Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет естественных наук

Согласовано

Декан ФЕН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Резников В.А..

*подпись*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Получение новых материалов методами радиационной химии релятивистских электронов**

направление подготовки: 04.04.01 Химия

направленность (профиль): Химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.х.н. Толочко Б.П. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Зав. каф. физической химии

академик РАН, д.х.н., проф. Пармон В.Н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель программы:

чл.-корр. РАН, проф. Нетесов С.В. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Новосибирск, 2020

**Содержание**

[1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 3](#_Toc21097778)

[2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 3](#_Toc21097779)

[3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося 4](#_Toc21097780)

[4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 4](#_Toc21097781)

[5. Перечень учебной литературы 6](#_Toc21097782)

[6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся 6](#_Toc21097783)

[7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины 7](#_Toc21097784)

[8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине 7](#_Toc21097785)

[9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 7](#_Toc21097786)

[10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине 8](#_Toc21097787)

Приложение 1 Аннотация по дисциплине

Приложение 2 Оценочные средства по дисциплине

# Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Результаты освоения образовательной программы  (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
| --- | --- | --- |
| **М-ПК-5.** Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к конструированию веществ и материалов c заданными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и/или биологической активностью | **М-ПК-5.1.** Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство» | - знает специфику взаимодействия ионизирующего излучения с различными средами, химическими и физическими трансформациями различных материалов. |
| **М-ПК-5.2.** Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство» | - умеет использовать знания механизмов радиационно-химических превращений в различных средах при анализе закономерностей «структура – свойство» |
| **М-ПК-5.3.** Вырабатывает стратегию поиска структурных прототипов новых веществ и материалов с заданными свойствами с учетом требований к их структуре и возможных ограничений | - имеет представление о современных типах промышленных ускорителей, а также их использование для получения материалов |

# 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины *Получение новых материалов методами радиационной химии релятивистских электронов*: физика, физическая химия, неорганическая химия, органическая химия, химия твердого тела.

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины *Получение новых материалов методами радиационной химии релятивистских электронов*: производственная практика, научно-исследовательская работа, итоговая государственная аттестация.

# 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – дифференцированный зачет

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Вид деятельности | Семестр |
| 1 |
| 1 | Лекции, ч | 36 |
| 2 | Практические занятия, ч | - |
| 3 | Лабораторные занятия, ч |  |
| 4 | Занятия в контактной форме, ч  из них | 38 |
| 5 | из них аудиторных занятий, ч | 36 |
| 6 | групповая работа с преподавателем, ч | - |
| 7 | консультаций, час. | - |
| 8 | промежуточная аттестация, ч | 2 |
| 9 | Самостоятельная работа, час. | 34 |
| 10 | Всего, ч | 72 |

Реализация дисциплины включена в практическую подготовку в ИХТТМ СО РАН при проведении следующих видов занятий, часть из которых предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:

- лекции.

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

***1 семестр***

Лекции (36 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование темы и их содержание | Объем,  час |
| **Модуль 1. Общие сведения об энергетике, типах ионизирующего излучения и основные понятия**" | |
| 1.1. Общие представления о химии высоких энергий. Основные понятия и определения. Энергетическая шкала в химии. Термическая химия и химия высоких энергий (термодинамические аспекты). Выделение подсистем. Обмен энергии между подсистемами. Времена релаксации. Методы измерения релаксации. Химическая реакция как один из конкурирующих каналов релаксации. Критерии выделения «химии высоких энергий». Общие представления об аппаратурном оформлении. | 2 |
| 1.2. Физические методы инициирования химических реакций. Типы ионизирующих излучений. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Устройство современных ускорителей. Принципиальные особенности поглощения энергии в радиационной химии и фотохимии. Основные экспозиционные характеристики излучений: интенсивность, поток частиц и поток энергии, флюенс. Поглощенная доза и мощность дозы. Квантовый выход и радиационно-химический выход. Обобщение энергетического выхода химических реакций. Коэффициент «полезного» использования энергии излучения. Дозиметрия. | 2 |
| 1.3. Временная шкала радиационно-химических и фотохимических процессов. Влияние фазового состояния на времена радиационно-химических процессов. Общие стадии и особенности. Ионизационные и радиационные потери энергии, линейная передача энергии (ЛПЭ). Формирование и эволюция начального пространственного распределения продуктов химических реакций. Пострадиационные эффекты. | 2 |
| **Модуль 2. Природа активных частиц. Механизмы радиационно-химических превращений** **в различных средах.** | |
| 2.1. Первичные продукты радиационно-химических и фотохимических процессов: положительные ионы, электроны и возбужденные состояния. Образование свободных радикалов. Роль ионизации в радиационной химии. Ионные состояния в плазмохимии. Структура и свойства молекулярных положительных ионов (катион- радикалов), их роль в радиационно-химических превращениях в конденсированных средах. | 4 |
| 2.2. Радиолиз воды и растворов. Образование стабилизированных и сольватированных электронов. Общие свойства сольватированных электронов, их роль в радиационной химии и примеры их реакций с ионами и органическими соединениями. Представления о радиолизе органических соединений различных классов. | 2 |
| 2.3. Электронно-возбужденные состояния в фотохимии и радиационной химии. Основные фотофизические процессы. Диаграмма Яблонского. Общие свойства электронно-возбужденных состояний. Особенности возбужденных состояний, образующихся в радиационно- химических процессах. Понятие о низкотемпературной стабилизации и матричной изоляции. | 2 |
| 2.4. Судьба неионизирующих вторичных электронов. Механизмы потери энергии неионизирующими электронами. Захват низкоэнергетических электронов в диэлектриках. | 2 |
| **Модуль 3. Приложения радиационной химии релятивистских электронов.** |  |
| 3.1. Модификация полимерных материалов и композиций ускоренными электронами. Особенности действия ускоренных электронов на макромолекулы. Сшивающиеся и деструктирующие полимеры. Образование трехмерной сетчатой структуры. Образование гелей при обработке растворов полимеров и их смесей. Изменения термических, механических и других свойств полимеров после обработки. Обработка полимерных пленок в процессе крейзинга. Получение термоусаживающихся изделий. Прививочная полимеризация на органических и неорганических поверхностях. Литография с использованием полимерных резистов | 4 |
| 3.2. Получение наночастиц при обработке ионизирующим излучением растворов и смесей содержащих соли металлов. Кинетика и механизм восстановления ионов металлов в водных растворах. Формирование и свойства кластеров и металлических наночастиц. Получение биметаллических частиц. Способы стабилизации наночастиц в растворах. Получение наночастиц при обработке организованных сред. Возможности регулирования размеров и формы наночастиц при радиационно-химическом синтезе. Возможности получения металл-полимерных композитов. | 4 |
| 3.3. Получение наночастиц методом электронно-лучевого испарения. Электронно-лучевая плавка и сварка. Специфика взаимодействия электронов различных энергий с металлами и сплавами. Модификация поверхности материалов низкоэнергетическими электронами. Карбонизация поверхности. | 4 |
| 3.4. Стимулирование диффузионно-контролируемых процессов высокоинтенсивными пучками ускоренных электронов. Радиационно-термический эффект. Примеры процессов синтеза сложных оксидов (ферритов, перовскитов и т.д.) и получения керамических материалов. Сравнение с традиционными способами. | 4 |
| 3.5. Принципы работы современных ускорителей: ИЛУ-6, ЭЛВ-6, DIMITRON. Использование ускоренных электронов для решения интенсификации некоторых процессов и экологических задач. Окисление, обеззараживание, обработка стоков. Стимулирование плазмохимических процессов при обработке дымовых выбросов. Использование обработки ускоренными электронами для снижения энергозатрат на измельчение минералов. LIGA технология для изготовления микро изделий из пластика и металлов. | 4 |

Самостоятельная работа студентов (34 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Перечень занятий на СРС | Объем, час |
| Закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала | 6 |
| Уточнение и дополнение сведений и знаний, полученных на лекциях | 6 |
| Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях | 6 |
| Подготовка к дифференцированному зачету | 16 |

# 5. Перечень учебной литературы

1. Э. Хенли, Э. Джонсон. Радиационная химия. М.: Атомиздат, 1974. 415 с.
2. А.К. Пикаев. Современная радиационная химия. Основные положения. Экспериментальная техника и методы. М.: Наука, 1985. 374 с.
3. В.И. Фельдман. Радиационная химия. В кн.: Экспериментальные методы химии высоких энергий. М.: МГУ, 2009.
4. А.К. Пикаев. Современная радиационная химия. Радиолиз газов и жидкостей. М.: Наука, 1986. 440 с.
5. А.К. Пикаев. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. М.: Наука, 1987. 448 с.
6. М. Анбар, Э. Харт. Гидратированный электрон. М.: Атомиздат, 1973. 280 с.
7. Радиационная химия макромолекул./ Под ред. М. Доула. М.: Атомиздат,1978. 325 с.
8. Своллоу, А. Радиационная химия органических соединений  / Пер. с англ. канд. хим. наук И. В. Верещинского [и др.] ; Под ред. д-ра хим. наук В. Л. Карпова. - Москва : Изд-во иностр. лит., 1963. - 408 с. : ил.

# 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

1. Мурзина Е. А. Взаимодействие излучения высокой энергии с веществом. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2007., с. 97.
2. Иванов, В. С. Радиационная химия полимеров : [Учеб. пособие для хим. и хим.-технол. спец. вузов] / В. С. Иванов. - Л. : Химия : Ленингр. отд-ние, 1988. - 320 с. : ил.; ISBN 5-7245-0004-3
3. И. В. Верещинский, А. К. Пикаев. Введение в радиоационную химию. [Издательство Академии Наук СССР](https://www.ozon.ru/publisher/izdatelstvo-akademii-nauk-sssr-858205/). 1963, 463 с.
4. [Ускорители Института ядерной физики СО АН СССР для промышленных и радиационно-технологических процессов](http://inp.nsk.su/images/preprint/1979_029.pdf). Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 79—029, 1979, с. – 12.. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1979\_029.pdf/.
5. Куксанов Н.К., Салимов Р.А., Черепков В.Г.. Ускорительная трубка. Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 1979—045, 1979, с. – 9. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1979\_045.pdf/.
6. Ускорители электронов серии ЭЛВ. Интернет ресурс: inp.nsk.su/~tararysh/accel/elv\_r.html

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

***7.1 Ресурсы сети Интернет***

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);

- образовательные интернет-порталы;

- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту, социальные сети.

***7.2 Современные профессиональные базы данных:***

- Реферативно-библиографическая база данных Scopus (Elsevier)

- Реферативно-библиографическая база данных Scifinder (Chemical Abstracts Service)

- Библиометрическая база данных Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.)

# 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

***8.1 Перечень программного обеспечения***

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

***8.2 Информационные справочные системы***

Не используются.

# 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

# 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине *Получение новых материалов методами радиационной химии релятивистских электронов* и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

***10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине***

***Текущий контроль успеваемости:***

В течение семестра преподаватель контролирует посещаемость, оценивает уровень подготовки студента к каждому лекционному занятию в коллективном обсуждении тем, рассматриваемых в рамках курса.

***Промежуточная аттестация:***

Итоговую оценку за семестр студент получает, сдавая дифференцированный зачет в устной форме.

***Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Получение новых материалов методами радиационной химии релятивистских электронов***

Таблица 10.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Код компетенции** | **Индикатор** | **Результат обучения по дисциплине** | **Оценочное средство** |
| **М-ПК-5** | **М-ПК-5.1.** Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство» | - знает специфику взаимодействия ионизирующего излучения с различными средами, химическими и физическими трансформациями различных материалов. | дифференциро-ванный зачет |
| **М-ПК-5.2.** Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство» | - умеет использовать знания механизмов радиационно-химических превращений в различных средах при анализе закономерностей «структура – свойство» | дифференциро-ванный зачет |
| **М-ПК-5.3.** Вырабатывает стратегию поиска структурных прототипов новых веществ и материалов с заданными свойствами с учетом требований к их структуре и возможных ограничений. | - имеет представление о современных типах промышленных ускорителей, а также их использования для получения материалов | дифференциро-ванный зачет |

Таблица 10.2

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерии оценивания результатов обучения** | **Шкала**  **оценивания** |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие полных ответов на все вопросы с непринципиальными неточностями,  – осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов,  – точность и корректность применения терминов и понятий,  – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. | *Отлично* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие полных ответов на все вопросы с несущественными ошибками,  – осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явлений,  – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,  – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок. | *Хорошо* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие ответов на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками,  – осмысленность и структурированность в изложении материала, наличие ошибок в логике, аргументации и объяснении отдельных процессов и явлений,  – корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,  – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы. | *Удовлетворительно* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие ответов не на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками,  – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,  –  грубые ошибки в применении терминов и понятий,  – отсутствие ответов на дополнительные вопросы. | *Неудовлетворительно* |

***Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения***

**Вопросы к дифференцированному зачету:**

Типы ионизирующих излучений.

Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.

Влияние фазового состояния на времена радиационно-химических процессов. Общие стадии и особенности.

Ионизационные и радиационные потери энергии, линейная передача энергии (ЛПЭ). Формирование и эволюция начального пространственного распределения продуктов химических реакций.

Пострадиационные эффекты.

Первичные продукты радиационно-химических и фотохимических процессов: положительные ионы, электроны и возбужденные состояния.

Образование свободных радикалов.

Структура и свойства молекулярных положительных ионов (катион- радикалов), их роль в радиационно-химических превращениях в конденсированных средах.

Модификация полимерных материалов и композиций ускоренными электронами. Особенности действия ускоренных электронов на макромолекулы. Сшивающиеся и деструктирующие полимеры. Образование трехмерной сетчатой структуры. Образование гелей при обработке растворов полимеров и их смесей. Изменения термических, механических и других свойств полимеров после обработки. Обработка полимерных пленок в процессе крейзинга. Получение термоусаживающихся изделий. Прививочная полимеризация на органических и неорганических поверхностях. Литография с использованием полимерных резистов.

Получение наночастиц методом электронно-лучевого испарения. Электронно-лучевая плавка и сварка. Специфика взаимодействия электронов различных энергий с металлами и сплавами. Модификация поверхности материалов низкоэнергетическими электронами. Карбонизация поверхности.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Примеры воросов:**

Чему равен порог ядерной реакции e-+Be9🡪 e- + Be8 +n ?

Какое потребительское свойство полиэтилена улучшается после облучения электронами ?

Какие явления происходят при столкновении релятивистских электронов с веществом ?

С какими элементарными частицами вещества взаимодействуют электроны с энергией от долей до 1,2 МэВ ?

Какие продукты образуются при взаимодействии воды с электронами ?

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**«Получение новых материалов методами радиационной химии релятивистских электронов»**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и №  протокола Ученого совета ФЕН | Подпись  ответственного |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |