения состояния.** Фугитивность чистой жидкости. Описание растворов с помощью уравнений состояния. Правила смешения для смесей жидкостей.

**Термодинамические свойства растворов.** Парциальные мольные свойства (ПМС) гомогенных и гетерогенных систем. Способы определения ПМС. Системы отсчета термодинамических свойств растворов. Классификация растворов. Строгорегулярные, субрегулярные и атермальные растворы, как частный случай полиномиального представления избыточной энергии Гиббса раствора.

**Системы сравнения, влияние их выбора на количественные характеристики свойств растворов.** Симметричная и асимметричная системы сравнения. Коэффициенты активности, их расчет в разных системах сравнения. Расчет коэффициентов активности по результатам изучения гетерогенных равновесий.

**Уравнение Гиббса-Дюгема.** Интегрирование уравнения Гиббса-Дюгема в двухкомпонентных системах. Особенности интегрирования уравнения Гиббса-Дюгема в тройных системах. Методы Даркена и Вагнера.

**Критические явления в растворах.** Особенности записи условий фазового равновесия при разных способах выбора стандартного состояния компонентов раствора. Расслаивание жидкостей. Критические явления в растворах.

**Модели растворов неэлектролитов.** Модели локального состава: Вильсона, Ван-Лаара.

**Модели растворов электролитов.** Модели Питцера, Питцера-Симонсона.

**Модель ассоциированных растворов.** Общие представления. Идеально ассоциированный раствор (на примере сплавов Mg-Sn).

**Решеточные модели.** Решеточные модели жидкости. Модель подрешеток при описании термодинамических свойств твердых растворов. Вывод выражения для конфигурационной энтропии (гипотеза Темкина).

Расчет термодинамических свойств трехкомпонентных растворов на основании данных о граничных бинарных системах. Расчет термодинамических свойств трехкомпонентных растворов на основании данных о граничных бинарных системах. Симметричные методы: Колера, Колинэ, Муггиани. Асимметричные методы: Бонье, Тупа, Хиллерта. Метод изопотенциалов. Метод Редлиха-Кистера.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются традиционные образовательные технологии (лекции, семинары, практические работы) и активные инновационные образовательные технологии:

1. Семинар в диалоговом режиме применяется в основном при обсуждении выступлений магистрантов с докладами (рефератами)
2. Групповой разбор результатов контрольных работ
3. Встречи с сотрудниками и руководителями профильных лабораторий и предприятий - потенциальными работодателями выпускников.

В целом при изучении курса активные и интерактивные формы проведения занятий составляют не менее 30% аудиторных занятий.



## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Перечень-учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

1. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В Основы физической химии. Теория и задачи. М.: МГУ, 2005.
2. Стромберг А.Г., Д.П. Семченко. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1999г.
3. Полтораки О.М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа, 1991г

Лекционные занятия проводятся 2 раз0 в неделю в объеме 4 часов и 4 часа лабораторных занятий в 4-ом семестре. После окончания изучения каждой темы магистранты проходят тестирование, выполняют контрольные работы.

7.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Таблица 7.1.**

### Содержание самостоятельной работы обучающихся

<i>№№ п/п</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изу- чение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Уравнения состояния. Термодинамические свойства растворов.	2	собеседование
2.	Системы сравнения, влияние их выбора на количественные характеристики свойств растворов.	4	собеседование
3.	Уравнение Гиббса-Дюгема.	2	собеседование
4.	Критические явления в растворах.	4	собеседование
5.	Модели растворов неэлектролитов.	3	собеседование
6.	Модели растворов электролитов.	3	собеседование
7.	Модель ассоциированных растворов.	3	собеседование

8.	Решеточные модели.	3	собеседование
----	--------------------	---	---------------

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### *Примерные тесты*

1. Энергия Гиббса рассчитывается по формуле:

1)  $S = k \cdot \ln w$

2)  $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$

3)  $\Delta F = \Delta U - T \Delta S$

4)  $Q = \Delta U + A$

5)  $\Delta S = \Delta H/T$

2. Процесс, протекающий при постоянной температуре, называется

1) изобарическим    3) изотермическим    5) изобарно-изотермическим

2) изохорическим    4) адиабатическим

3. Характеристическая функция  $H = U + p \cdot V$  называется

1) энтропией    3) изобарно-изотермическим потенциалом

2) энтальпией    4) свободной энергией Гиббса

5) свободной энергией Гельмгольца

4) Мерой неупорядоченности состояния системы служит термодинамическая функция, получившая название

1) энтальпии    2) энтропии    3) энергии Гельмгольца    4) теплового эффекта реакции

5) энергии Гиббса

5. Согласно второму закону термодинамики, в изолированных системах самопроизвольно идут процессы, которые сопровождаются возрастанием

1) энтальпии    2) энтропии    3) внутренней энергии    4) объема    5) температуры

6. Экзотермическими являются реакции:

- 1)  $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \Delta H^0_{\text{реакции}} = +164,9 \text{ кДж/моль}$
- 2)  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \Delta H^0_{\text{реакции}} = -103,9 \text{ кДж/моль}$
- 3)  $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 \Delta H^0_{\text{реакции}} = -98,8 \text{ кДж/моль}$
- 4)  $1/2\text{Na}_2\text{O} + 1/2\text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} \Delta H^0_{\text{реакции}} = -68,4 \text{ кДж/моль}$
- 5)  $2\text{Cu}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 \Delta H^0_{\text{реакции}} = +163,2 \text{ кДж/моль}$

7. «Тепловой эффект реакции зависит от природы и состояния исходных веществ и конечных продуктов, но не зависит от пути реакции, то есть от числа и характера промежуточных стадий».

Приведённое выражение представляет собой:

- 1) закон Ома 2) закон Ньютона 3) закон Гесса 4) закон Авогадро 5) закон Фарадея

8. Тепловой эффект образования 1 моль вещества из простых веществ, устойчивых при температуре 298К и давлении 100 кПа, называется

- 1) свободной энергией Гиббса
- 2) свободной энергией Гельмгольца
- 3) энтальпией образования
- 4) энтальпией сгорания
- 5) энтропией

9. Самопроизвольный процесс в любом температурном интервале возможен при условии:

- 1)  $\Delta H < 0, \Delta S > 0$
- 2)  $\Delta H < 0, \Delta S < 0$
- 3)  $\Delta H > 0, \Delta S > 0$
- 4)  $\Delta H > 0, \Delta S < 0$
- 5)  $\Delta H > 0, \Delta S = 0$

10. Процесс, протекающий при постоянном давлении, называется:

- 1) изотермическим 2) изобарным 3) изохорным 4) адиабатным 5) изобарно-изотермическим

11. В условиях постоянства температуры и давления химическая реакция не может протекать самопроизвольно, если

- 1)  $\Delta G < 0,$  3)  $\Delta H < 0,$  5)  $\Delta S < 0$

2)  $\Delta G > 0$ ,      4)  $\Delta H > 0$ ,

12. Первый закон термодинамики:

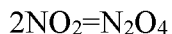
1)  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$     3)  $\Delta U = U_2 - U_1$     5)  $\Delta S = \Delta H/T$

2)  $Q = \Delta U + A$     4)  $S = k \cdot \ln w$

13. Веществом, для которого стандартная энтальпия образования равна нулю, является

1) этанол    2) кислород    3) хлороводород    4) сероводород    5) серная кислота

14. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны значения энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:



$$\Delta H^0_{\text{обр.}} 33,9 \text{ и } 9,4 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энтальпии указанной реакции составляет:

1)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = +58,4 \text{ кДж}$

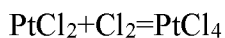
2)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = -58,4 \text{ кДж}$

3)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = -24,5 \text{ кДж}$

4)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = +24,5 \text{ кДж}$

5)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = +28,4 \text{ кДж}$

15. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны значения энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:



$$\Delta H^0_{\text{обр.}} -118,0 \text{ и } -226,0 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энтальпии в указанной реакции составляет:

1)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = 108,0 \text{ кДж}$

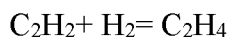
2)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = 344,0 \text{ кДж}$

3)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = -344,0 \text{ кДж}$

4)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = 25,0 \text{ кДж}$

5)  $\Delta H^0_{\text{реакции}} = -108 \text{ кДж}$

16. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны значения энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:



$$\Delta H^0_{\text{обр.}} 226,8 \text{ } 52,3 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энтальпии в указанной реакции составляет

1) +174,5 кДж

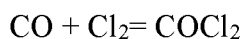
2) -174,5 кДж/моль

3) +279,1 кДж/моль

4) -279,1 кДж/моль

5) -87,2 кДж/моль

17. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны значения энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции



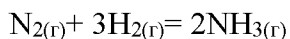
$$\Delta H^0_{\text{обр.}} 110,6 \text{ } -220,3 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энтальпии в данной реакции составляет

1) + 109,7 кДж    3) -330,9 кДж    5) -210,1 кДж

2) -109,7 кДж    4) +330,9 кДж

18. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны значения энтропии исходных веществ и продуктов реакции:



$$S^0_{298} 199,9 \text{ } 130,5 \text{ } 192,6 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

Изменение энтропии в указанной реакции составляет

1. +206,2 Дж/К

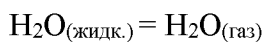
2. -137,8 Дж/К

3. -206,2 Дж/К

4. +137,8 Дж/К

5. -398,9 Дж/К

19. Процесс испарения воды протекает в стандартных условиях:



$$\Delta H^0_{\text{обр.}} -286,0 \text{ } -242,0 \text{ кДж/моль}$$

Энтальпия процесса испарения равна:

- 1) -44,0 кДж/моль
- 2) +44,0 кДж/моль
- 3) -528,0 кДж/моль
- 4) +528,0 кДж/моль
- 5) -88,0 кДж/моль

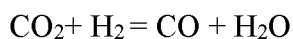
20. Реакция протекает в стандартных условиях:



Изменение энтальпии в данной реакции равно +420,4 кДж, изменение энтропии в реакции равно +1033,6 Дж/К. Рассчитать изменение свободной энергии Гиббса.

- 1) +112,3 кДж
- 2) -112,3 кДж
- 3) 613,2 кДж
- 4) -613 кДж
- 5. +1454,0 кДж

21. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны значения энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:

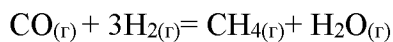


$$\Delta H^0_{\text{обр.}} -393,8 -110,6 -286,0 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энтальпии в указанной реакции составляет:

- 1. -2,8 кДж
- 2. +2,8 кДж
- 3. -790,4 кДж
- 4. +790,4 кДж
- 5. +44,5 кДж

22. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны стандартные энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:

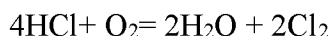


$$\Delta H^0_{\text{обр.}} -110,6 -74,8 -241,2 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энтальпии в указанной реакции составляет:

1. +205,4 кДж
2. -205,4 кДж
3. -426,6 кДж
4. +426,6 кДж
5. -25,4 кДж

23. Для реакции, протекающей в стандартных условиях, известны значения энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:



$$\Delta H^0_{\text{обр.}} -92,5 \text{ -} 242,0 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энтальпии в ходе данной реакции составляет:

1. +114,0 кДж
2. -114,0 кДж
3. -854,0 кДж
4. +300 кДж
5. +432,0 кДж

24. Процессом, который характеризуется наибольшим возрастанием энтропии, является:

1. конденсация
2. испарение
3. кристаллизация
4. охлаждение
5. изменение кристаллической модификации

25. Внутренняя энергия системы в экзотермических реакциях изменяется следующим образом:

1. увеличивается
2. уменьшается
3. не изменяется
4. знак  $\Delta U$  зависит от агрегатного состояния вещества
5. знак  $\Delta U$  зависит от давления в объеме

***Критерии оценки ответа студента при выполнении тестовых заданий***

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется магистранту, если он глубоко и прочно освоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется магистранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская

	существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется магистранту, если он имеет знания только основного характера, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при обосновании ответа.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется магистранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, имеет затруднения при ответе на вопросы и обосновании ответов. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### *Темы рефератов*

1. Модели ассоциированных растворов при описании стекольных расплавов
2. Термодинамические модели металлургических расплавов
3. Моделирование пирометаллургических процессов
4. Групповые модели растворов (на примере работ Санкт-Петербургской школы термодинамиков)
5. Статистические представления при моделировании жидкой фазы

### **Критерии оценивания реферата**

Оценка **«отлично»** выставляется, если работа студента написана грамотным научным языком, имеет чёткую структуру и логику изложения, точка зрения студента обоснованна, в работе присутствуют ссылки на нормативно-правовые акты, примеры из судебной практики, мнения известных учёных в данной области. Студент в работе выдвигает новые идеи и трактовки, демонстрирует способность анализировать материал.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если работа студента написана грамотным научным языком, имеет чёткую структуру и логику изложения, точка зрения студента обоснованна, в работе присутствуют ссылки на нормативно-правовые акты, примеры из судебной практики, мнения известных учёных в данной области.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент выполнил задание, однако не продемонстрировал способность к научному анализу, не высказывал в работе своего мнения, допустил ошибки в логическом обосновании своего ответа.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если студент не выполнил задание, или выполнил его формально, ответил на заданный вопрос, при этом не ссылаясь на мнения учёных, не трактовал нормативно-правовые акты, не высказывал своего мнения, не проявил способность к анализу, то есть в целом цель реферата не достигнута.



### Вопросы, выносимые на зачет

1. Описание растворов с помощью уравнений состояния. Правила смешения для жидкостей.
2. Особенности выбора уровня отсчета свойств растворов. Симметричная и асимметричная системы сравнения, переход между ними.
3. Расчет коэффициентов активностей в разных концентративных шкалах и в разных системах сравнения.
4. Уравнение Гиббса-Дюгема, интегрирование уравнения в двухкомпонентных системах. Особенности интегрирования уравнения Гиббса-Дюгема в тройных системах. Методы Даркена и Вагнера.
5. Термодинамические условия устойчивости растворов. Расслаивание жидкостей. Критические явления в растворах.
6. Общая характеристика моделей локального состава. Модели Вильсона, Ван-Лаара, NRTL, UNIQUAC.
7. Особенности термодинамических моделей растворов электролитов. Модели Питцера, Питцера-Симонсона, модифицированная модель  $\epsilon$  - NRTL.
8. Модель ассоциированных растворов. Идеально-ассоциированный раствор.
9. Решеточные модели жидкости. Модель подрешеток при описании термодинамических свойств твердых растворов.
10. Расчет термодинамических свойств трехкомпонентных растворов по данным о граничных бинарных системах. Симметричные методы: Колера, Колинэ, Муггиани.
11. Расчет термодинамических свойств трехкомпонентных растворов по данным о граничных бинарных системах. Асимметричные методы: Бонье, Тупа, Хиллерта.
12. Расчет термодинамических свойств трехкомпонентных растворов по данным о граничных бинарных системах. Метод изопотенциалов. Метод Редлиха-Кистера

### Критерии оценки ответа на зачете

Оценка	Критерии ответа
<b>Зачтено</b>	Глубокое и хорошее знание и понимание предмета, в том числе терминологии и основных понятий; теоретических закономерностей; фактических данных; обстоятельный, логический и грамотный ответ во время сдачи зачета; удельный вес ошибок при контрольном тестировании – не более 50%.
<b>Незачтено</b>	Слабое знание основной терминологии, теоретических закономерностей, фактических данных, ошибочный ответ на зачете; удельный вес ошибок при контрольном тестировании – более 50%.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Учебная литература**

#### **а) основная:**

1. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии. Теория и задачи. М.: МГУ, 2005.
2. Стромберг А.Г., Д.П. Семченко. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1999г.
3. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа, 1991г
4. Физическая химия. В двух книгах. /Под ред. К.С. Краснова. М.: Высшая школа, 1995г., 2001. Строение вещества. Термодинамика.
4. Стромберг А.Г., Д.П. Семченко. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1999г.
5. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии. М.: Высшая школа, 1991г.
6. Кудряшов И.В., Каретников Г.С. Сборник примеров и задач по физической химии. М.: Высшая школа, 1991г.

#### **б) дополнительная:**

1. Курс физической химии /под редакцией Герасимова Я.И., М.:Химия, 1969 (т.1), 1973 (т.2.0
2. Авгуль Н.Н., Киселев А.В., Пошкус Д.П. Адсорбция газов и паров на однородных поверхностях. М.:Химия, 1975.
3. Киселев А.В. Физическая химия. Современные проблемы /Под редакцией Я.М.Колотыркина. М.:Химия, 1982.
4. Лопаткин А.А. Теоретические основы физической адсорбции. М.:Изд-во МГУ, 1982.

### **9.2. Интернет-ресурсы:**

<http://fizrast.ru/sitemap.html>  
<http://www.don-agro.ru>  
<http://xn-80abucjiibhv9a.xn-plai/>  
<http://www.agroxxi.ru/> (РГБ)  
<http://elibrary.rsl.ru> Научная электронная библиотека  
<http://elibrary.ru/default.asp> Российская национальная библиотека  
<http://primo.nlr.ru> <http://nbmgu.ru> Электронная библиотека Российской государственной библиотеки

### **9.3. Программное обеспечение**

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-

телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнгГУ
  - 1.1. Microsoft Windows 7
  - 1.2. Microsoft Office 2007
  - 1.3. Программный комплекс ММИС “Визуальная Студия Тестирования”
  - 1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32
  - 1.5. Справочно-правовая система “Консультант”
  - 1.6. Справочно-правовая система “Гарант”

Наряду с традиционными изданиями магистранты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

**Таблица 9.1.**

<b>Название ресурса</b>	<b>Ссылка/доступ</b>
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a> -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	<a href="http://polpred.com/news">http://polpred.com/news</a>
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a> -
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a> –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнгГУ
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнгГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Имеющаяся материально-техническая база университета обеспечивает качественное проведение теоретических и практических занятий:

- проведение лекций - аппаратурой для демонстрации иллюстративного материала;
- аудиторию для семинарских занятий;
- проекционное оборудование и компьютер.

Перечень необходимых технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины «История и методология химии»:

- компьютерное и мультимедийное оборудование;
- видео- и аудиовизуальные средства обучения и др.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теоретический материал дисциплины «Термодинамика растворов» изучается в течение семестра в соответствии с учебным планом. Самостоятельная внеаудиторная работа студентов обеспечена электронными учебно-методическими ресурсами (система Moodle), возможностью общения магистранта с преподавателем посредством электронной почты, доступом в Internet.

Основу теоретической подготовки по дисциплине «Термодинамика растворов» составляют лекции, которые представляются систематически в сочетании с семинарскими и лабораторными занятиями. Основные учения и владения отрабатываются и закрепляются на семинарских и лабораторных занятиях. Аудиторные занятия (лекции, семинары и лабораторные занятия) объединены с самостоятельной внеаудиторной работой магистрантов над рекомендуемой литературой, а также заданиями, которые выдаёт преподаватель и при подготовке к практическим занятиям.

При изучении дисциплины магистрантами могут использоваться следующие информационные технологии и инновационные методы:

- электронный вариант учебно-методического комплекса (с использованием системы Moodle);
- ресурсы электронной библиотечной системы;
- ресурсы Интернет;
- мультимедийная техника.

Преподаватель, читающий дисциплину, ведет учет посещаемости и осуществляет контроль за выполнением самостоятельной работы. Текущий контроль заключается в мониторинге выполнения учебной программы дисциплины на аудиторных занятиях и оценке работы на семинарских и практических занятиях.

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика растворов» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01. Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «13» июля 2017г. № 655.

Программу составила:

д.х.н., профессор кафедры химии      З.Х. Султыгова  
(должность, Ф.И.О.)

Программа одобрена на заседании кафедры химии  
Протокол № 9 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом химико-биологического факультета  
Протокол № 10 от «21» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета  
Протокол № 10 от «29» июня 2022г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и  
регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой