

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Избранные главы термодинамики

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
04.03.01 - Химия

Направленность образовательной программы
Химия и материаловедение

Форма обучения
очная, очно-заочная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.01.04 Избранные главы термодинамики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	<p>ПК-1-н-1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР</p> <p>ПК-1-н-2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР</p> <p>ПК-1-н-3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР</p> <p>ПК-1-н-4: Готовит объекты исследования</p>	<p>ПК-1-н-1:</p> <p>ЗНАТЬ основные принципы организации проведения экспериментов и испытаний в рамках общего плана НИР.</p> <p>УМЕТЬ планировать последовательность действий при выполнении экспериментов для решения исследовательских задач химической термодинамики в рамках общего плана НИР.</p> <p>ВЛАДЕТЬ приемами разработки планов и программ проведения конкретных экспериментов в рамках общего плана НИР.</p> <p>ПК-1-н-2:</p> <p>ЗНАТЬ основные нормативные документы и ключевые требования к представлению результатов проведенных исследований.</p> <p>УМЕТЬ самостоятельно выявлять перспективные направления научных исследований, обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость отдельных этапов НИР.</p> <p>ВЛАДЕТЬ навыками самостоятельной работы, способностью решать поставленные задачи при</p>	Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>реализации отдельных этапов НИИР.</p> <p>ПК-1-н-3: ЗНАТЬ теоретические основы современных методов анализа, используемых для определения термодинамических свойств химических веществ и термодинамических характеристик различных процессов для решения поставленных задач НИИР. УМЕТЬ анализировать и интерпретировать полученные экспериментальные результаты, в том числе с применением современных технологий для решения поставленных задач НИИР. ВЛАДЕТЬ методологией и методикой проведения экспериментов на калориметрическом и термоаналитическом оборудовании с целью определения фундаментальных термодинамических характеристик веществ и различных процессов для решения поставленных задач НИИР.</p> <p>ПК-1-н-4: ЗНАТЬ основы проведения химических экспериментов с соблюдением норм техники безопасности. УМЕТЬ осуществлять выбор экспериментальных методик и анализировать возникающие затруднения при подготовке объектов исследования. ВЛАДЕТЬ навыками проведения основных химических операций при решении технологических задач.</p>		
--	--	--	--	--

<p><i>ПК-1-т: Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации</i></p>	<p><i>ПК-1-т-1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР</i></p> <p><i>ПК-1-т-2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР</i></p> <p><i>ПК-1-т-3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</i></p>	<p><i>ПК-1-т-1:</i></p> <p><i>ЗНАТЬ основные принципы организации проведения экспериментов и испытаний в рамках общего плана НИОКР.</i></p> <p><i>УМЕТЬ планировать последовательность действий при выполнении экспериментов для решения исследовательских задач химической термодинамики в рамках общего плана НИОКР.</i></p> <p><i>ВЛАДЕТЬ приемами разработки планов и программ проведения конкретных экспериментов в рамках общего плана НИОКР.</i></p> <p><i>ПК-1-т-2:</i></p> <p><i>ЗНАТЬ основные нормативные документы и ключевые требования к представлению результатов проведенных исследований.</i></p> <p><i>УМЕТЬ самостоятельно выявлять перспективные направления научных исследований, обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость отдельных этапов НИОКР.</i></p> <p><i>ВЛАДЕТЬ навыками самостоятельной работы, способностью решать поставленные задачи при реализации отдельных этапов НИОКР.</i></p> <p><i>ПК-1-т-3:</i></p> <p><i>ЗНАТЬ теоретические основы современных методов анализа, используемых для определения термодинамических свойств химических веществ и термодинамических характеристик различных процессов для решения поставленных задач НИОКР.</i></p> <p><i>УМЕТЬ анализировать и интерпретировать полученные экспериментальные</i></p>	<p><i>Отчет по лабораторным работам</i></p>	<p><i>Экзамен:</i></p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p>
---	--	---	---	--

		<p>результаты, в том числе с применением современных технологий для решения поставленных задач НИОКР.</p> <p>ВЛАДЕТЬ методологией и методикой проведения экспериментов на калориметрическом и термоаналитическом оборудовании с целью определения фундаментальных термодинамических характеристик веществ и различных процессов для решения поставленных задач НИОКР.</p>		
<p>ПК-2-н: Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы</p>	<p>ПК-2-н-1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)</p>	<p>ПК-2-н-1:</p> <p>ЗНАТЬ основные российские и зарубежные источники научно-технической информации с целью их использования при реализации НИИР.</p> <p>УМЕТЬ выполнять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации с использованием современных Интернет-ресурсов и тематических баз данных при реализации НИИР.</p> <p>ВЛАДЕТЬ знаниями о возможностях современных информационно-поисковых систем, практическими навыками информационного поиска с помощью Интернет-технологий, основными подходами для анализа полученных данных с целью выявления релевантной информации и ее дальнейшего использования в профессиональной деятельности.</p>	<p>Реферат</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

<p>ПК-3-н: Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов</p>	<p>ПК-3-н-1: Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики веществ и материалов</p> <p>ПК-3-н-2: Составляет отчеты о выполненной работе по заданной форме</p>	<p>ПК-3-н-1:</p> <p>ЗНАТЬ основы экспериментальных методов определения термодинамических и термохимических характеристик веществ с целью их использования в химико-технологических процессах.</p> <p>УМЕТЬ работать на современном калориметрическом и термоаналитическом оборудовании и оценивать технологическую эффективность производства.</p> <p>ВЛАДЕТЬ фундаментальными знаниями о термодинамических характеристиках перспективных веществ и материалов с целью их практического использования в приоритетных направлениях научно-технологического развития Российской Федерации.</p> <p>ПК-3-н-2:</p> <p>ЗНАТЬ основные подходы к организации самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности, основные требования к оформлению результатов проведенных исследований.</p> <p>УМЕТЬ эффективно взаимодействовать в коллективе для дальнейшего вхождения в профессиональную среду и решения поставленных задач.</p> <p>ВЛАДЕТЬ комплексом первоначальных знаний и представлений об организации научных исследований, навыками работы в коллективе, навыками изложения полученных знаний в виде отчетных материалов.</p>	<p>Реферат</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>
---	---	--	----------------	--

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	9	9
Часов по учебному плану	324	324
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	64	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	160	64
- КСР	2	2
самостоятельная работа	44	158
Промежуточная аттестация	54 экзамен	36 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе							
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы	
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего		о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о
Раздел 1. Современные термодинамические исследования	48	56	16	16	24	8	40	24	8	32
Раздел 2. Основные законы и понятия химической термодинамики	50	58	10	10	30	12	40	22	10	36
Раздел 3. Приложения второго начала термодинамики	62	66	16	16	36	14	52	30	10	36
Раздел 4. Термодинамика растворов	50	58	10	10	30	12	40	22	10	36
Раздел 5. Экспериментальные методы химической термодинамики	58	48	12	12	40	18	52	30	6	18
Аттестация	54	36								
КСР	2	2					2	2		

Итого	324	324	64	64	160	64	226	130	44	158
-------	-----	-----	----	----	-----	----	-----	-----	----	-----

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 48 ч., очно-заочная форма обучения - 16 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "—" (—).
- открытый онлайн-курс МООС "—" (—).

Иные учебно-методические материалы: Учебно-методические пособия:

- 1) Смирнова Н.Н., Маркин А.В. Теплоемкости: классическое и статистическое рассмотрение. – Нижний Новгород: ННГУ, 2011. – 42 с.
- 2) Маркин А.В., Смирнова Н.Н. Установки и методики для изучения теплоемкости и характеристик физических превращений веществ в области 4–670 К. – Нижний Новгород: ННГУ, 2011. – 32 с.
- 3) Козлова М.С., Черноруков Г.Н., Маркин А.В. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. – Нижний Новгород: ННГУ, 2011. – 32 с.
- 4) Черноруков Г.Н., Маркин А.В. Термохимия. – Нижний Новгород: ННГУ, 2017. – 19 с.
- 5) Маркин А.В., Самосудова Я.С. Гетерогенное фазовое равновесие в двух- и трехкомпонентных системах. – Нижний Новгород: ННГУ, 2019. – 32 с.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

Контрольная работа №1 (вариант 1):

- 1) 112 г газообразного азота находятся при $t = 0^\circ\text{C}$ и $p = 1$ атм. Определите теплоту q , работу W , изменение внутренней энергии ΔU и энтальпии ΔH при изохорном расширении азота до $p = 1.5$ атм.
- 2) Рассчитайте энтропию затвердевания переохлажденной дейтерированной воды D_2O при $T = 266.8$ К, если ее энтальпия плавления составляет 6132 Дж/моль при $T = 276.8$ К. Теплоемкости твердой и жидкой дейтерированной воды считайте постоянными и равными 43.786 Дж/(К·моль) и 84.254 Дж/(К·моль), соответственно. Определите направление протекания процесса.
- 3) Вычислите максимальную полезную работу, которую можно получить в топливном элементе в результате реакции сгорания пропана при $T = 298$ К. Для решения задачи воспользуйтесь справочником термодинамических величин.
- 4) Константа равновесия газозатвержденной реакции изомеризации борнеола ($\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{OH}$) в изоборнеол равна 0.106 при $T = 503$ К. Смесь 7.5 г борнеола и 14.0 г изоборнеола поместили в сосуд объемом 5 л и выдерживали при $T = 503$ К до достижения равновесия. Определите мольные доли (в %) и массы борнеола и изоборнеола в равновесной смеси.

Контрольная работа №1 (вариант 2):

- 1) Определите изменение внутренней энергии ΔU , количество теплоты q и работу W , совершаемую при обратимом изотермическом расширении ксенона от $V_1 = 0.5 \text{ м}^3$ до $V_2 = 4 \text{ м}^3$ (начальные условия: $t_1 = 26.8 \text{ }^\circ\text{C}$; $p_1 = 93.2 \text{ кПа}$).
- 2) Рассчитайте изменение энтропии в результате замерзания 1000 г воды при $t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$. Энтальпия плавления льда равна 6008 Дж/моль при $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Теплоемкости льда и воды равны $34.7 \text{ Дж/(К}\cdot\text{моль)}$ и $75.3 \text{ Дж/(К}\cdot\text{моль)}$, соответственно. Определите направление протекания процесса.
- 3) Вычислите максимальную полезную работу, которую можно получить в топливном элементе в результате реакции сгорания н-бутана при $T = 298 \text{ К}$. Для решения задачи воспользуйтесь справочником термодинамических величин.
- 4) Для реакции $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г})$ константа равновесия $K_p = 0.000164$ при $t = 400 \text{ }^\circ\text{C}$. Исходные реагенты N_2 и H_2 взяты в эквимольных количествах. Степень превращения N_2 в NH_3 составляет 10% . Определите общее давление в системе при равновесии.

Контрольная работа №2 (вариант 1):

- 1) Давление насыщенного пара метанола равно 94 мм рт. ст. при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и 259.4 мм рт. ст. при $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Рассчитайте нормальную температуру кипения метанола, энтальпию и энтропию его испарения в нормальной точке кипения.
- 2) Давления паров чистых хлорбензола $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ и бромбензола $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$ при $140 \text{ }^\circ\text{C}$ равны 1.237 атм и 0.658 атм , соответственно. Определите состав бинарного раствора $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} - \text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$, который при давлении 1 атм кипит при $140 \text{ }^\circ\text{C}$, а также состав образующегося пара. Рассчитайте давление пара над раствором, полученным конденсацией образующегося пара.
- 3) Раствор, содержащий 0.81 г предельного углеводорода и 190 г бромэтана $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$, замерзает при $9.47 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура замерзания $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ равна $10.00 \text{ }^\circ\text{C}$; криоскопическая постоянная $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ равна $12.5 \text{ (К}\cdot\text{кг)/моль}$. Установите формулу углеводорода и укажите его название.
- 4) Плазма человеческой крови замерзает при $-0.56 \text{ }^\circ\text{C}$. Рассчитайте ее осмотическое давление (в атм) при $37 \text{ }^\circ\text{C}$. Криоскопическая постоянная воды равна $1.86 \text{ (К}\cdot\text{кг)/моль}$. Молярную концентрацию считайте приблизительно равной молярной концентрации.

Контрольная работа №2 (вариант 2):

- 1) Давление насыщенного пара хлорметана равно 400 мм рт. ст. при $24.1 \text{ }^\circ\text{C}$, а его энтальпия испарения составляет 28.7 кДж/моль . Рассчитайте нормальную температуру кипения хлорметана и давление, под которым хлорметан закипит при $20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 2) Давления паров чистых этанола $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и метанола CH_3OH при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ равны 5.93 кПа и 11.83 кПа , соответственно. Определите состав пара над бинарным раствором $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} - \text{CH}_3\text{OH}$, состоящим из 100 г $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и 100 г CH_3OH . Рассчитайте давление пара над этим раствором.
- 3) Раствор, содержащий 0.217 г серы и 19.18 г сероуглерода CS_2 , кипит при 319.304 К . Температура кипения чистого CS_2 равна 319.2 К ; эбуллиоскопическая постоянная CS_2 равна $2.37 \text{ (К}\cdot\text{кг)/моль}$. Сколько атомов серы содержится в молекуле серы, растворенной в сероуглероде?
- 4) Рассчитайте осмотическое давление раствора при $25 \text{ }^\circ\text{C}$, содержащего 16 г сахарозы $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ в 350 г воды. Плотность раствора примите равной 1 г/мл .

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-1-г

Список лабораторных работ:

- 1) Определение энтальпии растворения неорганической соли.
- 2) Определение стандартной энтальпии сгорания органического соединения.
- 3) Определение теплоемкости вещества методом адиабатической вакуумной калориметрии.
- 4) Исследование термических свойств вещества методами термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).

Отчет о работе должен включать:

- 1) Краткое описание работы с указанием основных термодинамических соотношений.
- 2) Протоколы проведенных экспериментов.
- 3) Необходимые графические зависимости.
- 4) Результаты расчета ключевых термодинамических величин с оценкой погрешности их определения.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Отчет должен удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к оформлению отчета. Содержание отчета соответствует названию лабораторной работы. Результаты эксперимента отражены в отчете, соответствуют данным в подписанном протоколе, обработаны, сделаны соответствующие выводы.
не зачтено	Содержание отчета не соответствует теме лабораторной работы, предъявляемые требования к оформлению лабораторной работы не соблюдены. Результаты эксперимента не отражены в отчете, либо не соответствуют протоколу, не обработаны, выводы по работе не сделаны. Или отчет не предоставлен.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

Темы рефератов:

- 1) Термодинамика процессов полимеризации. Методы определения энтальпии, энтропии и функции Гиббса полимеризации. Зависимости термодинамических параметров полимеризации от температуры, давления, физического состояния и структуры исходных мономеров.
- 2) Термодинамический анализ фазовых диаграмм трех- и четырехкомпонентных систем.
- 3) Термодинамический анализ метаболизирующих систем. Реакции обмена веществ и их термодинамические характеристики. Термодинамические исследования денатурации белков.
- 4) «Нулевая» энтропия: причины ее появления, методы определения. Определение «нулевой» энтропии полимеров по калориметрическим данным.
- 5) Термодинамика процессов комплексообразования. Определение констант равновесия. Термодинамические особенности образования внутрисферных, внешнесферных и хелатных комплексов.
- 6) Расчет термодинамических свойств веществ и констант химического равновесия с участием органических соединений по методу Татевского.
- 7) Избыточные термодинамические функции смешения, методы их определения.
- 8) Термодинамическая классификация фазовых переходов. Экспериментальный подход МакКаллоу и феноменологический подход Эренфеста.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

Темы рефератов:

- 1) Термодинамический анализ фазовых диаграмм двойных металлических систем (на примере сплавов чугуна / стали, латуни, припоя, нихрома).

- 2) Исследование полиморфизма фармацевтических субстанций методами калориметрии и термического анализа.
- 3) Фазовая диаграмма фосфора: построение и термодинамический анализ. Стабильность молекулярных форм фосфора.
- 4) Фазовая диаграмма углерода: построение и термодинамический анализ. Фазовые диаграммы молекулярных форм углерода (на примере фуллерита).
- 5) Экспериментальные методы химической термодинамики: термический анализ. Дифференциальная сканирующая калориметрия и термогравиметрия: устройство и принцип действия приборов, калибровка и поверка, экспериментальные погрешности. Примеры ДСК- и ТГ-кривых различных полимеров и полимерных материалов.
- 6) Экспериментальные методы химической термодинамики: адиабатическая вакуумная калориметрия. Устройство и принцип действия прибора, калибровка и поверка, экспериментальные погрешности. Примеры низкотемпературных кривых теплоемкостей полимеров.
- 7) Экспериментальные методы химической термодинамики: калориметрия сгорания. Устройство и принцип действия прибора, калибровка и поверка, поправки и экспериментальные погрешности. Примеры проведения термохимического эксперимента для органических и элементоорганических соединений.

Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, продемонстрирован творческий подход, тема раскрыта полностью. Защита показала владение информацией по теме реферата в полном объеме. Получены исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы.
отлично	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с несущественным недочетами.
очень хорошо	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты, но имеется несколько несущественных ошибок. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с недочетами.
хорошо	Реферат, презентация написаны в соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при защите реферата с некоторыми недочетами. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы.
удовлетворительно	Реферат, презентация написаны с существенными отклонениями от предъявляемых требований, тема реферата раскрыта частично. Соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. Допущено много негрубых ошибок при защите реферата и при ответе на дополнительные вопросы.
неудовлетворительно	При написании реферата и презентации не выполнены предъявляемые требования, тема реферата не раскрыта. Защита показала отсутствие понимания материала. Уровень знаний ниже минимальных требований.

Оценка	Критерии оценивания
	Имели место грубые ошибки. Не получены ответы на дополнительные вопросы.
плохо	Содержание реферата, презентации не соответствует теме, предъявляемые требования не соблюдены. Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие владения материалом при защите реферата. Отказ обучающегося от ответа на дополнительные вопросы. Или реферат не предоставлен.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность	При решении стандартных задач не продемонстрир	Имеется минимальный набор навыков	Продемонстрированы базовые навыки при	Продемонстрированы базовые навыки при	Продемонстрированы базовые навыки при	Продемонстрирован творческий подход к

	оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	ованы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	решении стандартных задач с некоторым и недочетами	решении стандартных задач без ошибок и недочетов	решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	решению нестандартных задач
--	--	---	--	--	--	--	-----------------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все

Оценка	Критерии оценивания
	основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н (Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации)

Список контрольных вопросов:

- 1) Первое начало термодинамики как частный случай и экспериментальное обоснование закона сохранения и превращения энергии. Применение первого начала термодинамики к идеальным газам.
- 2) Термохимия. Закон Гесса и следствия из него.
- 3) Методы расчета энтальпий химических реакций. Уравнение Кирхгофа.
- 4) Цикл Борна – Габера и его применение в термохимических расчетах.
- 5) Второе начало термодинамики. Статистический и термодинамический аспекты. Цикл Карно.
- 6) Методы расчета энтропии веществ и процессов.
- 7) Математический аппарат химической термодинамики. Характеристические функции. Уравнения Максвелла и их практическое приложение.

8) Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константы равновесия. Уравнение изотермы и изобары химической реакции. Принцип Ле Шателье.

9) Методы расчета химического равновесия и выхода продуктов реакции по экспериментальным и справочным данным.

10) Третье начало термодинамики. Тепловая теорема Нернста и ее практическое значение.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т (Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации)

Список контрольных вопросов:

1) Исследования термодинамических свойств перспективных неорганических, органических и полимерных соединений.

2) Методы измерения температуры. Температурные шкалы. Термопары и термометры сопротивления.

3) Калибровка и поверка калориметров. Эталоны в калориметрии и требования, предъявляемые к ним. Приборная чувствительность и экспериментальная погрешность определения термодинамических величин.

4) Калориметрия сгорания. Аппаратура и методика эксперимента. Энтальпия сгорания химических соединений. Поправки, используемые при определении энтальпии сгорания органических и элементоорганических соединений.

5) Адиабатическая вакуумная калориметрия. Аппаратура и методика эксперимента. Определение теплоемкости, характеристик фазовых переходов и физических превращений соединений. Обработка кривых теплоемкости с помощью полиномиальных уравнений.

6) Методы термического анализа: термогравиметрия (ТГ) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Аппаратура и методики экспериментов. Определение теплоемкости, характеристик фазовых переходов и физических превращений соединений по данным ДСК.

7) Калориметрия процессов растворения. Аппаратура и методика эксперимента. Калориметры Кальве.

8) Экспериментальные методы определения давления насыщенного пара. Эффузионный метод Кнудсена.

9) Термодинамические базы данных и их использование в практических расчетах.

10) Современные программные комплексы для термодинамического моделирования.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н (Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы)

Список контрольных вопросов:

1) Теплоемкость. Классические и квантовые теории теплоемкости.

2) Теплоемкости аморфных, частично кристаллических и кристаллических тел.

3) Мультифрактальная модель обработки низкотемпературной теплоемкости.

4) Модели экстраполяции низкотемпературной теплоемкости соединений. Предельный закон кубов Дебая.

- 5) Физический смысл функции Гиббса и функции Гельмгольца. Уравнение Гиббса – Гельмгольца и его практическое значение.
- 6) Зависимость функции Гиббса химической реакции от температуры и давления.
- 7) Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Стабильная и метастабильная фаза. Фазовые переходы I и II рода.
- 8) Уравнение Клаузиуса – Клапейрона и его практическое значение. Правило Трутона.
- 9) Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Эвтектика, твердые растворы, интерметаллиды, конгруэнтное (инконгруэнтное) плавление, перитектическая реакция.
- 10) Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах. Треугольник Гиббса – Розебома.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н (Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов)

Список контрольных вопросов:

- 1) Термодинамическая классификация растворов. Способы выражения состава раствора.
- 2) Закон Рауля для идеальных растворов: математическая форма записи, термодинамический вывод, графическая иллюстрация. Отклонения от закона Рауля в случае реальных растворов.
- 3) Избыточные термодинамические функции смешения.
- 4) Парциальные мольные величины компонентов раствора. Уравнения Гиббса – Дюгема. Методы определения парциальных мольных величин.
- 5) Коллигативные свойства идеальных растворов. Термодинамический вывод закона осмоса.
- 6) Методы определения активности компонентов раствора. Симметричные и несимметричные системы отсчета.
- 7) Равновесие "жидкость – пар" в двухкомпонентной системе. Законы Коновалова и Вревского. Азеотропная смесь.
- 8) Равновесие "жидкость – жидкость" в двухкомпонентной системе. Критическая температура растворения. Правило прямолинейного диаметра Алексеева.
- 9) Основы перегонки и ректификации: описание процессов, графические изображения. Схема установки для перегонки нефти с указанием получаемых продуктов.
- 10) Основы экстракции. Закон распределения Нернста при различных молекулярных формах растворенного вещества в разных фазах.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Еремин Вадим Владимирович. Основы общей и физической химии : учеб. пособие для студентов вузов, изучающих дисциплину "Химия", по направлению подготовки ВПО 011200. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 848 с. - ISBN 978-5-91559-092-1 : 1472.90., 30 экз.
2. Еремин Евгений Николаевич. Основы химической термодинамики : [для хим. специальностей ун-тов]. - М. : Высшая школа, 1974. - 341 с. : с черт. - 0.94., 30 экз.
3. Кубо Риого. Термодинамика : Современный курс с задачами и решениями / сост. при участии Х. Ичимура [и др.] ; пер. с англ. А. Г. Башкирова, Е. Е. Тареевой ; под ред. Д. Н. Зубарева, Н. М.

Плакиды. - М. : Мир, 1970. - 304 с. : граф. - 30.00., 24 экз.

Дополнительная литература:

1. Борщевский Андрей Яковлевич. Физическая химия : Том 1: Общая химическая термодинамика; Учебник. 1 : Физическая химия / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 606 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-011785-0. - ISBN 978-5-16-104227-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=739806&idb=0>.
2. Борщевский Андрей Яковлевич. Физическая химия : Том 2: Статистическая термодинамика; Учебник / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017. - 382 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-011788-1. - ISBN 978-5-16-104235-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=597751&idb=0>.
3. Основы физической химии : в 2 ч. : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 - Химия. Ч. 1 : Теория. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 320 с. : ил. - (Учебник для высшей школы : сер. осн. в 2009 г.). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-9963-0535-3 (ч. 1) : 282.09., 18 экз.
4. Основы физической химии : в 2 ч. : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 - Химия. Ч. 2 : Задачи. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 263 с. : ил. - (Учебник для высшей школы : сер. осн. в 2009 г.). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-9963-0536-0 (ч. 2) : 282.09., 18 экз.
5. Бажин Николай Михайлович. Термодинамика для химиков : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Химия". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Химия : КолосС, 2004. - 416 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - ISBN 5-9819-005-7 (Химия) : 159.26., 10 экз.
6. Эткинс П. Физическая химия : [в 2 т.]. [Т.] 1 / пер. с англ. К. П. Бутина. - М. : Мир, 1980. - 580 с. : ил. - 2.90., 3 экз.
7. Эткинс П. Физическая химия : [в 2 т.]. [Т.] 2 / пер. с англ. К. П. Бутина. - М. : Мир, 1980. - 584 с. : ил. - 2.90., 3 экз.
8. Киреев Валентин Александрович. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. - М. : Химия, 1970. - 519 с. : граф. - 2.60., 3 экз.
9. Курс физической химии : [для хим. фак. ун-тов]. Т. 1 / под ред. Я. И. Герасимова. - 2-е изд., испр. - М. : Химия, 1969. - 592 с. : ил. - 1.37., 11 экз.
10. Курс физической химии : [для хим. фак. ун-тов]. Т. 2 / под ред. Я. И. Герасимова. - 2-е изд., испр. - М. : Химия, 1973. - 623 с. : с черт. - 1.47., 16 экз.
11. Карапетьянц Михаил Христофорович. Химическая термодинамика : [учеб. пособие для хим. специальностей вузов]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Химия, 1975. - 583 с., 1 л. граф. : ил. - 1.61., 16 экз.
12. Биохимическая термодинамика / ред. М. Джоунс ; пер. с англ. М. Г. Гольдфельда ; под ред. Л. А. Блюменфельда. - М. : Мир, 1982. - 440 с. : ил. - 4.40., 2 экз.
13. Сталл Д. Химическая термодинамика органических соединений / пер. с англ. В. А. Левицкого и В. М. Сахарова ; предисл. Я. И. Герасимова. - М. : Мир, 1971. - 807, СХХХVI с. : черт. - 4.56., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Научные электронные ресурсы:

- <https://elibrary.ru>
- <https://link.springer.com>
- <https://www.sciencedirect.com>
- <https://pubs.acs.org>
- <https://pubs.rsc.org>
- <https://onlinelibrary.wiley.com>
- <https://www.mdpi.com>
- <https://www.uspkhim.ru>

Термодинамические базы данных:

- <https://webbook.nist.gov>
- <https://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: учебно-лабораторный комплекс "Химия"; калориметрическое и термоаналитическое оборудование (адиабатический вакуумный калориметр БКТ-3, дифференциальный сканирующий калориметр теплового потока DSC 204 F1 Phoenix (NETZSCH), термогравиметрический анализатор TG 209 F1 Iris (NETZSCH), калориметр сгорания В-08).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 04.03.01 - Химия.

Автор(ы): Сологубов Семен Сергеевич, кандидат химических наук

Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.11.2022 г., протокол № 2.