

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета
Белгосуниверситета

_____ (Д.В. Свиридов)

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-____ /уч.

ВВЕДЕНИЕ В ЯДЕРНУЮ ХИМИЮ

**Учебная программа для
специальности 1-31 05 01 Химия (по
направлениям)**

1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)

2011 г

СОСТАВИТЕЛЬ:

Гергалов Валерий Иванович, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета, кандидат химических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 11.04.2011)

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № _____ от _____)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Введение в ядерную химию», предшествует курсу «Радиохимия», читаемому для специалистов, сталкивающихся с использованием ионизирующих излучений. Предметом этого раздела науки является область, пограничная между ядерной физикой, космохимией и физической химией. Курс обеспечивает понимание сути явления радиоактивности, раскрывает причины нестабильности ядер, специфику ядерных процессов, рассматривает законы и энергетику распада, закладывает основы понимания ядерных превращений и последствий этого процесса.

В курсе рассматриваются современные модели ядер, достоинства и недостатки этих моделей, границы их применимости, раскрываются возможности теоретического обоснования наблюдаемых ядерных процессов.

Важная роль принадлежит оценке природной радиоактивности, раскрытию генетических взаимосвязей между элементами, рассмотрению структуры как природных, так и коллатеральных рядов радиоактивных элементов, создаются предпосылки для глубокого понимания процессов, протекающих в природе, существа процессов, протекающих в ядерных реакторах, процессов неконтролируемого цепного превращения делящихся изотопов, процессов термоядерного синтеза.

Наконец, при чтении курса, обращается внимание на химические последствия ядерных превращений, механизм ядерных реакций, отдельные вопросы химии горячих атомов, эффект Мессбауэра и возможности его применения для решения задач аналитической химии и геохимии. Обращается внимание на химические изменения, индуцируемые реакциями (n,γ) и (n,p) изменения индуцируемые процессами изомерного перехода и др. последствия ядерных превращений.

Определенное внимание уделяется истории открытия радиоактивности и существу подходов, приведших к современному пониманию строения ядер и атомов и возможностей использования этих данных для развития всех отраслей науки и техники.

Получаемая в данном курсе информация лежит в основе понимания не только материала курса «Радиохимия», но и других специальных курсов, таких как «Радиационная химия», «Взаимодействие излучений с веществом», «Источники ионизирующих излучений», «Радиобиология» и др.

Задачи курса:

- дать представление о предмете и содержании ядерной химии;
- раскрыть взаимосвязи между физико-химическими и ядерными свойствами вещества;
- пояснить подходы, реализованные при установлении структуры атомов и атомных ядер;
- ознакомить учащихся со свойствами и спецификой поведения ядер, причинами их устойчивости или неустойчивости, общими закономерностями протекания ядерных реакций, законами радиоактивного распада, вопросами практического использования явления радиоактивности.
- охарактеризовать силы, действующие в ядре, рассмотреть модели ядер, структуру и свойства ядер, законы и энергетику распада;
- обратить внимание на химические последствия и механизм ядерных превращений;

В результате изучения дисциплины обучаемый должен знать:

- структуру и свойства атомных ядер, законы радиоактивного распада, взаимосвязи между членами естественных радиоактивных семейств;
- механизм разнообразных ядерных реакций;
- химические последствия ядерных реакций и причины протекания ядерных и термоядерных процессов;
- возможные пути использования энергии деления ядер;
- возможности метода молекулярной нейтроноскопии;
- физическую сущность резонансного поглощения γ -излучения без отдачи (эффект Мёссбауэра) и его применение в различных областях науки и техники;
- условия протекания реакций β - распада (β^+ , β^- , К-захват) и реакций α -распада.

Обучаемый должен понимать, что:

- в основе безопасной работы с делящимися ядрами лежит глубокое понимание законов радиоактивного распада;
- безопасная работа с коротко- и долгоживущими изотопами одного и того же элемента требует различных подходов;
- изотопы одного и того же элемента с разными типами распада требуют различных подходов и приемов организации безопасной работы;
- обеспечение приемлемых параметров природной среды при работе с радиоактивными веществами – профессиональная задача, решаемая хорошо подготовленными и экологически мыслящими специалистами.

Обучаемый должен уметь:

- проводить расчеты временного изменения активности радиоизотопов или их смесей;
- математически описать взаимосвязи материнских и дочерних радиоизотопов;
- оценить реальную и потенциальную активность радиоактивных элементов;
- оценивать и прогнозировать возможное негативное воздействие на окружающую среду и окружающие производство природные системы, а также на человека и другие организмы как действующих, так и проектируемых производств, связанных с использованием мощных источников ионизирующих излучений;
- определять интенсивность излучений и оценивать её с точки зрения допустимых норм;
- оценить возможность протекания той или иной ядерной реакции и распределение энергии между продуктами реакции.

Программа устанавливает объем подлежащего изучению материала и определяет уровень подготовки обучаемого, достаточный для понимания и успешного усвоения последующих дисциплин специального цикла.

Преподавание курса предусматривает проведение лекций, практических и семинарских занятий, а также самостоятельную работу студентов.

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется в ходе текущего и итогового контроля знаний, в форме устного опроса, в форме коллоквиумов, в форме письменных контрольных работ. Для контроля целесообразно использовать индивидуальные задания. Для общей оценки усвоения учебного материала рекомендуется использовать рейтинговые системы оценки.

Объем аудиторных занятий по дисциплине 34 часа, в том числе: 24 часа лекций, 4 часа семинарских и практических занятий, 6 часов КСР.

При реализации учебной программы допускается изменение последовательности изучения, а также перенесение отдельных вопросов программы на практические занятия или на самостоятельное изучение без нарушения целостности курса.

Примерный тематический план

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество аудиторных часов		
		Всего	Лекции	Практические
1	Часть I. Предмет ядерной химии: проблемы, задачи, направления развития. Тема 1. Возникновение ядерной химии, специфика объектов, задачи. Открытие радиоактивности и радиоактивных излучений.	<u>2</u>	<u>2</u>	
//2	Часть II. Атом и атомное ядро. Тема 2. Установление строения атома. Модели атома. Открытие атомного ядра. Тема 3. Ядерные силы. Свойства ядерных сил. Важнейшие характеристики ядер. Энергия связи ядра. Фотораспад. Тема 4. Спиновый момент ядра. Капельная модель. Тема 5. Область применения капельной модели. Устойчивость изобарных ядер. Недостатки капельной модели. Оболочечная модель ядра. Тема 6. Открытие и получение нейтронов. Особенности частицы. Семинар КСР в рамках тем 1-6	<u>12</u>	<u>10</u>	<u>4</u>
3	Часть III. Превращение ядер. Тема 7. Ядерные реакции. Энергетический эффект и энергия связи ядра. Тема 8. Пороговая энергия	<u>14</u>	<u>12</u>	<u>2</u>

	эндоэнергетической реакции. Вывод формулы для пороговой энергии. Вероятность реакции и её эффективное сечение. Тема 9. Радиоактивность. Постоянная распада. Период полураспада. Кривая роста дочерних ядер. Тема 10. Радиоактивные семейства Коллатеральные ряды. КСР в рамках тем 7-10		2	2
4	Тема 11. Альфа—распад. Закон Гейгера-Наталла. Позитронный бета-распад. Электронный β -распад. Электронный захват. Испускание γ -квантов. Тема 12. Процессы деления и слияния ядер. КСР в рамках тем 11-12		2	2
	Всего:	34	24	10

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. СВОЙСТВА РАДИОАКТИВНЫХ ЯДЕР И ИЗЛУЧЕНИЙ.

Учение о радиоактивности. Атомные ядра. Особенности ядерных сил. Заряд и масса ядра. Массовое число. Размеры и плотность ядер. Энергия связи ядра. Дефект массы. Фотораспад. Стабильность ядер. Поведение ядер в магнитном поле. Систематика изотопов. Магические числа. Протонно-нейтронная, капельная и оболочечная модели ядра.

Ядерные реакции. Природа и энергетика ядерных превращений. Пороговый эффект эндоэнергетической реакции. Вероятность реакции и её эффективное сечение. Причины нестабильности ядер. Уровни энергии.

Радиоактивность. Первые исследования радиоактивности. Основные типы радиоактивных превращений: альфа-, позитронный- и электронный распад, захват орбитальных электронов. Процессы снятия возбуждения. Гамма-переходы и ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Внеядерные эффекты, связанные с электронным захватом.

Основной закон радиоактивного распада. Статистический характер распада. Постоянная распада. Период полураспада и среднее время жизни радионуклида. Накопление продуктов распада. Последовательное превращение радиоактивных изотопов.

Природная радиоактивность. Радиоактивные семейства. Кинетика превращения в радиоактивных семействах. Радиоактивные равновесия: подвижное, вековое. Случай отсутствия равновесия. Разветвленный распад. Цепочка радиоактивных превращений. Методы определения констант распада и периодов полураспада. Активность. Единицы активности.

Ядерные излучения. Альфа-частицы. Теория альфа-распада. Правило сдвига Содди-Фаянса. Закон Гейгера-Наталла. Энергетические спектры альфа-частиц. Ядра отдачи.

Длиннопробежные частицы радиоактивных излучений. Бета-частицы. Теория бета-распада. К-захват. Связь между постоянной распада и максимальной энергией.

Гамма-лучи. Прохождение гамма-излучения через вещество. Внутренняя конверсия гамма-лучей. Образование пар. Ядерная изомерия.

Реакция деления и ее использование для получения ядерной энергии. Основы ядерного топливного цикла. Деление и слияние ядер. Критические массы делящихся веществ. Атомная бомба. Ядерный реактор. Цепные ядерные реакции. Химия ядерного горючего. Ядерные процессы и количество вторичного ядерного топлива и продуктов деления. Основные пути решения проблемы обращения с отработанным ядерным топливом.

Искусственная радиоактивность. Способы получения изотопов посредством ядерных реакций. Активация нейтронами. Активация гамма-квантами и заряженными частицами. Радиоактивность облученных образцов.

Ядерные реакции. Отличие ядерных реакций от химических. Механизмы, энергия, типы и способы написания ядерных реакций. Условия, необходимые для протекания ядерных реакций.

Деление ядер. Принцип получения атомной энергии. Ядерные реакторы. Военное применение реакций деления. Реакции с тяжелыми ионами. Реакции при высоких энергиях.

Примерная тематика практических занятий:

1. Строение ядра, его свойства. Модели ядер и их практическое применение.
2. Химические последствия ядерных превращений, механизм ядерных реакций. Химия горячих атомов. Эффект Мессбауэра и возможности его применения для решения задач аналитической химии
3. Химические изменения, индуцируемые ядерными реакциями. (n,γ) и (n,p) изменения индуцируемые процессами изомерного перехода и др. последствия ядерных превращений.
4. Законы радиоактивного распада. Взаимосвязи в радиоактивных семействах. Расчет активности в условиях подвижного и векового равновесий.
5. Процессы деления и синтеза ядер и возможности их практического использования.

Литература

1. Ядерная химия. Под ред. В.И. Гольданского и А.К. Лаврухина. М.: Наука, 1965, 329 с.
2. Химическая технология облученного ядерного горючего. Под ред. В.Б.Шевченко. М.: Атомиздат, 1971, 448 с.
3. Фридлиндер Г., Кеннеди Дж., Миллер Дж. Ядерная химия и радиохимия.- М.: Мир, 1967, 567 с.
4. Вдовенко В.Н. Современная радиохимия.- М.: Атомиздат, 1969, 544 с.

5. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 2-х томах. Т.1. Физика атомного ядра. Уч. пособ. для вузов.- М.: Атомиздат, 1974, 584 с.
6. Пустовалов Г.Е. Атомная и ядерная физика. М.: МГУ, 1968, 311 с.
7. Ядерная технология.: Уч. пособ. для вузов /Шведов В.П., Седов В.М., Рыбальченко И.Л., Власов И.Н. Под общ. ред. И.Д.Морохова. М.: Атомиздат, 1979, 336 с.
8. Акоста В., Кован К., Грэм Б. Основы современной физики. М.: Просвещение, 1981, 496 с.
9. Матвеев А.Н. Атомная физика. М.: Высшая школа, 1989, 439 с.
10. Лебедев В.М. Ядерный топливный цикл. Технология, безопасность, экономика. – М.: Энергоатомиздат, 2005, 316 с.
11. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра. – М.: ЛКИ, 2007, 584 с.
12. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов: Практические задачи по их эксплуатации. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009, 480 с.