

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«30» августа 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки (специальность):

04.04.01 Химия

Направленность (профиль) ОПОП:

Радиохимия

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 августа 2019 г., №1033.

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок В-ПД

2. Планируемые результаты обучения по практике, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор достижения - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Формируемые компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
СПК-2 Способен выбирать методы регистрации ионизирующих излучений и правильно использовать современные спектрометрические и радиометрические приборы для проведения радионуклидной диагностики веществ и физико-химических процессов	СПК-2.М.1 Предлагает оптимальные способы регистрации ионизирующих излучений	Знать: законы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом и методы регистрации ионизирующих излучений. Уметь: выбирать оптимальные условия регистрации ионизирующих излучений, правильно интерпретировать результаты измерений, использовать современное радиометрическое оборудование
	СПК-2.М.2 Грамотно проводит эксперимент по регистрации радиоактивности веществ и материалов	Владеть: методами и приемами подготовки препаратов для регистрации радиоактивности и проведения измерений

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 40 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (19 часов - занятия лекционного типа, 19 часов - занятия семинарского типа, 2 часа на проведение промежуточной аттестации), 32 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

4. Входные требования для освоения модуля, предварительные условия.

Для полноценного усвоения данного образовательного модуля **необходимо:**

- **знать** основные естественнонаучные дисциплины в рамках образовательной программы бакалавра; изучение дисциплин данного модуля опирается, главным образом, на теоретических знаниях и практических навыках в области неорганической, аналитической, органической и физической химии;
- **уметь** пользоваться химической литературой и современными интернет-ресурсами;
- **владеть** базовыми навыками работы с компьютерными программами.

5. Аннотация содержания дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (з.е. / часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа, в т.ч., лабораторные и практические работы	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия* и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к контрольным работам	Всего
Раздел 1. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.	11	4	3				7	2	2	4
Раздел 2. Регистрация ионизирующих излучений	14	4	4				8	4	2	6
Раздел 3. Спектрометрия ионизирующих излучений	14	4	4			(*)	8	4	2	6
Раздел 4. Влияние условий на результаты измерения. Пробоподготовка	11	3	4				7	2	2	4

Раздел 5. Основные понятия дозиметрии	12	4	4			(*)	8	4		4
Промежуточная аттестация - зачет	10						2			8
Итого	72	19	19			2*	40			32

* Текущий контроль проводится в рамках семинарских занятий

Содержание разделов дисциплины

Тематические разделы, рассматриваемые на лекциях и семинарах.

Раздел 1. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом

1. Типы ионизирующих излучений.
2. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Специфика взаимодействия с веществом альфа- и бета- излучений.
3. Взаимодействие гамма-излучения с веществом.
4. Взаимодействие нейтронов с веществом.

Раздел 2. Регистрация ионизирующих излучений

1. Газовые ионизационные камеры и счетчики.
2. Сцинтилляционные детекторы.
3. Полупроводниковые детекторы.
4. Трековые детекторы. Авторадиография.

Раздел 3. Спектрометрия ионизирующих излучений

1. Регистрация гамма-излучения сцинтилляционными и полупроводниковыми спектрометрами.
2. Регистрация бета- и альфа-излучений жидкостными сцинтилляционными спектрометрами.

Раздел 4. Влияние условий на результаты измерения. Пробоподготовка

1. Влияние свойств радионуклидов и условий измерения на величину регистрируемой активности.
2. Статистическая обработка результатов измерений. Измерение низких уровней радиоактивности.
3. Методы подготовки препаратов для корректного определения радиоактивности природных объектов.

Раздел 5. Основные понятия дозиметрии

1. Формирование дозы облучения от разных типов излучения. Поглощенная доза.
2. Доза от косвенно ионизирующего излучения. Керма.
3. Экспозиционная доза.
3. Биологические последствия действия ионизирующего излучения. Эффективная и эквивалентная доза.
4. Защита от ионизирующих излучений.
5. Нормы радиационной безопасности и правила работы с радиоактивными материалами.

6. Самостоятельное изучение разделов дисциплин

Самостоятельная работа студентов состоит в проработке лекционного материала, подготовке к контрольным работам, выполнению домашних заданий, а также подготовке к экзамену.

Примерный перечень видов работ, проводимых самостоятельно:

- Работа с лекционным материалом и рекомендованной литературе по теме: ***Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Подготовка к контрольной работе по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Регистрация ионизирующих излучений. Подготовка к двум контрольным работам по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Спектрометрия ионизирующих излучений. Подготовка к контрольной работе по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Влияние условий на результаты измерения. Пробоподготовка. Подготовка к контрольной работе по данной теме.***
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: ***Основные понятия дозиметрии. Подготовка к контрольной работе по данной теме.***

Подготовка к зачету.

7. Образовательные технологии:

- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ;
- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса.

8. Ресурсное обеспечение:

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

Основная литература

1. Конспект лекций.
2. Алиев Р.А., Калмыков С.Н. // Радиоактивность, С.-Петербург, изд-во Лань, 2013, 304 с.
3. Ершова О.Д., Ишханов Б.С., Капитонов И.М. // Взаимодействие частиц и излучений с веществом. Учебное пособие. М., изд-во МГУ, 2007, 71 с.
4. Болоздыня А.И., Ободовский И.М. // Детекторы ионизирующих частиц и излучений. М.: изд-во Интеллект, 2012, 208 с.
5. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. // Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. М.: БИНОМ, 2006, 286 с.
6. Ю.Б. Кудряшов. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). М.: Физматлит. 2004, 442 с.

Дополнительная литература

1. M.F. L'Annunziata, Handbook of radioactivity analysis. Third edition. 2012. Academic Press. 1379 p.
2. G. Choppin, J. Rydberg, J.-O. Liljenzin. Radiochemistry and Nuclear Chemistry. Third Edition, Butterworth-Heinemann, 2002, 709 p.
3. Иванов В.И. Курс дозиметрии. 4-е изд. перераб. и доп. М: Атомиздат, 1988. -400 с.

Периодическая литература

1. Радиохимия
2. Radiochimica Acta
3. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry
4. Environmental Radioactivity

Интернет-ресурсы

1. Доступ к основным мировым on-line библиотекам и базам данных ссылок и рефератов (Web of Science и другие)
2. Доступ к on-line ресурсам и журналам издательства Elsevier, Springer и других.
3. Сайт кафедры радиохимии

Требования к материально-техническому обеспечению: обычная аудитория с возможностью демонстрации презентаций

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: профессор, д.х.н. Афанасов М.И., доцент к.х.н. Куликов Л.А, доцент, к.х.н. Бадун Г.А., доцент, к.х.н. Чернышева М.Г.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачета. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

Текущий контроль успеваемости проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность работы студентов на лекциях и семинарах, уровень подготовки к лекциям, результаты контрольной работы.

1. Образец контрольной работы.

Задание 1. Альфа-частица с энергией 7 МэВ создает в воздухе на начальном участке пробега (до 3 см включительно) ~2,9 пар ионов на 1 мкм пробега. Оцените плотность потока частиц и плотность потока энергии в воздухе на расстоянии 2,5 см от точечного α -источника активностью 11 МБк, если на образование пары ионов расходуется в среднем 34 эВ.

Задание 2. Слой полуослабления γ -излучения ^{137}Cs в NaI равен ~2,5 см. Какая доля потока квантов будет задерживаться монокристаллом NaI толщиной 20 мм?

Задание 3. Плотность параллельных потоков α - и β -частиц $2000 \text{ см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Энергия α -частиц равна 3,0 МэВ, β -частиц равна 1,25 МэВ. Как изменится плотность потока этих частиц, если на их пути поставить алюминиевый экран толщиной 1 мм. Плотность Al = 2,7 г/см³.

Задание 4. Для измерения активности ^{185}W в вольфрамовой фольге использовали торцовый счетчик Гейгера-Мюллера (разрешающее время счетчика $\tau = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$, толщина окна 3 мг/см²). Площадь образца фольги 1 см², толщина 0,02 мм. Регистрируемая скорость счета образца составила 1885 имп/мин, скорость счета фона равна 35 имп/мин. Определить удельную активность (Бк/г) ^{185}W в фольге. Плотность вольфрама 19,1 г/см³. Геометрический коэффициент $\eta = 0,5$, эффективность счетчика $\varepsilon = 1$, коэффициент обратного рассеяния $q = 1,1$. Некоторые характеристики радионуклида ^{185}W и излучения:

Тип распада	$T_{1/2}$	$E_{\beta, \max}$, МэВ	R_{\max} г/см ²	$d_{1/2}$, г/см ²	μ , см ² /г
β^- (~100%)	75 сут	0,432	0,129	0,0136	53,0

Задание 5. Рассчитайте толщину защиты из свинца, которая требуется при постоянной работе в течение года на расстоянии 0,5 м от препарата радиоактивностью 1 ГБк, находящегося в алюминиевом футляре (толщина стенок 2 мм). Проведите три варианта расчета для препаратов, испускающих: 1) α -частицы с энергией 5 МэВ; 2) β -частицы с энергией 0,6 МэВ; 3) β^+ -частицы с энергией 0,9 МэВ. Размер препарата таков, что его можно считать точечным источником излучения. Плотность алюминия 2,7 г/см³.

Задание 6. Мощность поглощенной дозы при работе с источником β -излучения ($E_{\max} = 1,75 \text{ МэВ}$) составляет 100 мкГр/ч. Определите эквивалентную дозу, полученную за 6 ч работы с этим источником. Сколько суток можно работать с этим источником, чтобы не

превысить годовую допустимую дозу облучения работников категории А? Предложите материал и рассчитайте его толщину для защиты от этого излучения.

Промежуточный контроль успеваемости (вопросы к зачету)

Для аттестации по итогам освоения дисциплины предусмотрен зачет. Зачет проводится с учетом успеваемости обучающегося при работе в семестре и результатами контрольной работы. Зачет проводится устно и включает в себя ответы на вопросы из перечня:

Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Эффекты, сопровождающие прохождение излучения через вещество.

Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Пробег альфа-частиц в веществе. Кривая Брэгга.

Взаимодействие бета-частиц с веществом. Ослабление бета-излучения. Тормозное излучение. Черенковское излучение.

Механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом. Ослабление гамма-излучения различными материалами.

Общая характеристика методов регистрации ионизирующих излучений. Типы детекторов. Влияние свойств радионуклида и условий измерений на величину регистрируемой активности.

Регистрация ионизирующих излучений с помощью газовых ионизационных детекторов.

Методы регистрации гамма-излучения. Гамма-спектрометрия.

Регистрация альфа- и бета-излучений с помощью жидкостной сцинтилляционной спектрометрии.

Физические и химические последствия воздействия ионизирующего излучения. Радиолиз воды. Действие ионизирующих излучений на живые организмы. Негативные эффекты облучения. Взаимосвязь доза-эффект.

Понятие доза облучения. Дозы, характеризующие непосредственно ионизирующие и косвенно ионизирующие излучения.

Поглощенная доза. Единицы измерения. Способы определения. Эквивалентная и эффективная дозы. Допустимые уровни облучения для различных категорий населения.

Дозиметрия косвенно ионизирующих излучений. Керма. Экспозиционная доза. Единицы измерения. Связь между ионизацией воздуха гамма-излучением и поглощенной дозой в биологической ткани. Доза от точечного источника со сложным составом гамма-излучения. Керма-постоянная.

Защита от ионизирующих излучений. Защита временем, расстоянием, с использованием экранов. Расчет защиты от внешнего бета- и гамма-излучения. Принципы, лежащие в основе радиационной защиты. Правила работы с радиоактивными веществами.

Естественный радиационный фон на Земле. Вклад различных факторов в дозу облучения населения. Радон как фактор облучения.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
Знать: законы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом и методы регистрации ионизирующих излучений.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
Уметь: выбирать оптимальные условия регистрации ионизирующих излучений, правильно интерпретировать результаты измерений, использовать современное радиометрическое оборудование	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
Владеть: методами и приемами подготовки препаратов для регистрации радиоактивности и проведения измерений	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете