

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кемеровский государственный университет»

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан
Химического факультета
_____ /
_____ Мороз /
« 25 » _____ марта 2013 г.



Рабочая программа дисциплины
Радиоэкология и дозиметрия

для специальности 020101.65-Химия (ДС.Ф.5)

факультет	химический		
курс	5		
семестр	9		
лекции	28 часов	экзамен	9 семестр
практические занятия	_____ часов	зачет	семестр
лабораторные занятия	84 часа	курсовая работа	семестр
самостоятельные занятия	106 часа		
Всего часов:	218		

Составитель: Н.Л. Алукер

Кемерово 2013

Рабочая программа дисциплины «Радиоэкология и дозиметрия» регионального компонента цикла ДС.Ф.5 составлена в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта второго поколения по специальности 020101.65 «Химия»

Рабочая программа дисциплины
обсуждена на заседании кафедры Физической химии

Протокол № 8 от « 18 » марта 2013 г.

Зав. кафедрой _____ А.Г. Кречетов

Одобрено методической комиссией химического факультета

Протокол № 7 от « 20 » марта 2013 г.

Председатель _____ О.Н. Булгакова

Цели и задачи курса радиоэкология и дозиметрия в системе естественных наук: предмет, методы исследования, объекты (уровни) исследований. Теоретические и фундаментальные аспекты, практическое применение результатов исследований. Системные и популяционные подходы. Стандартные термины и определения. Необходимость радиоэкологического образования – неотложная задача современности. Исторический аспект. Предмет изучается на пятом курсе студентами кафедры физической химии химического факультета. Во многом студенты сталкиваются со знакомыми понятиями, которые адаптированы к реальным проблемам радиоэкологии.

2. Тематический план

№ п/п	Название тем	Объем часов					Формы контроля
		Общи й	Аудиторная работа			Самос тоятел ьная работа	
			Лекци и	Прак тиче ские	Лабо ра торн ые		
1	Введение.	2	2				
2	Свойства ядер и ядерных излучений	17	2	2	3	10	Выборочная проверка знаний на лекциях - еженедельно
3	Радиоактивные превращения ядер	19	2	4	5	8	Решение задач
4	Альфа-распад	15	2	2	3	8	
5	Бета-распад	21	2	4	5	10	
6	Гамма-излучение ядер	19	2	4	5	8	
7	Нейтроны	15	2	2	3	8	
8	Дозиметрия ионизирующих излучений	22	3	4	5	10	Защита лаб. раб.
9	Формирование радиационного фона	20	3	4	5	8	
10	Регистрация ионизирующих излучений	19	2	4	5	8	Защита лаб. раб.
11	Взаимодействие излучения с веществом	17	2	2	3	10	

12	Повышенный радиационный фон	17	2	2	3	10	Реферат
13	Химические загрязнители среды	17	2	2	3	10	
	Всего	218	28	-	84	106	

3. Содержание лекционного курса

3.1. Свойства ядер и ядерных излучений.

Состав ядра. Масса ядра, энергия связи. Ядерный топливный цикл Добыча и переработка урановой руды. Ядерный реактор. Атомная бомба. Водородная бомба. Ядерные силы. Элементарные частицы. Большой взрыв.

3.2. Радиоактивные превращения ядер.

Понятие радиоактивного распада. Энергетическая диаграмма α распада. Закон радиоактивного распада. Единицы активности радионуклидов. Естественные α нуклиды. α семейства. Типы α распадов. Естественная и искусственная радиоактивность. Основные значимые для радиоэкологии естественные и искусственные радионуклиды.

3.3. Альфа-распад.

Основные характеристики альфа распада. Прохождение альфа частиц через в-во. Реальные пробеги. Биологическая опасность альфа излучения. Пути поступления в организм. Радон. Нормирование радона.

3.4. Бета-распад.

3 вида β -распада. Одновременность процессов распада.. Спектр электронов (позитронов). Пробег электронов. Нейтрино. β -Распад ядра - проявление особого фундаментального, слабого взаимодействия.. Основные β -источники. Прохождение заряженных частиц через вещество. Дельта-электроны. Удельная ионизация.

3.5. Гамма-излучение ядер.

Электромагнитное излучение. Дуализм. Основные закономерности гамма-излучения ядер. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. X-лучи. Взаимодействие гамма- квантов с веществом. Фотоэффект. Рождение электронно-позитронных пар. Комптон-эффект. Ослабление первоначального потока. Защита от излучения.

3.6. Нейтроны.

Искусственная радиоактивность с помощью нейтронов. Основные свойства нейтронов. Ядерные реакции под действием нейтронов. Замедление нейтронов, деление. Нейтроны в природе. Взаимодействие нейтронов с веществом. Реакции образования нейтронов. Источники нейтронов.

3.7. Дозиметрия ионизирующих излучений

Определение ИИ и ИИИ. Определение дозы. Экспозиционная доза (X). Поглощенная доза (D). Керма. Эквивалентная доза (H). Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы. Связь с линейными потерями энергии. Эффективная доза (H_E) Эффективная эквивалентная доза. Эквивалент индивидуальной дозы H_p (10). Эквивалентная доза при внутреннем облучении. Связь дозы и активности, гамма постоянная

3.8. Формирование радиационного фона.

Основные источники облучения населения и обусловленные ими эффективные эквивалентные дозы в мкЗв/год. Естественные источники радиационного фона. Космическое излучение. Источники ИИ в околоземном пространстве (воздействующие на космический аппарат). Земная радиация. Облучение за счет радиоактивных атмосферных аэрозолей. Облучение за счет радионуклидов в продуктах, содержащихся в биосфере и поверхностных водах. Техногенные (искусственные) источники излучения. Источники, используемые в медицине. Ядерные испытания в атмосфере, под водой и в космосе. Подземные ядерные взрывы в мирных целях. Атомные энергетические установки. Аварии. Основные факторы, придающие проблемам радиационной безопасности характер глобальной проблемы.

3.9. Регистрация ионизирующих излучений.

Физико-химические эффекты, положенные в основу регистрации ИИ. Основные характеристики детекторов. Методы. Сцинтилляционный метод дозиметрии. Ионизационный метод регистрации и дозиметрии. Химические методы. Люминесцентные методы дозиметрии. Фотографический метод дозиметрии. Трековые дозиметры. Радиометрия аэрозолей. Требования к детекторам. Приборы и средства измерения ионизирующих излучений. Приборы и оборудование для радиологического контроля. НРБ.

3.10. Взаимодействие излучения с веществом

Потери энергии. Этапы изменения характеристик ТТ. Дефекты.. Влияние облучения на макроскопические свойства ТТ. Радиационные технологии. Радиочувствительность различных представителей живого мира и различных по уровню организации живых систем. Течение острой и

хронической лучевой болезни у млекопитающих и человека. Лучевое поражение и процессы восстановления ДНК. Непрямой механизм действия радиации. Стимуляция жизненных процессов невысокими дозами радиации.

3.11. Повышенный радиационный фон (ПРФ).

Проблемы риска. Хроническое лучевое поражение. Испытание ядерного оружия в атмосфере (штат Невада, Семипалатинск, Крайний Север России). Последствия бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, Япония, август 1945г. Дозиметрические оценки 1965 и 1986 гг.

Радиоактивные загрязнения на Урале. Радиоактивная обстановка в Челябинской и Курганской областях. Аварии на АЭС и предприятиях. Оценка риска радиационно-индуцированного рака. Математические модели. Научные радиоэкологические заповедники Мероприятия по радиационной безопасности. Дозиметрический контроль. Радиационная гигиена.

Авария на ЧАЭС (26 апреля 1986г.). Причины, этапы развития катастрофы. Выброс и распространение радионуклидов. 30-километровая зона, подвижность пятнистости загрязнений. Современное состояние загрязнений в Брянской области, Белоруссии и на Украине. Атомная энергетика и проблемы риска.

Последствия аварий на ЧАЭС. Глобальное распространение радионуклидов. Миграция радионуклидов в почве, воде, воздухе, растительном и животном мире. Распространение радионуклидов по пищевым цепочкам. Содержание радионуклидов в продуктах питания. Прогнозы.

Медицинские аспекты аварии на ЧАЭС. Анализ концепций “Допустимая пожизненная доза – 35 бэр за 70 лет” и “Оценка риска заболеваний”. Общие неспецифические реакции организма и отдаленные последствия облучения. Прогнозы. Проблема стохастической радиационной экологии.

3.12. Химические загрязнители среды и радиационный фон.

Суммация и синергизм в действии химических и физических факторов. Влияние состава воздуха, воды и пищевых примесей на радиобиологические эффекты. Связь с величиной мощности облучения организмов.

Угарный газ, углекислый газ, метан, оксиды азота, диоксид серы, фтор-хлор-углероды, озон, фенолы. Образование смога, парниковый эффект кислотные дожди, разрушение озонового слоя и ПРФ. ПРФ и курение. Гербициды, пестициды, нитраты, диоксин, соли тяжелых металлов и др. и ПРФ. Сложность оценки радиоэкологических эффектов в связи с многофакторностью воздействия на организм.

4. Литература.

1. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика. Учебник. М. “Московский университет”, 2001.
2. Гончаренко Е.Н., Кудряшов Ю.Б. Химическая защита от лучевого поражения. М., “Московский Университет”, 1985 г.
3. Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана. П/ред. Бурназян А.И., М., “Энергоатомиздат”, 1990г.
4. Ядерная энциклопедия. Энциклопедия. П/ред. Ярошинской А.А., М., изд-во Благотворительного фонда Ярошинской А.А., 1996г.
5. Радон в коммунальных и промышленных сферах; проблемы нормирования, биологическое действие, методики измерений. М., 1993.
6. Рихванов В.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск, 1997.
7. Радиационное наследие холодной войны. М., 1999.
8. Иванов В.И. Дозиметрия ионизирующих излучений. М., 1964.
9. Пикаев А.К. Дозиметрия в радиационной химии. Москва. 1975.
10. Радиация. Дозы, эффекты, риск. Москва. 1988.
11. Яблоков А.В. Экологическая безопасность России. Выпуск 1. Москва. 1995.
12. Бегак О.Ю., Нечаев А.Ф., Прояев В.В. Введение в радиоэкологию. Санкт – Петербург. 1992.
13. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96): Гигиенические нормативы. - М.: Информационно-издательский центр. Госкомсанэпиднадзора России, 1996.
14. Машкович В.П., Панченко А.М. Основы радиационной безопасности: Учебное пособие для ВУЗов. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
15. Ободовский И. М. Современные методы детектирования излучений. Москва, 1981.
16. ГОСТ Р МЭК 1066-93 Системы дозиметрические термолюминесцентные для индивидуального контроля и мониторинга окружающей среды.
17. ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».

Вопросы для самостоятельной подготовки.

1. От каких физических, физико-химических и прочих факторов зависит радиоактивность?
2. В чем отличие радиометрической информации от дозиметрической?
3. Можно ли сделать приблизительную дозиметрическую оценку радиационной обстановки на известном расстоянии от источника ионизирующего излучения, зная его абсолютную активность. Если можно, то как? Если нельзя, то, какими сведениями нужно для этого располагать?
4. Как зависит от времени: абсолютная активность радионуклида? количество атомов радионуклида?

5. Единицы активности: единицы СИ, внесистемные. Производные (уменьшающие и увеличивающие поправки).
6. Связь активности радионуклида с его массой.
7. Константа радиоактивного распада и связь с периодом полураспада.
8. Во сколько раз убывает активность радиоактивного препарата по истечении шести периодов полураспада? Десяти? "N" периодов полураспада?
9. Чем гамма-излучение отличается от рентгеновского?
10. Существуют ли другие источники, создающие потоки альфа- и бета-частиц и гамма-квантов, кроме радионуклидов?
11. Что такое "трансурановые элементы"? Каким образом они рассеиваются в биосфере (приблизительный перечень причин). Почему изотопы этих элементов считаются наиболее опасными в радиобиологическом отношении?
12. Чем опасны изотопы радона? Изотопы радия? Радиоактивные изотопы стронция, йода?
13. Все ли самопроизвольно протекаемые процессы в биосфере с участием радионуклидов приводят к постепенному уменьшению их концентрации в объектах (подсистемах) биосферы (без учета радиоактивного распада)? Существуют ли процессы, в результате которых радионуклиды самопроизвольно накапливаются в объектах окружающей среды? Как можно количественно охарактеризовать подобную тенденцию к накоплению?
14. Защита от альфа-излучения радионуклидов не представляет собой сколь-нибудь сложной инженерной задачи: это слабо-проникающее излучение, легко поглощающееся даже небольшим слоем воздуха. Тогда почему в соответствии с НРБ многие альфа-излучатели по радиационной опасности отнесены к группе А?
15. Если известна "радиационная обстановка" в некотором районе, оцениваемая мощностью дозы (для определенности скажем 10 мкР/ч), то можно ли по этим данным определить, какие радионуклиды и в каком количестве находятся в объектах окружающей среды в этом районе?
16. Как оценить по экспозиционной дозе поглощенную дозу в воздухе, в биологической ткани и в любом другом веществе?
17. В чем состоит отличие поглощенной и эквивалентной доз?
18. Дайте определение эффективной дозы, в каких случаях ее используют.
19. Как производится разделение компонент в поле бета- и гамма-излучений?
20. Организация защиты от направленного фотонного излучения; какие материалы используются для защиты?
21. Что такое гамма-постоянная и как она используется на практике?
22. Защита временем, количеством, расстоянием.
23. Какие конструкции защит от β -частиц и электронов являются оптимальными?
24. Основные источники фонового (непрофессионального) облучения человека.
25. Сцинтилляционные детекторы. Основной принцип действия, особенности регистрации отдельных видов излучения (альфа, бета, гамма).

26. Приборы индивидуального дозиметрического контроля (ТЛД-дозиметры, радиофотолуминесцентные дозиметры, фотодозиметры, трековые дозиметры для регистрации нейтронов).

Темы практических занятий и задачи к ним

1. Свойства ядер и ядерных излучений

✓ Изотопы какого элемента образуются из в случае: β -распада; К-захвата? Сколько протонов и нейтронов они содержат?

✓ В изотоп какого элемента превращается испытывший последовательно два α -распада и два β -распада?

✓

2. Альфа-распад и бета-распад

✓ Постоянная распада Cs-137 равна 0,023 лет⁻¹. Определить его период полураспада.

✓ Какой активностью обладает источник, содержащий 1 мг изотопа: Cs-137, Sr-90.

3. Гамма-излучение ядер

✓ Конечным продуктом распада природного урана-238 является свинец-206. В природном уране содержится 99,28% урана-238. Определить возраст урановой руды, если известно, что на 1 кг природного урана в ней к настоящему времени приходится примерно 310 г свинца-206. $T_{1/2}=4,51 \cdot 10^9$.

✓ При археологических раскопках были обнаружены сохранившиеся деревянные предметы, активность C-14 в которых оказалась равной 10 распадам в минуту на 1 г содержащегося в них углерода. В живом дереве происходит в среднем 14,5 распадов C-14 за минуту на 1 г углерода. Исходя из этих данных, определить время изготовления обнаруженных предметов.

4. Дозиметрия ионизирующих излучений

✓ Рассчитать бета-активность 1 г KCl, с учетом того, что содержание K-40 в природном калии 0,0119%, что K-40 смешанный бета-гамма излучатель. Ему свойственен бета распад - 88 % и К-захват, сопровождающийся гамма излучением - 12 %. Максимальная энергия бета излучения K-40 равна 1,325 МэВ.

✓ При строительстве жилого дома была использована бетонная плита, в которой на расстоянии 3 см от ее поверхности оказался замурованным точечный источник кобальт-60 с активностью $1,85 \cdot 10^{11}$ Бк, используемый в промышленных дефектоскопах (средняя энергия γ - излучения $E_{\gamma} = 1,25$ МэВ). Рассчитать мощность экспозиционной дозы излучения этого источника в спальном комнате в центре кровати, отстоящем на расстоянии 1,5 м от источника. Оценить также поглощенную и эквивалентную дозы в теле жильца этой квартиры за 1 год, если он спит в облучаемой кровати в среднем 8 часов в сутки.

5. Формирование радиационного фона

✓ Рассчитать в зивертах и бэрах эквивалентную дозу гамма-излучения в теле человека в результате его тотального облучения при экспозиционной дозе $1,26 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

✓ Определить эффективный период полувыведения йода-131 из организма взрослого человека.

✓ Определить эффективный период полувыведения стронция-90 из организма взрослого человека.

✓

Перечень лабораторных работ

1. Применение радиометров на основе счетчиков Гейгера - Мюллера и сцинтилляционных для радиометрии.
2. Твердотельная термолюминесцентная дозиметрия ионизирующих излучений

Вопросы к экзаменам

1. Свойства ядер и ядерных излучений.
 - 1.1. Состав ядра. Масса ядра, энергия связи, размер ядра
 - 1.2. Ядерные силы. Современные представления о структуре нуклонов
2. Радиоактивные превращения ядер
 - 2.1. Понятие радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада
 - 2.2. Естественные р/а нуклиды. Р/а семейства
3. Альфа-распад
 - 3.1. Основные закономерности α -распада
 - 3.2. Основные изотопные α -источники
 - 3.3. Взаимодействие α -излучения с веществом
4. Бета-распад
 - 4.1. Основные закономерности β -распада
 - 4.2. Форма β -спектра. Нейтрино
 - 4.4. Основные β -источники
 - 4.5. Взаимодействие β -излучения с веществом
5. Гамма-излучение
 - 5.1. Свойства γ -квантов
 - 5.2. Основные закономерности γ -излучения ядер.
 - 5.3. Основные γ -источники
6. Прохождение заряженных частиц через вещество.
 - 6.1. Элементарные процессы, обуславливающие потери энергии заряженных частиц в веществе. Ионизация и возбуждение атомов вещества.
 - 6.2. Дельта-электроны. Спектр энергий. Максимальная энергия дельта-электронов. Подпороговые дельта-электроны.

6.3. Удельные ионизационные потери энергии частиц. Величина dE/dx .
Зависимость удельных потерь энергии от свойств вещества. Зависимость удельных потерь от параметров частицы. Различие удельных ионизационных потерь энергии для тяжелых частиц и для электронов.

7. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Качественное различие во взаимодействии гамма-излучения и заряженных частиц с веществом, обусловленное нулевым зарядом и нулевой массой покоя гамма-кванта.

7.1. Фото-эффект. Ионизация внутренних оболочек. Характеристическое рентгеновское излучение, Оже-эффект.

7.2. Рентгенфлуоресцентный метод исследования состава вещества.

7.3. Комптоновское рассеяние гамма-квантов.

Понятие комптоновской длины волны. Полные сечения ослабления пучка, поглощения и рассеяния. Коэффициент передачи энергии.

7.4. Образование электрон-позитронных пар.

7.5. Полное поглощение гамма-излучения. Электронное и атомное сечение поглощения, линейный и массовый коэффициент поглощения, коэффициент поглощения сложного вещества.

8. Особенности взаимодействия нейтронов с веществом.

8.1. Распределение нейтронов по группам энергий: тепловые, промежуточные и быстрые нейтроны.

8.2. Ядерные реакции под действием нейтронов. Реакции типа (n,α) , (n,p) . Радиационный захват нейтронов, реакция типа (n,γ) . Реакции деления (n,f) , осколки деления. Реакции активации. Зависимость сечения ядерной реакции от энергии нейтронов. Спектр нейтронов в активной зоне ядерных реакторов. Нейтроно-активационный анализ.

9. Регистрация ионизирующих излучений

9.1. Основные принципы регистрации излучений.

9.2. Газовые и жидкостные ионизационные детекторы. Ионизационные камеры, счетчики Гейгера.

9.3. Сцинтилляционные методы регистрации излучений. Основные свойства сцинтилляторов, классификация сцинтилляторов. Фотоприемники: фотоумножители, фотодиоды.

9.4. Фотографическая регистрация излучений. Ядерные фотоэмульсии.

9.5. Термолюминесцентные детекторы.

9.6. Особенности регистрации гамма-квантов и нейтронов.

9.7. Спектрометры. Получение и переработка спектрометрической информации. Энергетическое разрешение, факторы, определяющие разрешение. Прикладная гамма-спектрометрия.

10. Физические основы дозиметрии.

10.1. Физические величины в области дозиметрии ионизирующих излучений. Единицы измерения. Поглощенная доза, керма, экспозиционная доза, эквивалентная доза, мощность дозовых характеристик.

10.2. Активность источника. Расчет дозовых полей радионуклидных гамма-источников.

10.3. Связь между поглощенными дозами в объекте и в дозиметрическом приборе.

10.4. Биологическое действие и нормирование облучения. Прямое и косвенное действие, соматические и генетические эффекты. Проблема малых доз, пороговая и беспороговая концепции.

10.5. Относительная биологическая эффективность. Взвешивающие коэффициенты. Эквивалентная доза и единица ее измерения Зиверт. Коллективные дозы: эквивалентная и коллективная эквивалентная.

10.6. Фоновое облучение человека. Природный и техногенный фон. Естественный и техногенно-измененный природный фон. Искусственный фон.

10.7. Концепция приемлемого риска. Принципы нормирования облучения. Радиационно-гигиенический и экологический принципы нормирования. Принципы МКРЗ: нормирования, обоснованности, оптимизации. Концепция польза - затрата.

10.8 Основные положения НРБ. Категории: персонал, население. Дозовые пределы и допустимые уровни.