

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-
шего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДЫ, ИХ СВОЙСТВА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

Кафедра физической и органической химии химического факультета

Образовательная программа
04.05.01 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ

Профиль подготовки

Физическая химия

Уровень высшего образования

Специалитет

Форма обучения

Очная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками
образовательных отношений

Махачкала, 2021 г.

Рабочая программа дисциплины «Сверхкритические флюиды, их свойства и технологическое применение» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия (уровень специалитета)

от «13» июля 2017 г. № 652.

Разработчик(и): кафедра физической и органической химии, Абдулагатов И.М., д.т.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры физической и органической химии

от «13» 15 2021 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  проф. Абдулагатов И.М.


(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета

от «18» 06 2021 г., протокол № 10.

Председатель  Гасангаджиева У.Г.

(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 09 » июль 2021 г. 

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Сверхкритические флюиды, их свойства и технологическое применение» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений ОПОП специалитета по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

Дисциплина реализуется на факультете химическом кафедрой физической и органической химии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физико-химических свойств сверхкритических флюидов, используемых для сверхкритических флюидных технологий, особенно для экстракционных и сепарационных технологий, и как среда для химических реакций

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных ОПК-6; профессиональных ПК-1, 2, 3, 4, 5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиумов, контрольных работ и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Се- мestr	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	кон- сультации			
9 сем.	144	32	70	-	-	-	6+36	Зачет, экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Сверхкритические флюиды, их свойства и технологические применения» предназначена для освоения студентами физико-химических основ сверхкритической флюидной технологии, особых свойств флюидов вблизи критической и сверхкритической областях и использования их для разработки новых технологий повышения качества продукции. Формировать у студентов умения использовать сверхкритические технологии для различных приложений – в фармацевтике, процессах разделения, экстракции ценных компонентов из биомасс, решение экологических задач (очистки сточных вод от вредных отбросов), регенерация активированного угля, повышения нефтеотдачи, получения наноматериалов с особыми свойствами, органического синтеза, полимеризации, в пищевой технологии, порошковой технологии, электронике и т.д. В данном курсе основное внимание уделяется на изучение особых свойств флюидов и флюидных смесей вблизи и в критических областях как основа сверхкритической технологии, поведения фазовых

диаграмм чистого CO₂, CO₂+консолвент (алкоголь, ацетон и т.д.), поведения критических линий растворитель-растворяемое вещество, влияние химической природы консолвента на селективность экстракции и на выход и качество конечного продукта, исследование растворимости твердых материалов (липидов, биоактивных веществ) в сверхкритических растворителях. Моделирование (прогнозирование) и расчет фазовых диаграмм сверхкритических флюидов и флюидных смесей. Разработка математических моделей процесса экстракции с помощью сверхкритических флюидов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП специалитета

Дисциплина «Сверхкритические флюиды, их свойства и технологическое применение» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений ОПОП специалитета по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

Цели освоения дисциплины достигаются на основе фактического материала предшествующих курсов "Математика", "Физика", "Квантовая механика и квантовая химия", "Органическая химия", "Физическая химия". Сверхкритическая флюидная технология является одной из эффективных и экологически чистых технологий современности.

Сверхкритические флюиды обладают уникальными свойствами (например, растворимость веществ в сверхкритическом CO₂ такое же как в органическом растворителе, как п-гексане или в спиртах, использование консолвента приводит к увеличению селективности экстракции, выхода конечного продукта и т.д.) для разработки новых технологий в различных областях химической промышленности. Малые изменения температур и давлений позволяет существенно изменить их свойства и тем самым изменить эффективность процесса, т.е. путем манипулирования термодинамическим состоянием сверхкритического растворителя можно оптимально подобрать технологические условия. Конечный продукт экстракции на выходе легко отделяется от растворителя (CO₂) путем уменьшения давления и конечных продуктов получается абсолютно чистым от растворителя, т.к. CO₂ легко отделяется от конечного продукта.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-6 способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1 Грамотно составляет отчет о проделанной работе в письменной форме	Знает: требования к рабочему журналу химика; правила составления протоколов отчетов химических опытов; требования к представлению результатов исследований в виде курсовых и квалификационных работ. Умеет: представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии; представить результаты химических исследований	Устный опрос, письменный опрос

		<p>в соответствии с требованиями к квалификационным работам.</p> <p>Владеет: опытом представления результатов экспериментальных и расчетно-теоретических работ в виде протоколов испытаний, отчетов, курсовых и квалификационных работ</p>	
	<p>ОПК-6.2 Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке</p>	<p>Знает: требования к тезисам и научным статьям химического профиля;</p> <p>Умеет: составить тезисы доклада и отдельные разделы статьи на русском и английском языке</p> <p>Владеет: навыками представления результатов собственных научных изысканий в компьютерных сетях и информационной научно-образовательной среде</p>	
	<p>ОПК-6.3 Представляет результаты работы в устной форме на русском и английском языке</p>	<p>Знает: грамматику, орфографию и орфоэпию русского и английского языка.</p> <p>Умеет: представить результаты исследований в виде постера; формулировать вопросы к членам профессионального сообщества и отвечать на вопросы по теме проведенного исследования; грамотно и логично изложить результаты проделанной работы в устной форме на русском и английском языке.</p> <p>Владеет: свободно русским и английским языком.</p>	
<p>ПК-1. Способен проводить сбор, анализ и обработ-</p>	<p>ПК-1.1. Собирает информацию по тематике научного проекта в выбранной области</p>	<p>Знает: Знает перечень открытых источников информации и специа-</p>	<p>Устный опрос, письмен-</p>

<p>ку литературных данных для решения поставленной задачи в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>химии с использованием открытых источников информации и специализированных баз данных</p>	<p>лизованных баз данных в области аналитической химии. Умеет: Пользоваться электронными ресурсами и базами данных, а так же периодическими изданиями в области аналитической химии. Владеет: навыками сбора информации по тематике научного проекта в области аналитической химии с использованием открытых источников информации и специализированных баз данных, в том числе Scopus и Web of Science.</p>	<p>ный опрос</p>
	<p>ПК-1.2. Анализирует и обрабатывает литературные данные по тематике исследования в выбранной области химии</p>	<p>Знает: знает методы систематизации и классификации литературных данных по тематике исследования в области аналитической химии. Умеет: систематизировать и классифицировать литературные данные по тематике исследования в области аналитической химии. Владеет: навыками систематизации и классификации литературных данных по тематике исследования в области аналитической химии.</p>	
<p>ПК-2. Способен планировать работу и выбирать методы решения поставленных задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-2.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.</p>	<p>Знает: методы составления планов отдельных стадий и общего плана исследования в области аналитической химии. Умеет: составлять планы отдельных стадий и общий плана исследования в области аналитической химии. Владеет: навыками составляет общего плана исследования в области аналитической химии и</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

	<p>ПК-2.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p>	<p>детальных планов отдельных стадий.</p> <p>Знает: экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи в области аналитической химии.</p> <p>Умеет: выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи в области аналитической химии исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p> <p>Владеет: навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя в области аналитической химии из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p>	
	<p>ПК-2.3. Планирование и проведение научно-исследовательских работ по разработке и внедрению нормативных документов по системам стандартизации, разработки и постановки продукции на производство.</p>	<p>Знает: методы нормативные документы по системам стандартизации, разработки и постановки продукции на производство.</p> <p>Умеет: планировать и проводить научно-исследовательские работы по разработке и внедрению нормативных документов по системам стандартизации, разработки и постановки продукции на производство.</p> <p>Владеет: навыками планирования и проведения научно-исследовательских работ по разработке и внедрению нормативных документов по системам стандартизации, разработки и постанов-</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		ки продукции на производство.	
ПК-3. Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические работы по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-3.1. Проводит экспериментальные исследования по заданной теме в выбранной области химии	Знает: методы проведения экспериментальных исследований по заданной теме в области аналитической химии. Умеет: проводить экспериментальные исследования по заданной теме в области аналитической химии. Владеет: навыками проведения экспериментальных исследований под руководством руководителя по заданной теме в области аналитической химии.	Устный опрос, письменный опрос, сдача лабораторных работ
	ПК-3.2. Проводит расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии	Знает: методы расчетно-теоретических исследований по заданной теме в области аналитической химии. Умеет: проводит расчетно-теоретические исследования по заданной теме в области аналитической химии. Владеет: необходимыми навыками качественного проведения расчетно-теоретических исследований по заданной теме в области аналитической химии.	
	ПК-3.3. Управляет высокотехнологичным химическим оборудованием	Знает: технические характеристики высокотехнологического аналитического оборудования. Умеет: управлять высокотехнологичным аналитическим оборудованием. Владеет: навыками управления и обслуживания высокотехнологичного аналитического оборудования.	Устный опрос, письменный опрос, сдача лабораторных работ
	ПК-3.4. Проводит испытания новых образцов продук-	Знает: методы проведения анализа новых об-	

	ции	разцов продукции. Умеет: проводить анализ новых образцов продукции. Владеет: навыками качественного и количественного анализа образцов новых реальных объектов.	
	ПК-3.5. Разрабатывает новые методики контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции	Знает: методологию разработки новых методик контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции. Умеет: проверять правильность новых методик контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции. Владеет: навыками разработки новых методик контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции и проверки их правильности.	
ПК-4. Способен обрабатывать и интерпретировать результаты проведенных работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках с использованием различных методов и подходов.	ПК-4.1. Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации.	Знает: современные методы анализа информации. Умеет: применять современные методы анализа информации для обработки полученных данных. Владеет: навыками обработки полученных результатов анализа реальных объектов с использованием современных методов анализа информации.	Устный опрос, письменный опрос, сдача лабораторных работ
	ПК-4.2. Грамотно интерпретирует результаты исследований в выбранной области химии.	Знает: методы интерпретации результатов исследований в области аналитической химии. Умеет: грамотно интерпретировать результаты исследований в области аналитической химии. Владеет: навыками интерпретации и наглядного представления ре-	

		<p>зультатов исследований в области аналитической химии.</p> <p>ПК-4.3. Анализирует результаты испытаний сырья, прекурсоров, готовой продукции; оценивает степень их соответствия нормативным документам (стандартам и технологическим регламентам).</p>	<p>Знает: стандарты и технологические регламенты сырья, прекурсоров, готовой продукции.</p> <p>Умеет: анализировать результаты испытаний сырья, прекурсоров, готовой продукции.</p> <p>Владеет: навыками статистической обработки результатов испытаний сырья, прекурсоров, готовой продукции; оценки степени их соответствия стандартам и технологическим регламентам.</p>	
<p>ПК-5. Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-5.1. Критически анализирует полученные результаты исследований в выбранной области химии, выявляет достоинства и недостатки</p>	<p>Знает: методы критического анализа полученных результатов исследований в области аналитической химии, способы выявления достоинств и недостатков.</p> <p>Умеет: критически анализировать полученные результаты анализа реальных объектов и научных исследований в области аналитической химии.</p> <p>Владеет: навыками критического анализа полученных результатов анализа реальных объектов и научных исследований в области аналитической химии.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>	
	<p>ПК-5.2. Готовит отдельные разделы отчетов по результатам НИР и НИОКР в выбранной области химии</p>	<p>Знает: методологию подготовки отчетов по результатам НИР и НИОКР в выбранной области химии.</p> <p>Умеет: готовить отдельные разделы отчетов по результатам НИР и НИОКР в области аналитической химии.</p> <p>Владеет: навыками</p>		

	подготовки отдельных разделов отчетов по результатам НИР и НИОКР в области аналитической химии.	
ПК-5.3. Формулирует рекомендации по продолжению исследования в выбранной области химии.	<p>Знает: способы подготовки рекомендаций по продолжению исследования в области аналитической химии.</p> <p>Умеет: формулировать рекомендации по продолжению исследования в области аналитической химии.</p> <p>Владеет: навыками формулировки рекомендаций по продолжению исследования в области аналитической химии.</p>	Устный опрос, письменный опрос
ПК-5.4. Анализирует полученные результаты и формулирует предложения по оптимизации отдельных стадий технологического процесса.	<p>Знает: методы анализа полученных результатов и оптимизации отдельных стадий технологического процесса.</p> <p>Умеет: анализировать полученные результаты и формулировать предложения по оптимизации отдельных стадий технологического процесса.</p> <p>Владеет: навыками анализа полученных результатов и разработки предложений по оптимизации отдельных стадий технологического процесса.</p>	Устный опрос, письменный опрос
ПК-5.5. Разрабатывает техническую документацию и регламенты	<p>Знает: виды технической документации и регламентов в области аналитической химии.</p> <p>Умеет: разрабатывать техническую документацию и регламенты в области аналитической химии.</p> <p>Владеет: навыками и практическим опытом разработки технической</p>	

		документации и регламентов в области аналитической химии.
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Се-местр	Не-деля се-мес-тра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Само-стоя-тельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Ле-кц-ии	Пра-кти-ческие заня-тия	Лабо-ра-тор-ные заня-тия	Кон-троль са-мост. раб.		
<i>Модуль 1. Сверхкритические флюидов их свойства и технологическое применение</i>									
1	Сверхкритические флюиды и их свойства и технологическое применение в различных областях химической промышленности	8		4		8		-	устный опрос, тестирование
2	Фазовые диаграммы чистых веществ вблизи критической точки, используемых в сверхкритических технологиях.	8		4		8		-	устный опрос, тестирование
3	Классические и скейлинговые уравнения состояния чистых веществ вблизи критической точки. Кроссоверные модели для расчета свойств сверхкритических флюидов. Критические амплитуды и асимптотические и не асимптотические критические индексы, универсальные комплексы критических амплитуд. Универсальность критического поведения веществ	8		6		6		-	устный опрос, тестирование

	<i>Итого по модулю 1:</i>	36		14		22		-	коллоквиум
<i>Модуль 2. Критические и сверхкритические явления в бинарных смесях</i>									
1	Свойства бинарных смесей растворитель+косолвент.	8		6		10		2	устный опрос, тестирование
2	Расчет термодинамических свойств бесконечно разбавленных растворов вблизи критической точки чистого растворителя.	8		6		10		2	
		36		12		20		4	
<i>Модуль 3. Фазовая диаграмма бинарных смесей</i>									
1	Изоморфизм критических явлений в бинарных смесях. Фазовая диаграмма бинарных смесей вблизи критических точек. Изоморфное и кроссоверное уравнение состояния для бинарных растворов вблизи критических точек.	8		4		14		1	устный опрос, тестирование
2	Фазовое равновесие вблизи критических точек.	8		2		14		1	устный опрос, тестирование
	<i>Итого по модулю 3:</i>	36		6		28		2	коллоквиум
<i>Модуль 4. Экзамен</i>									
	Экзамен							36	
	Итого	144		32		70		6+36	экзамен

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Сверхкритические флюиды их свойства и технологическое применение

Тема.1. Сверхкритические флюиды и их свойства и технологическое применение в различных областях химической промышленности

Асимптотические и не асимптотические свойства чистых растворителей вблизи критической точки чистых веществ. Скейлинговое поведение термодинамических свойств чистых растворителей вблизи критической точки.

Асимптотические степенные законы вблизи критической точки. Универсальное поведение термодинамических и транспортных свойств кристаллических веществ вблизи критической точки. Критическое и сверхкритическое состояние вещества. Особые аномальные термодинамические и транспортные свойства вблизи сверхкритических флюидов.

Тема 2. Фазовые диаграммы чистых веществ вблизи критической точки, используемых в сверхкритических технологиях.

Фазовая диаграмма кристаллических веществ вблизи критической точки.

Тема 3. Классические и скейлинговые уравнения состояния чистых веществ вблизи критической точки.

Классические уравнения состояния вблизи критической точки. Теория Ландау (теория среднего поля). Классические критические индексы и универсальные соотношения между ними. Методика расчета термодинамических свойств кристаллических флюидов в сверхкритических условиях.

Неклассические (скейлингового типа) уравнения состояния кристаллических веществ. Кроссоверная модель параметрического уравнения состояния сверхкритических флюидов. Шестичленное кроссоверное разложение Ландау.

Динамический скейлинг. Оптические методы исследования критических явлений. Кроссоверное описание транспортных свойств сверхкритических флюидов.

Модуль 2. Критические и сверхкритические явления в бинарных смесях

Тема 1. *Свойства бинарных смесей растворитель+косолвент.*

Роль консолвентов в сверхкритических технологиях. Критические линии бинарных разбавленных растворов и параметры Кричевского.

Тема 2. *Расчет термодинамических свойств бесконечно разбавленных растворов вблизи критической точки чистого растворителя.*

Корреляционные интегралы и их расчет. Структурные свойства бесконечно разбавленных растворов вблизи критической точки чистого растворителя.

Модуль 3. Фазовая диаграмма бинарных смесей

Тема 1. *Изоморфизм критических явлений в бинарных смесях.*

Изоморфизм критических явлений в бинарных смесях. Фазовая диаграмма бинарных смесей вблизи критических точек. Изоморфное и кроссоверное уравнение состояния для бинарных растворов вблизи критических точек.

Тема 2. *Фазовое равновесие вблизи критических точек.*

Фазовое равновесие вблизи критических точек. Расчет фазового поведения в сложных многокомпонентных системах вблизи линии критических точек. Роль критических линий для предсказания свойств бесконечно разбавленных растворов. Классификация фазовых диаграмм

4.3.2. Лабораторные работы

Фазовое равновесие вблизи критических точек. Расчет фазового поведения в чистых, бинарных и сложных многокомпонентных системах вблизи линий критических точек. Расчет критических точек чистых веществ и бинарных растворов. Роль критических линий для предсказания свойств бесконечно разбавленных растворов. Классификация фазовых диаграмм. Целью лабораторных занятий является:

- освоение классической (теория среднего поля Ландау) и неклассической (скейлинговой) теории критических явлений для чистых веществ и бинарных растворов, техники расчета фазового поведения бинарных систем вблизи критической линии, расчет термодинамических свойств флюидов на основе уравнения состояния, построение фазовых диаграмм чистых веществ и бинарных растворов;

- расчет универсальных критических показателей и критических амплитуд теплоемкости, кривой сосуществования, изотермической сжимаемости чистых веществ вдоль критических изотерм и изохор на основе экспериментальных данных;

- обработка экспериментальных данных, разработка классических, трехпараметрических, уравнений состояния типа Редлиха-Квонга, Пенга-Робинсона и расчет термодинамических свойств сверхкритических флюидов;

- обработка экспериментальных данных вблизи критической точки на основе скейлинговых законов, построение параметрического скейлингового уравнения состояния чистых веществ;

- расчет перенормирования критических индексов теплоемкости и сжимаемости на основе данных о критических линиях;

- расчет критических параметров чистых веществ и бинарных смесей на основе уравнения состояния;
- расчет фазового равновесия в бинарных смесях на основе классических уравнений состояния.

№	Содержание лабораторной работы	Часы
<i>Модуль 1. Сверхкритические флюидов их свойства и технологическое применение</i>		
1.	Лабораторная работа №1. Расчет критических параметров для чистых веществ на основе классических уравнений состояния	4
2.	Лабораторная работа №2. Расчет значений универсальных критических индексов теплоемкости (α), линии насыщения (β), давления (δ), и критических амплитуд	3
3.	Лабораторная работа №3. Статистическая обработка экспериментальных данных	3
<i>Модуль 2. Критические и сверхкритические явления в бинарных смесях</i>		
1.	Лабораторная работа №4. Скейлинговое описание кривой сосуществования вблизи критической точки с учетом не асимптотических асимметричных поправок. Синглярный диаметр кривой сосуществования	6
2.	Лабораторная работа №5. Разработка скейлингового типа уравнения для давления насыщенных паров чистых веществ вблизи критической точки	4
<i>Модуль 3. Фазовая диаграмма бинарных смесей</i>		
1.	Лабораторная работа №6. Янг-Янговские аномалии теплоемкости вблизи критической точки	6
2.	Лабораторная работа №7. Вычисление индексов реакционной способности молекул	4

5. Образовательные технологии

В курсе по направлению подготовки магистров широко используются в учебном процессе компьютерные программы, различные методики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В соответствии с требованиями ФГОС предусматривается использование при проведении занятий следующих активных методов обучения:

- самостоятельное изучение теоретического материала с последующим разбором на семинарском занятии;
- подготовка к лабораторным работам;
- оформление результатов лабораторной работы;
- подготовка к промежуточному контролю;
- подготовка к экзамену.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Для самостоятельной работы студенты обеспечены учебниками с грифом Минобрнауки, учебными пособиями и пособиями для самостоятельной работы студентами по разделам дисциплины, подготовленными в том числе на кафедре, и Интернет-ресурсом, справочниками. Студентам рекомендуются конспектирование первоисточников и другой учебной литературы, проработка учебного материала по учебной и научной и тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины. По темам разделов студенты получают контрольные вопросы и задачи для решения, выполнение которых проверяется на семинарских занятиях. На них разбираются и подробно решаются те задания, которые вызывают у студентов наибольшие затруднения, требуют дополнительной проработки. По степени выполнения домашнего задания и активности на занятии каждый студент получает рейтинговый балл. В качестве учебно-

методического обеспечения студентам предоставляются контрольные вопросы и указываются учебники и пособия из списка рекомендованного списка по отдельным разделам дисциплины.

Для контроля текущей успеваемости составлены задачи для решения, контрольные вопросы и задания для каждого семинарского занятия; для промежуточного контроля и итоговой аттестации по итогам освоения дисциплины составлены контрольные вопросы, билеты и тесты по всем разделам дисциплины.

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
3. Решение задач.
4. Подготовка к коллоквиуму.
5. Подготовка к зачету и экзамену.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Изучение рекомендованной литературы.	Устный опрос по разделам дисциплины.	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа.
2.	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе.	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа.
3.	Решение задач	Проверка домашнего задания	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа.
4.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа.
5.	Подготовка к зачету и экзамену.	Устный опрос, либо компьютерное тестирование.	См. разделы 7.1, 8, 9 данного документа.

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

Промежуточный контроль проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

Итоговый контроль проводится либо в виде устного экзамена, либо в форме тестирования.

Оценка “отлично” ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка “хорошо” ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка “удовлетворительно” ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка “неудовлетворительно” ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

Формы контроля и критерии оценок

Формы контроля: текущий контроль (систематический учет знаний и активность студентов на занятиях), промежуточный контроль по модулю (рубежная контрольная работа по пройденному блоку тем) и итоговой контроль (экзамен). Текущий контроль осуществляется в виде устного опроса, тестирования, проведения коллоквиума, обсуждения реферата, проверки домашнего задания.

Оценка текущего контроля включает 70 баллов:

- допуск к выполнению лабораторных работ (10 баллов);
- выполнение и сдача лабораторных работ (20 баллов);
- тестирование (10 баллов);
- выполнение контрольной работы (с включением задач) – 20 баллов.

Промежуточный контроль (в виде контрольной работы или коллоквиума) оценивается в 30 баллов.

Итоговый контроль (100 баллов) проводится в виде устного собеседования или в виде письменного теста, содержащего вопросы по всем разделам курса “Сверхкритические флюиды, их свойства и технологические применения” изучавшим в процессе семестра. Среднее число баллов по всем модулям, которое дает право получения положительной оценки без итогового контроля знаний – 51 и выше.

Примерная тематика рефератов

1. Сверхкритические флюиды их свойства и технологические применения в химических технологиях.
2. Разработка классических уравнений состояния и расчет термодинамических свойств растворителей в сверхкритической области.
3. Парметрическое скейлинговое уравнение состояния молекулярных флюидов для чистых растворителей. Линейная модель.
4. Определение параметра Кричевского на основе анализа критических линий бинарных смесей.
5. Расчет термодинамических и структурных свойств бесконечно разбавленных смесей вблизи критической точки на основе концепции параметра Кричевского.
6. Многопараметрические уравнения состояния бинарных растворов. Оптимальный выбор правила смеси.
7. Скейлинговое уравнение кривой сосуществования чистых веществ вблизи критической точки с учетом не асимптотических членов. Сингулярный диаметр кривой сосуществования.
8. Скейлинговое уравнение для давления насыщенных паров с учетом не асимптотических членов.
9. Скейлинговое описание критических аномалий транспортных свойств чистых веществ.
10. Шестичленное кроссоверное уравнение состояние Ландау.
11. Классификация фазовых диаграмм бинарных смесей.
12. Поведение критических линий бинарных смесей и влияние на их свойства.
13. Изоморфизм критического поведения в бинарных смесях.

14. Метастабильное состояние. Уравнение спинодали на основе классических кубических уравнений состояния для чистых веществ.
15. Классические и неклассические (скейлинговые) критические показатели и определения их экспериментальных данных.
16. Экстракция биоактивных компонентов из биомассы с помощью сверхкритических флюидов.
17. Использование чистого CO_2 и CO_2 +модификатор для сверхкритических экстракционных процессов.
18. Трансэстерификация биомасс в сверхкритических спектрах.
19. Использование сверхкритического CO_2 для регенерации активированного угля и других фармацевтических проблемах.
20. Поведение критических линий бинарных смесей содержащих CO_2 и их фазовые диаграммы.
21. Поведение критических линий бинарных смесей содержащих H_2O и их фазовые диаграммы.
22. Фазовое равновесие в углеводородных смесях (природных газах). Ретроградные явления.
23. Роль косолвентов в сверхкритических экстракционных процессах.
24. Технология получения наночастиц (порошков) с помощью сверхкритических флюидов.
25. Сверхкритические флюиды для решения экологических проблем.
26. Сверхкритические флюиды как среда для химических реакций.
27. Растворимость твердых веществ в сверхкритических флюидах.
28. Процесс тепло-масса переноса в сверхкритических явлениях и его моделирование.
29. Экспериментальное исследование процесса экстракции растительного сырья в сверхкритическом CO_2 и CO_2 +спирт.

Контрольные вопросы к зачету

1. Термодинамическое определение критической точки чистых веществ. Критические свойства Ван-Дер-Ваальсовского газа.
2. Термодинамическое определение критической точки бинарных систем. Классификация фазовых диаграмм на основе поведения критических линий
3. Фазовая диаграмма чистых веществ вблизи критической точки в разных проекциях
4. Кривая сосуществования чистых веществ и его скейлинговое описание с учетом неасимптотических членов. Вагнеровское разложение. Сингулярный и прямолинейных диаметр кривой сосуществования
5. Скейлинговое уравнение давления насыщенных паров чистых веществ вблизи критической точки. Асимптотическое поведение
6. Простые степенные законы, описывающие асимптотические поведения термодинамических функций вблизи критической точки. Критические амплитуды, универсальные критические индукты и универсальные соотношения между ними.
7. Предсказания значений критических показателей на основе различных теорий (модель Изинга, ренорм групп) и сравнение с экспериментальными значениями. Универсальные соотношения между критическими показателями.
8. Динамический скейлинг. Динамические критические показатели. Асимптотические свойства транспортных свойств (теплопроводности и вязкости) чистых веществ вблизи критической точки.
9. Скейлинговое уравнение состояния. Линейная модель.
10. Универсальность критических явлений. Флуктуационная природа критических явлений.
11. Физико-химические основы сверхкритической флюидной экстракции. Растворимость твердых веществ в сверхкритических флюидах.

Параметр Кривовского и его роль в исследовании свойств бесконечно разбавленных растворов вблизи критической точки чистого растворителя

12. Термодинамические (парциальные молярные величины) и структурные (корреляционные интегралы) свойства бесконечно разбавленных смесей вблизи критической точки.

13. Природа асимметрии кривой сосуществования вблизи критической точки. Неасимптотический асимметричный вклад.

14. поведение двухфазной теплоемкости вблизи критической точки и Янг-Янг соотношения. Янг-Янг параметр.

15. Расчет вторых производных химического потенциала и давления насыщенных паров вблизи критической точки на основе калориметрических (теплоемкости) измерений.

16. Параметр Кривовского и коэффициент распределения вблизи критической точки.

17. Роль косолвентов в сверхкритических экстракционных процессах.

18. Селективность сверхкритической экстракции и ее зависимость от химической природы косолвента.

19. Изоморфизм критического поведения в бинарных смесях. Перенормировка критических показателей. Характеристические температуры и плотности

20. Анализ критического поведения термодинамических свойств на основе качественного анализа формы критических линий.

21. Экспериментальные методы определения критических параметров чистых веществ в бинарных растворах.

22. Реакция трансэстерификации биомассы в сверхкритических спиртах.

23. Сверхкритические экстракционные процессы в химических технологиях.

24. кроссоверные модели уравнения состояния чистых веществ вблизи критической точки.

25. Число Гинзбурга, граница применимости классической теории Ландау. Кроссоверный параметр. Кроссоверная функция.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Горшков В. И. Основы физической химии: [учебник] / В.И. Горшков, И. А. Кузнецов. - 3-е изд. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. - 407 с.

2. Агеев Е.П. Практикум по физической химии: Термодинамика: [учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению и специальности "Химия"] / [Е.П.Агеев и др.]; М.: Академия, 2010. - 218 с.

3. Березовчук, А. В. Физическая химия: учебное пособие / А. В. Березовчук. - 2-е изд. - Саратов : Научная книга, 2019. - 159 с. - ISBN 978-5-9758-1816-4. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/81087.html> (дата обращения: 04.02.2020).

б) Дополнительная литература:

1. Физическая химия: учебное пособие / Н. М. Селиванова, Л. А. Павличенко, Г. В. Булидорова [и др.]. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. - 188 с. - ISBN 978-5-7882-2009-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. –

URL: <http://www.iprbookshop.ru/79588.html> (дата обращения: 04.02.2020).

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1999. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 21.10.2019). – Яз. рус., англ.

2. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.10.2019)
3. ЭБС iprbook.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31168.html> (дата обращения: 21.10.2019).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса (или его раздела/части), практических и/или семинарских занятий, лабораторных работ (практикумов), и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Методические указания должны мотивировать студента к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу.

Указывается перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также методические материалы на бумажных и/или электронных носителях, выпущенные кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- гlossарий (словарь терминов по тематике дисциплины);
- тезисы лекций,
- раздаточный материал и др.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе могут быть оформлены в виде таблицы с указанием конкретного вида самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;
- работа с нормативными документами и законодательной базой;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий, курсовых работ (проектов);
- решение задач, упражнений;
- написание рефератов (эссе);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- выполнение переводов на иностранные языки/с иностранных языков;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций ситуации;
- обработка статистических данных, нормативных материалов;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине “Сверхкритические флюиды, их свойства и технологические применения” используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий, которая укомплектована техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).