

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Химия высоких энергий неорганических, органических и биоорганических соединений
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра логистических систем и технологий
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 15 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Т.М. Васильева, д-р техн. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры логистических систем и технологий 07.04.2023

## Аннотация

Курс посвящен обсуждению основных положений и понятий современной химии высоких энергий неорганических и (био)органических соединений, технике эксперимента и методов, используемых в этой области.

Приводятся главные понятия, законы и единицы измерения в химии высоких энергий, обсуждаются источники ионизирующих излучений и вопросы дозиметрии. Рассматривается взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Подробно анализируются эффекты, возникающие при этом в различных веществах – кристаллах, керамике, жидких углеводородах, органических и биоорганических полимерах и др. Излагаются сведения о промежуточных продуктах радиолиза различных соединений (ионах, сольватированных электронах, свободных радикалах, возбужденных частицах), роли ионизирующих излучений в синтезе и модифицировании веществ.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- формирование современных научных представлений о преобразованиях вещества при воздействии ионизирующего излучения;
- создание прочных знаний фундаментальных понятий и законов химии высоких энергий, знаний о химических реакциях, происходящих в веществе под воздействием нетепловой энергии;
- формирование представлений о месте химии высоких энергий в современных наукоемких технологиях и подходов к решению многообразных частных проблем физико-химического направления;
- приобретение способности использовать полученные знания, умения и навыки в сфере профессиональной деятельности, касающейся физики и химии плазмы, аэрокосмических технологий и других областей.

### Задачи дисциплины

- формирование понимания основных концепций химии высоких энергий;
- формирование представлений об основных механизмах взаимодействия ионизирующих излучений с веществом и взаимосвязи между природой этих взаимодействий и производимыми ими эффектами;
- приобретение умения анализировать явления, вызванные ионизирующими излучениями в веществах, выделять их суть, сравнивать, обобщать, делать выводы, использовать законы химии высоких энергий при сравнении и анализе различных явлений;
- изучение методов и подходов к решению разнообразных научных и прикладных проблем, связанных с радиационной технологией;
- формирование навыков изучения специальной литературы.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности

УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия и законы химии высоких энергий;
- механизмы протекания различных процессов в веществах твердого, жидкого и газообразного агрегатного состояния, инициированных воздействием разного вида ионизирующих излучений;
- закономерности протекания радиационно-индуцируемых процессов и их влияние на изменение физико-химических свойств соединений и материалов;
- теоретические основы технологий, связанных с воздействием на вещества и материалы ионизирующего излучения;
- принципы обнаружения/измерения радиационных излучений, технику радиационной безопасности.

уметь:

- анализировать явления химии высоких энергий, выделять их суть, сравнивать, обобщать, делать выводы, использовать законы химии высоких энергий при исследовании и сравнении различных явлений, вызванных влиянием ионизирующих излучений на вещество;
- применять теоретические знания в области химии высоких энергий, прогнозировать процессы, стимулируемые ионизирующими излучениями в неорганических соединениях, органических полимерах и биополимерах, растворах;
- применять основные законы химии высоких энергий при решении профессиональных задач;
- применять ряд ключевых практических навыков при работе в лаборатории (радиационная безопасность, планирование эксперимента и т. д.);
- представлять данные экспериментальных исследований и виде графиков, таблиц и законченного протокола исследования; разработать техническую презентацию в области электронно-лучевой радиационной химии.

владеть:

- методиками расчетов, анализа закономерностей протекания процессов химии высоких энергий на основе термодинамических расчетов, определения основных кинетических параметров химических реакций, стимулированных ионизирующими излучениями;
- навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой; вести поиск и делать обобщающие выводы;
- навыками радиационной безопасности в научной лаборатории и навыками практической работы по постановке эксперимента;
- навыками составления отчетов по итогам эксперимента.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основные понятия химии высоких энергий и радиационной химии	1			6
2	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	2			6
3	Взаимодействие светового излучения с веществом	1			2
4	Радиационно-химические процессы в газообразных веществах	2		5	2
5	Радиационная химия жидких систем	2			2
6	Радиационно-химические процессы в твердых телах	2			2
7	Действие ионизирующего излучения на полимеры	2		5	6
8	Технологические применения радиационной химии полимеров	1		5	2
9	Источники ионизирующего излучения в радиационной химии и технологии	2			2
Итого часов		15		15	30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

### 1. Основные понятия химии высоких энергий и радиационной химии

Предмет изучения химии высоких энергий, история ее развития. Виды ионизирующего излучения. Специфика различных видов высокоэнергетического воздействия. Единицы измерения: плотность потока частиц или квантов, интенсивность излучения, поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, радиационно-химический выход. Линейная передача энергии. Локальные области возбуждения и ионизации.

### 2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом

Первичные процессы воздействия ионизирующего излучения на вещество. Временные стадии радиационно-химических процессов, важнейшие интермедиаты радиационно-химических процессов и их реакции. Возбуждение и ионизация. Парная рекомбинация. Дезактивация возбужденных состояний. Образование и превращения первичных ионных и радикальных продуктов радиолитического превращения. Влияние вида излучения на протекание первичных процессов. Влияние фазового состояния вещества на его радиолитические превращения: особенности радиолитического превращения газообразных, жидких и твердых веществ.

### 3. Взаимодействие светового излучения с веществом

Фотоиндуцируемые химические превращения вещества: реакции фотодиссоциации и фотозамещения, фотоизомеризация и фотоперегруппировки, радикальные реакции возбужденных молекул. Люминесценция вещества.

### 4. Радиационно-химические процессы в газообразных веществах

Состав и свойства основных первичных и промежуточных продуктов радиолитического превращения газообразных систем. Радиолитическое превращение двухатомных и трехатомных газов. Радиолитическое превращение аммиака.

Радиолитическое превращение углеводородов: метана, линейных алканов, разветвленных алканов и циклоалканов, ненасыщенных и ароматических углеводородов. Наиболее важные реакции, стимулируемые ионизацией в газах, влияние примесей. Иницирование, продолжение и обрыв реакционной цепи в углеводородах. Радиационно-химическое окисление газообразных углеводородов.

### 5. Радиационная химия жидких систем

Радиолитическое превращение воды: физическая, физико-химическая и химическая стадии процесса. Образование, свойства и реакции первичных продуктов радиолитического превращения чистой воды, влияние растворенного кислорода. Основные виды радикальных и окислительно-восстановительных реакций в водных и водно-органических системах.

Радиолитическое превращение водных растворов неорганических и органических соединений, особенности радиолитического превращения концентрированных растворов. Радиолитическое превращение неорганических жидкостей: жидкий аммиак, гидразин. Радиолитическое превращение органических жидкостей на примере жидких углеводородов. Радиолитическое превращение некоторых функциональных органических соединений.

### 6. Радиационно-химические процессы в твердых телах

Особенности радиолитического превращения в твердой фазе. Радиолитическое превращение стеклообразных и кристаллических веществ, образование и миграция дефектов в кристаллах. Низкотемпературный радиолитический процесс. Понятие радиационного материаловедения. Изменение свойств и характеристик материалов под действием ионизирующих излучений. Радиационная стойкость материалов.

Радиационно-стимулированные гетерогенные процессы: адсорбция, катализ, коррозия, растворение.

## 7. Действие ионизирующего излучения на полимеры

Первичные процессы радиолиза полимеров. Химические и физико-химические превращения полимеров при облучении. Особенности радиационно-химических превращений макромолекул. Радиационная сшивка и деструкция. Основные промежуточные (радикальные) и конечные продукты таких реакций. Радиационная чувствительность полимеров. Изменение макроскопических свойств материалов при облучении.

Радиационная полимеризация. Радиационное инициирование. Радикальная полимеризация. Ионная полимеризация. Со-полимеризация. Твердофазная полимеризация

Радиационное и радиационно-термическое превращение природных высокомолекулярных соединений: целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, хитин.

## 8. Технологические применения радиационной химии полимеров

Процессы, основанные на полимеризации: отверждение полимерных покрытий.

Процессы, основанные на радиационной сшивке полимеров: радиационная вулканизация, радиационное модифицирование кабельных изоляционных покрытий, производство полимерных термоусаживающихся материалов и радиационно-сшитого пенополиэтилена

Процессы, основанные на радиационной деструкции полимеров: модифицирование целлюлозосодержащих отходов для производства кормовых добавок, регенерация резин на основе бутилкаучука, деструкция тефлона, регулирование молекулярной массы полимеров.

Использование ионизирующих излучений для охраны окружающей среды, биологические и медицинские приложения ионизирующих излучений. Радиационно-химические нанотехнологии.

## 9. Источники ионизирующего излучения в радиационной химии и технологии

Изотопные источники: гамма-установки, источники альфа- и бета-излучений. Аппаратные источники: ускорители заряженных частиц (прямоточные, линейные) рентгеновские трубки. Дозиметрия ионизирующего излучения. Меры радиационной защиты.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

Лабораторные работы проводятся в специализированной научной лаборатории оснащенной вытяжной вентиляцией, специальной мебелью и разнообразной химической посудой, наглядными таблицами.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Ободовский И.М. Радиационные технологии. Применения в лабораторных исследованиях, материаловедении и нанотехнологиях, промышленности. Учебное пособие. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2015. – 296 с.
2. Экспериментальные методы химии высоких энергий. Учебное пособие. Под ред. М.Я. Мельникова. - М.: Изд-во МГУ, 2009. - 824 с.

### Дополнительная литература

1. Пикаев А.К. Современная радиационная химия: Основные положения. Экспериментальная техника и методы. - М.: Наука, 1985. - 375 с.
2. Своллоу А. Радиационная химия. Пер. с англ. под ред. И.В. Верещинского. - М.: Атомиздат, 1976. - 280 с.
3. Бяков В.А. Начала радиационной химии, элементарные процессы радиоллиза. – М.: Palmarium, 2013. – 192 с.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Журнал Radiation Physics and Chemistry:  
<https://www.journals.elsevier.com/radiation-physics-and-chemistry>
2. Материал Effects of Radiation: An Introduction to Radiation and Radioactivity, размещенный на открытой образовательной платформе edX:  
<https://www.edx.org/course/effects-of-radiation-an-introduction-to-radiation>
3. Кудряшов Ю. Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения): учебник для студентов вузов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 448 с.  
<http://booksshare.net/index.php?id1=4&category=biol&author=kudryashov-ub&book=2004>

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В образовательном процессе используются дистанционные занятия и вебинары с использованием коммуникационного программного обеспечения Zoom, сервиса видеотелефонной связи Google Meet, веб-сервиса Google Класс, сервера веб-конференций BigBlueButton. Привлекаются материалы, размещенные на открытых образовательных платформах Coursera, Udemu, edX, а также материалы курса, размещенные в системе LMS на портале МФТИ.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Химия высоких энергий неорганических, органических и биоорганических соединений» требует самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- доработки конспекта;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе, материалов интернет ресурсов);
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- подготовка к выполнению лабораторных работ (изучение основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов, выполнение заданий для самостоятельной работы, а в отдельных случаях подготовка презентации по заданной преподавателем теме);
- подготовка к экзамену.

При необходимости возможна организация аудиторных, он-лайн консультаций и консультаций с использованием электронной почты, индивидуальные консультации (направленные на углубление освоения основного материала, успешное написание курсовых и контрольных работ, творческих работ, заданий практики и сдаче экзамена по дисциплине).

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра логистических систем и технологий
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

**Разработчик:** Т.М. Васильева, д-р техн. наук, доцент



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Химия высоких энергий неорганических, органических и биоорганических соединений» обучающийся должен:

**знать:**

- основные понятия и законы химии высоких энергий;
- механизмы протекания различных процессов в веществах твердого, жидкого и газообразного агрегатного состояния, инициированных воздействием разного вида ионизирующих излучений;
- закономерности протекания радиационно-индуцируемых процессов и их влияние на изменение физико-химических свойств соединений и материалов;
- теоретические основы технологий, связанных с воздействием на вещества и материалы ионизирующего излучения;
- принципы обнаружения/измерения радиационных излучений, технику радиационной безопасности.

**уметь:**

- анализировать явления химии высоких энергий, выделять их суть, сравнивать, обобщать, делать выводы, использовать законы химии высоких энергий при исследовании и сравнении различных явлений, вызванных влиянием ионизирующих излучений на вещество;
- применять теоретические знания в области химии высоких энергий, прогнозировать процессы, стимулируемые ионизирующими излучениями в неорганических соединениях, органических полимерах и биополимерах, растворах;
- применять основные законы химии высоких энергий при решении профессиональных задач;
- применять ряд ключевых практических навыков при работе в лаборатории (радиационная безопасность, планирование эксперимента и т. д.);
- представлять данные экспериментальных исследований и виде графиков, таблиц и законченного протокола исследования; разработать техническую презентацию в области электронно-лучевой радиационной химии.

**владеть:**

- методиками расчетов, анализа закономерностей протекания процессов химии высоких энергий на основе термодинамических расчетов, определения основных кинетических параметров химических реакций, стимулированных ионизирующими излучениями;
- навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой; вести поиск и делать обобщающие выводы;
- навыками радиационной безопасности в научной лаборатории и навыками практической работы по постановке эксперимента;
- навыками составления отчетов по итогам эксперимента.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль проводится в период аудиторной и самостоятельной работы студентов в установленные сроки по расписанию. Рубежный контроль применяется в следующих формах:

- ☐ оценка ответов на вопросы в процессе краткого (до 5 мин) выборочного устного опроса перед началом каждого практического занятия по материалам предыдущего занятия;
- ☐ оценка умения решать у доски и/или в письменном виде типовые примеры и/или задачи, рассматриваемые на практических занятиях;
- ☐ оценка активности и ответов на вопросы в соответствии с программой практических занятий;
- ☐ подготовка реферата и устных докладов и презентаций по предложенным преподавателем темам.

Формами контроля самостоятельной работы являются участие студентов в дискуссиях на семинарских занятиях, выполнение индивидуальных заданий, подготовка рефератов и выступление с докладами.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы и практическим занятиям:

1. Причины и критерии выделения химии высоких энергий в самостоятельный раздел химической науки.
2. Разделы химии высоких энергий.
3. Взаимодействие света с веществом. Диаграмма Яблонского.
4. Природа и физические свойства электронно-возбужденных состояний.
5. Фотохимические процессы. Основные типы фотохимических реакций.
6. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.

7. Треки, блобы, шпоры.
8. Стадии и временная шкала радиационно-химических процессов.
9. Образование и реакции электронно-возбужденных состояний в радиационной химии.
10. Вторичные радикальные и ион-молекулярные реакции.
11. Пострадиационные процессы. Стабильные продукты радиолиза.
12. Химические последствия действия ионизирующих излучений на вещество.
13. Дозиметрия ионизирующих излучений.
14. Радиолиз трехатомных газов (на примере молекулы аммиака).
15. Радиационно-химическое окисление газообразных углеводородов.
16. Радиолиз воды и водных растворов. Реакции в шпорах и треках.
17. Прямые и обратные реакции при радиолизе воды. Влияние добавок на радиолиз воды.
18. Радиолиз спиртов, органических кислот. Промежуточные и конечные продукты.
19. Радиационно-химические процессы в твердых телах.
20. Радиационно-химические процессы в полимерах, особенности поглощения ионизирующего излучения в полимерах. Роль структурной и химической неоднородности и молекулярной подвижности.
21. Радиационная чувствительность полимеров. Сшивание и деструкция.
22. Радиационная стойкость полимеров. Радиационное модифицирование полимеров.
23. Радиолиз биополимеров.
24. Аппаратурные и изотопные источники ионизирующих излучений.
25. Использование ионизирующих излучений для охраны окружающей среды, биологические и медицинские приложения ионизирующих излучений.
26. Радиационно-химические нанотехнологии.

Примерные темы рефератов:

1. Взаимодействие гамма- и рентгеновского излучения с веществом.
2. Фотополимеризация и светостабилизация полимеров.
3. Определение радиационно-химического выхода.
4. Ускорители частиц в прикладных исследованиях и технологиях.
5. Радиационные методы анализа состава и структуры вещества.
6. Промышленные радиационные технологии.
7. Радиационная стерилизация.
8. Радиационно-химические нанотехнологии.
9. Химия высоких энергий в материаловедении.
10. Взаимодействие ионизирующих излучений с живыми системами.
11. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Аттестация по дисциплине «Химия высоких энергий неорганических, органических и биоорганических соединений» осуществляется в форме экзамена.

Перечень типовых вопросов и тем для подготовки к экзамену:

1. Виды и источники ионизирующего излучения.
2. Специфика различных видов высокоэнергетического воздействия.
3. Плотность потока частиц или квантов, интенсивность излучения, поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, радиационно-химический выход.
4. Линейная передача энергии.
5. Дозиметрия. Примеры конкретных дозиметрических систем.
6. Первичные процессы воздействия ионизирующего излучения на вещество. Временные стадии радиационно-химических процессов. Возбуждение и ионизация.

7. Влияние фазового состояния вещества на его радиолитические превращения: особенности радиолитического газообразных, жидких и твердых веществ.
8. Фотоиндуцируемые химические превращения вещества: реакции фотодиссоциации и фотозамещения, фотоизомеризация и фотоперегруппировки.
9. Фотоиндуцируемые химические превращения вещества: радикальные реакции возбужденных молекул.
10. Состав и свойства основных первичных и промежуточных продуктов радиолитического газообразных систем.
11. Радиолитическое трехатомных газов (на примере молекулы аммиака).
12. Инициирование, продолжение и обрыв реакционной цепи в углеводородах.
13. Радиационно-химическое окисление газообразных углеводородов.
14. Радиолитическое воды: образование, свойства и реакции первичных продуктов, влияние растворенного кислорода.
15. Основные виды радикальных и окислительно-восстановительных реакций в водных и водно-органических системах.
16. Радиолитическое органических жидкостей на примере жидких углеводородов.
17. Наиболее важные реакции, стимулируемые ионизацией в газообразных углеводородах.
18. Реакционная способность главных функциональных групп в макромолекуле целлюлозы.
19. Реакционная способность главных функциональных групп в макромолекуле хитозана.
20. Наиболее важные реакции, стимулируемые ионизацией и возбуждением макромолекулы полисахаридов (на примере целлюлозы или хитозана). Основные промежуточные (радикальные) и конечные продукты.
21. Деструкция макромолекул полисахаридов, стимулированная ионизирующим излучением.
22. Влияние температуры на радиационно-стимулируемые превращения природных полимерных материалов. Радиационно-термическая конверсия целлюлозы.
23. Радиационная сшивка полимеров. Примеры процессов, основанных на радиационной сшивке полимеров.
24. Первичные процессы радиолитического полимеров. Химические и физико-химические превращения полимеров при облучении.
25. Радиационная сшивка и деструкция органических полимеров. Основные промежуточные (радикальные) и конечные продукты таких реакций.
26. Источники ионизирующего излучения в радиационной химии и технологии.
27. Использование ионизирующих излучений для охраны окружающей среды, биологические и медицинские приложения ионизирующих излучений.
28. Радиационно-химические нанотехнологии

Примеры экзаменационных билетов:

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Виды и источники ионизирующего излучения.
2. Радиолитическое воды: образование, свойства и реакции первичных продуктов, влияние растворенного кислорода.
3. Источники ионизирующего излучения в радиационной химии и технологии

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

1. Специфика различных видов высокоэнергетического воздействия.
2. Наиболее важные реакции, стимулируемые ионизацией и возбуждением макромолекулы полисахаридов (на примере целлюлозы или хитозана). Основные промежуточные (радикальные) и конечные продукты.
3. Фотоиндуцируемые химические превращения вещества: радикальные реакции возбужденных молекул.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3

1. Плотность потока частиц или квантов, интенсивность излучения, поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, радиационно-химический выход.
2. Радиолитическое трехатомных газов (на примере молекулы аммиака).

3. Радиационная сшивка и деструкция органических полимеров. Основные промежуточные (радикальные) и конечные продукты таких реакций.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4

1. Дозиметрия. Примеры конкретных дозиметрических систем.
2. Радиоллиз органических жидкостей на примере жидких углеводородов.
3. Реакционная способность главных функциональных групп в макромолекуле целлюлозы.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №5

1. Влияние фазового состояния вещества на его радиолитические превращения: особенности радиолиза газообразных, жидких и твердых веществ.
2. Деструкция макромолекул полисахаридов, стимулированная ионизирующим излучением.
3. Первичные процессы воздействия ионизирующего излучения на вещество. Временные стадии радиационно-химических процессов. Возбуждение и ионизация.

#### Критерии оценивания

Отлично 10 - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;

- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Отлично 9 - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;

- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Отлично 8 - систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;

- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);

- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Хорошо 7 - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;

- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Хорошо 6 - достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;

- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Хорошо 5 - достаточные знания в объеме учебной программы;

- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Удовлетворительно 4 - достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;

- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;

- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

Удовлетворительно 3 - недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;

- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;

- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;

- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;

- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

Неудовлетворительно 2 - фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;

- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

Неудовлетворительно 1 - отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Преподавателю предоставляется право, помимо теоретических вопросов студентам дополнительные вопросы, уточняющие понимание содержания курса.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.