

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Современные физико-химические методы исследования», включающая оценочные и методические материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	-	-
Профессиональные	-	ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации
	-	ПК-4. Способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-1	ПК-1.1	Знает подходы к планированию отдельных стадий исследования при наличии общего плана НИР
	ПК-1.2	Умеет готовить элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР
	ПК-1.3	Владеет современными методами получения объектов исследования и испытания объектов для решения поставленных задач НИР
ПК-4	ПК-4.1	Знает основные законы естественнонаучных дисциплин
	ПК-4.2	Умеет анализировать и находить основные законы естественнонаучных дисциплин, применяемые в конкретных ситуациях в профессиональной деятельности
	ПК-4.3	Владеет навыками анализа и объяснения конкретных ситуаций в профессиональной деятельности с позиции основных законов естественнонаучных дисциплин

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – формирование у обучающихся знаний о важнейших физико-химических методах, исследование основных вопросов теории химического строения, таких, как последовательность и кратность химических связей, структурная, оптическая и конформационная изомерия, координационное число атомов, взаимное влияние атомов и групп атомов в молекуле, энергетические, электрические и другие молекулярные характеристики, промежуточные продукты и механизмы реакций и т.д. с помощью физических методов исследования; использование в химических исследованиях современных спектроскопических и резонансных физических методов изучения новых веществ.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен **знать:**

- базовую терминологию, относящуюся к физико-химическим методам исследования;
- основные законы и понятия, лежащие в основе различных методов;
- классификацию методов;

уметь:

- применять полученные знания для выбора физико-химического метода исследования при идентификации и установлении химического строения;

владеть:

- навыками решения задач установления структуры соединения по данным физических методов исследования молекул.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	Формы обучения
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	4/144
Контактная работа:	80
Занятия лекционного типа	32
Занятия семинарского типа	32
Консультации	16
Промежуточная аттестация	зачет с оценкой
Самостоятельная работа (СР)	64

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Виды учебной работы (в часах)						СР
		Контактная работа						
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				
		Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Электрические и магнитные методы	16	0	16	0	0	0	32
2.	Методы молекулярной спектроскопии	16	0	16	0	0	0	32

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Электрические и магнитные методы	<p>Физические модели атомов и молекул. Методы определения физических свойств. Физическая теория метода. Прямая и обратная задачи. Понятие корректно поставленных задач в математике.</p> <p>Общая характеристика и классификация методов. Спектроскопические, дифракционные, электрические и магнитные методы. Энергетические характеристики различных методов. Чувствительность и разрешающая способность метода. Интеграция методов.</p> <p>Взаимодействие полярной молекулы с электростатическим полем. Ориентационная поляризация и ее связь с диэлектрической проницаемостью и дипольным моментом молекул; классический и квантовохимический подходы к выводу уравнений Дебая для линейной или жесткого диполя. Эффект Штарка.</p> <p>Определение дипольного момента в газах (первый метод Дебая) и растворах (второй метод Дебая). Применение данных для определения симметрии и конформации молекул, энергетика внутреннего вращения и комплексообразования. Метод молекулярных пучков. Дефокусировка и смещение молекулярного пучка в неоднородном электрическом поле. Примеры галогенидов второй и третьей групп. Метод</p>

		электрического резонанса. Определение дипольных моментов и структуры молекул труднолетучих соединений и нестабильных молекул.
2.	Методы молекулярной спектроскопии	<p>Квантовомеханический подход к описанию колебательных спектров. Уровни энергии, их классификация, фундаментальные, обертоновые и составные частоты. Интенсивность полос колебательных спектров. Правила отбора и интенсивность в ИК поглощении и в спектрах КР.</p> <p>Классическая задача о колебаниях многоатомных молекул. Частоты и формы нормальных колебаний молекул. Выбор модели.</p> <p>Естественные координаты. Коэффициенты кинематического взаимодействия. Силовые постоянные. Учет симметрии молекулы. Симметрия нормальных колебаний, координаты симметрии.</p> <p>Анализ нормальных колебаний молекулы по экспериментальным данным. Сопоставление ИК и КР спектров и выводы о симметрии молекулы. Характеристичность нормальных колебаний. Ограничения концепции групповых частот.</p> <p>Определение силовых полей молекулы и проблема их неоднозначности. Использование изотопических разновидностей молекул. Корреляция силовых постоянных с другими параметрами и свойствами молекул.</p> <p>Применение методов колебательной спектроскопии для качественного и количественного анализов и другие применения в химии. Специфичность колебательных спектров. Исследования динамической изомерии, равновесий, кинетики реакций.</p> <p>Техника и методики ИК спектроскопии и спектроскопии КР, преимущества лазерных источников возбуждения.</p> <p>Эмиссионная УФ спектроскопия как метод исследования двухатомных молекул. Вероятности переходов между электронно-колебательно-вращательным и состояниями. Принцип Франка-Кондона. Определение энергии диссоциации и других молекулярных постоянных.</p> <p>Абсорбционная спектроскопия в видимой и УФ областях как метод исследования электронных спектров многоатомных молекул. Характеристики электронных состояний многоатомных молекул: энергия, волновые функции, мультиплетность, время жизни. Симметрия и номенклатура электронных состояний.</p> <p>Классификация и отнесение электронных переходов. Интенсивности полос различных переходов. Правила отбора и нарушения запрета.</p> <p>Применение электронных спектров поглощения в качественном, структурном и количественном анализах. О специфике электронных спектров поглощения различных классов соединений. Спектры сопряженных систем и пространственные эффекты в электронных спектрах поглощения.</p> <p>Техника спектроскопии в видимой и УФ областях.</p> <p>Люминесценция (флуоресценция и фосфоресценция). Фотофизические процессы в молекуле. Основные характеристики люминесценции (спектры поглощения и спектры возбуждения, времена жизни возбужденных состояний, квантовый и энергетический выход люминесценции). Закономерности люминесценции (закон Стокса-Ломмеля, правило Левшина, закон Вавилова). Тушение люминесценции. Практическое использование количественного люминесцентного анализа.</p> <p>Физические основы ядерного магнитного резонанса. Снятие</p>

		<p>вырождения спиновых состояний в постоянном магнитном поле. Условие ядерного магнитного резонанса. Заселенность уровней энергии, насыщение, релаксационные процессы и ширина сигнала.</p> <p>Химический сдвиг и спин-спиновое расщепление в спектрах ЯМР. Константа экранирования ядра. Относительный химический сдвиг, его определение и использование в химии. Спин-спиновое взаимодействие ядер, его природа, число компонент мультиплетов, распределение интенсивности, правило сумм. Анализ спектров ЯМР первого и не первого порядков. Метод двойного резонанса.</p> <p>Применение спектров ЯМР в химии. Техника и методика эксперимента. Структурный анализ. Химическая поляризация ядер. Блок-схема спектрометра ЯМР, типы спектрометров. Характер образцов.</p> <p>Принципы спектроскопии электронного парамагнитного (спинового) резонанса. Условия ЭПР; g-фактор и его значение. Сверхтонкое расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии с одним и несколькими ядрами. Число компонент мультиплета, распределение интенсивности. Константа СТС. Тонкое расщепление. Ширина линий. Приложение метода ЭПР в химии. Изучение механизмов химических реакций. Химическая поляризация электронов. Определение свободных радикалов и других парамагнитных центров. Использование спиновых меток. Блок-схема спектрометра ЭПР, особенности эксперимента, достоинства и ограничения метода.</p>
--	--	--

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Электрические и магнитные методы	ПЗ	<p>Определение дипольного момента в газах (первый метод Дебая) и растворах (второй метод Дебая, метод Гедестранда)</p> <p>Применение данных для определения симметрии и конформации молекул, энергетика внутреннего вращения и комплексообразования. Метод молекулярных пучков.</p> <p>Фрагментарный подход к расчету дипольного момента. Квантово-механический расчет дипольного момента.</p> <p>Квантовомеханический подход к описанию колебательных спектров. Уровни энергии, их классификация, фундаментальные, обертоновые и составные частоты.</p>
2.	Методы молекулярной спектроскопии	ПЗ	<p>Интенсивность полос колебательных спектров. Правила отбора и интенсивность в ИК поглощении и в спектрах КР. Классическая задача о колебаниях многоатомных молекул. Частоты и формы нормальных колебаний молекул.</p> <p>Выбор модели. Естественные координаты. Коэффициенты кинематического взаимодействия. Силовые постоянные. Учет симметрии молекулы. Симметрия нормальных колебаний, координаты симметрии.</p> <p>Анализ нормальных колебаний молекулы по экспериментальным данным. Сопоставление ИК и КР спектров и выводы о симметрии молекулы.</p> <p>Люминесценция (флуоресценция и фосфоресценция). Фотофизические процессы в молекуле.</p> <p>Основные характеристики люминесценции (спектры поглощения и спектры возбуждения, времена жизни возбужденных состояний, квантовый и энергетический выход люминесценции).</p>

			<p>Закономерности люминесценции (закон Стокса-Ломмеля, правило Левшина, закон Вавилова). Тушение люминесценции. Практическое использование количественного люминесцентного анализа.</p> <p>Анализ спектров ЯМР первого порядка. Применение спектров ЯМР в химии. Техника и методика эксперимента. Структурный анализ.</p> <p>Химическая поляризация ядер. Блок-схема спектрометра ЯМР, типы спектрометров. Характер образцов.</p>
--	--	--	---

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Электрические и магнитные методы	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
2.	Методы молекулярной спектроскопии	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости (в том числе рубежного) и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости (в том числе рубежный);
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1.1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости (в том числе рубежного) по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Электрические и магнитные методы	
2.	Методы молекулярной спектроскопии	

3.1.1. Типовые контрольные задания

Контрольный работа

1. Дайте определение прямой и обратной задачи физического метода.
2. Назовите наиболее важные характеристики спектроскопических методов исследования.
3. Раскройте сущность дифракционных методов исследования. Области применения.
4. Как можно определить характеристическое время метода?
5. Какие молекулы имеют собственный дипольный момент?
6. Опишите поведение диэлектрика в статическом электрическом поле?
7. Что такое поляризуемость вещества? Какие виды поляризуемости можно ввести для молекул?
8. Может ли рассматриваться величина ориентационной поляризуемости в качестве молекулярной характеристики?
9. Напишите уравнение Клаузиуса – Моссотти. Объясните физический смысл величин, входящих в это уравнение. Для каких веществ оно может быть применимо?
10. Напишите уравнение Лорентца – Лоренца. Объясните физический смысл величин, входящих в это уравнение.
11. Напишите уравнение Дебая и объясните физический смысл величин, входящих в

него.

12. В чем заключается первый метод Дебая для определения дипольных моментов молекул?
13. В чем заключается второй метод Дебая для определения дипольных моментов молекул? Зависит ли определяемое значение дипольного момента молекулы от вида растворителя?
14. Что такое обертоны и составные частоты? Чем обусловлено их появление в ИК спектрах?
15. От каких факторов зависит величина силовой постоянной? Почему для тройных связей она наибольшая?
16. Что такое характеристическая частота? По какому принципу частоты разделяют на характеристические и нехарактеристические?
17. Какое колебание называют валентным, а какое деформационным? Почему это разделение условно?
18. Как на основании ИК спектров можно сделать заключение о способе координации в комплексных соединениях?
19. Перечислите основные области применения ИК спектроскопии, приведите примеры.
20. Какими основными свойствами характеризуются электронные состояния молекул?
21. Как формулируется принцип Франка – Кондона для вероятности электронных переходов?
22. По каким признакам можно идентифицировать в УФ спектре полосу поглощения $n \rightarrow \pi^*$ перехода? Чем объясняются сдвиги этой полосы при изменении полярности растворителя?
23. Как влияет сопряжение хромофорных групп на их электронный спектр? Как отражается на интенсивности $\pi \rightarrow \pi^*$ полосы поглощения изменение конформации сопряженной системы двойных связей?
24. Охарактеризуйте условия получения и способы изображения электронных спектров.
25. Почему октаэдрические комплексы (слабого поля) Mn^{2+} окрашены значительно менее интенсивно, чем такие же комплексы Cr^{3+} ?
26. Объясните, в чем заключается влияние спин-орбитального взаимодействия и эффекта Яна-Теллера на ЭСП?
27. Как выражается энергия взаимодействия ядра, обладающего ненулевым спином, с внешним магнитным полем?
28. Каковы условия ядерного магнитного резонанса?
29. Что такое спин-решеточная и спин-спиновая релаксация?
30. Перечислите и запишите выражение и шкалы химических сдвигов в ЯМР.
31. Что влияет на величину химических сдвигов в ЯМР? Почему химические сдвиги в ЯМР ^{19}F и ^{13}C меняются в значительно большем диапазоне, чем в ПМР?
32. Что такое константа экранирования ядра? В виде каких составляющих ее можно представить?
33. Объясните природу спин-спинового взаимодействия? Какие сведения дает величина константы спин-спинового взаимодействия?
34. Укажите основные параметры и характерные черты спектров ЯМР первого порядка.
35. Что называется электронным эффектом Зеемана?
36. В чем различие ЯМР и ЭПР спектроскопии?
37. В чем заключается условие магнитного резонанса? Напишите уравнение.
38. Что такое g-фактор Ланде и как он влияет на положение сигнала ЭПР?
39. Что такое электрон-ядерное сверхтонкое взаимодействие?
40. Каковы правила отбора для переходов между зеемановскими уровнями по электронному и ядерному спиновым квантовым числам в системах с электрон-ядерным сверхтонким взаимодействием?

41. В чем суть метода «спиновых меток»? Какие данные он позволяет получать?

42. Приведите примеры применения ЭПР спектроскопии.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Контрольная работа

Оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение изложить письменно.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка «отлично» ставится в случае, когда соблюдены все критерии.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но допускает несущественные погрешности.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Методы определения электрических дипольных моментов молекул

Диэлектрическая проницаемость и электрическая поляризация диэлектрика. Электрический дипольный момент молекулы Основные виды поляризации диэлектрика: электронная, атомная, ориентационная. Связь ориентационная поляризации с диэлектрической проницаемостью и дипольным моментом молекул. Уравнение Дебая, его применение и ограничения. Эффект Штарка.

Определение дипольного момента в газах (первый метод Дебая) и растворах (второй метод Дебая, метод Гедестранда). Применение данных для определения симметрии и конформации молекул, энергетика внутреннего вращения и комплексообразования. Метод молекулярных пучков.

Расчетный аппарат метода дипольных моментов. Векторно-аддитивная схема расчета дипольных моментов. Связевые моменты. Групповые моменты. Фрагментарный подход к расчету дипольного момента. Квантово-механический расчет дипольного момента.

Методы колебательной спектроскопии. Инфракрасные (ИК) спектры и комбинационное рассеяние света (КР)

Квантовомеханический подход к описанию колебательных спектров. Уровни энергии, их классификация, фундаментальные, обертоновые и составные частоты. Интенсивность полос колебательных спектров. Правила отбора и интенсивность в ИК поглощении и в спектрах КР. Классическая задача о колебаниях многоатомных молекул. Частоты и формы нормальных колебаний молекул. Выбор модели. Естественные координаты. Коэффициенты кинематического взаимодействия. Силовые постоянные. Учет симметрии молекулы. Симметрия нормальных колебаний, координаты симметрии. Анализ нормальных колебаний молекулы по экспериментальным данным. Сопоставление ИК и КР спектров и выводы о симметрии молекулы. Характеристичность нормальных колебаний. Ограничения концепции групповых частот. Определение силовых полей молекулы и проблема их неоднозначности. Использование изотопических разновидностей молекул. Корреляция силовых постоянных с другими параметрами и свойствами молекул. Применение методов колебательной спектроскопии для качественного и количественного

анализов и другие применения в химии. Специфичность колебательных спектров. Исследования динамической изомерии, равновесий, кинетики реакций. Техника и методики ИК спектроскопии и спектроскопии КР, преимущества лазерных источников возбуждения.

Методы электронной спектроскопии. Спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой (УФ) областях

Общая характеристика свойств электронных состояний. Колебательные и электронные энергетические уровни двухатомной молекулы. Вероятности переходов между электронно-колебательно-вращательными состояниями. Принцип Франка-Кондона. Характеристики электронных состояний многоатомных молекул: энергия, волновые функции, мультиплетность, время жизни. Симметрия и номенклатура электронных состояний.

Классификация и отнесение электронных переходов. Правила отбора и нарушения запрета. Специфике электронных спектров поглощения различных классов соединений.

Электронные спектры комплексов переходных металлов. Теория кристаллического поля. Спектрохимический ряд. Возможности ЭСП в определении параметра поглощения Δ . Правило отбора и интенсивность ЭСП для координационных соединений. Диаграммы Орбиталя для «Oh» и «Td» комплексов. Спин-орбитальное взаимодействие. Эффект Яна-Теллера

Применение электронных спектров поглощения в качественном, структурном и количественном анализе. Техника спектроскопии в видимой и УФ областях.

Люминесценция (флуоресценция и фосфоресценция). Фотофизические процессы в молекуле. Основные характеристики люминесценции (спектры поглощения и спектры возбуждения, времена жизни возбужденных состояний, квантовый и энергетический выход люминесценции). Закономерности люминесценции (закон Стокса-Ломмеля, правило Левшина, закон Вавилова). Тушение люминесценции. Практическое использование количественного люминесцентного анализа.

Метод ядерного магнитного резонанса

Физические основы ядерного магнитного резонанса. Снятие вырождения спиновых состояний в постоянном магнитном поле. Условие ядерного магнитного резонанса. Заселенность уровней энергии, насыщение, релаксационные процессы и ширина сигнала. Химический сдвиг и спин-спиновое расщепление в спектрах ЯМР. Константа экранирования ядра. Относительный химический сдвиг, его определение и использование в химии. Спин-спиновое взаимодействие ядер, его природа, число компонент мультиплетов, распределение интенсивности, правило сумм. Анализ спектров ЯМР первого порядка. Применение спектров ЯМР в химии. Техника и методика эксперимента. Структурный анализ. Химическая поляризация ядер. Блок-схема спектрометра ЯМР, типы спектрометров. Характер образцов.

Метод электронного парамагнитного резонанса

Принципы спектроскопии электронного парамагнитного (спинового) резонанса. Условия ЭПР. g-фактор и его значение. Сверхтонкое расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии с одним и несколькими ядрами. Число компонент мультиплета, распределение интенсивности. Константа СТС. Тонкое расщепление. Ширина линий. Приложение метода ЭПР в химии. Изучение механизмов химических реакций. Химическая поляризация электронов. Определение свободных радикалов и других парамагнитных центров. Использование спиновых меток. Блок-схема спектрометра ЭПР, особенности эксперимента, достоинства и ограничения метода.

3.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос

«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	<ul style="list-style-type: none"> - требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров из научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминология

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических учебно-профессиональных задач)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	<ul style="list-style-type: none"> - выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные и (или) печатные учебные издания

1. Казин, В. Н. Физическая химия : учебное пособие для вузов / В. Н. Казин, Е. М. Плисс, А. И. Русаков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 182 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11119-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517510>.
2. Кудряшева, Н. С. Физическая и коллоидная химия : учебник и практикум для вузов / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 379 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-

9916-7159-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510693>.

3. Физическая и коллоидная химия. В 2 ч. Часть 1. Физическая химия : учебник для вузов / В. Ю. Конюхов [и др.] ; под редакцией В. Ю. Конюхова, К. И. Попова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 259 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06719-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515170>.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. — URL: <https://urait.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. — URL: <https://znanium.com/>.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/>.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. — URL: <http://elibrary.ru/>.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. — URL: <http://cyberleninka.ru/>.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. — URL: <http://window.edu.ru/>.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. — URL: <http://fcior.edu.ru/>.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. — URL: <http://dic.academic.ru>.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. — <http://www.garant.ru/>.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения
---	---

Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.