

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)
ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНЫХ МЕТОДОВ В ХИМИИ, БИОЛОГИИ И МЕ-
ДИЦИНЕ

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-1.М: Способен использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, воздействии ионизирующих излучений на вещество, свойствах радиоактивных соединений для квалифицированной постановки и решения радиохимических задач	СПК-1.М.1 Предлагает оптимальные способы введения радиоактивных меток	Знать: способы введения радионуклидов в биомолекулы Уметь: использовать метод радиоактивных индикаторов различных областях химии и биологии.
	СПК-1.М.3 Оценивает результаты физических и химических процессов с участием радиоактивных веществ	Владеть: знаниями о физико-химических и биохимических свойствах радиоактивных соединений

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 – 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 аналитической, органической, физической химии и биохимии;
- **уметь** пользоваться химической литературой и 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. Метод радиоактивных индикаторов	18	6	4				10	6	2	8
Раздел 2. Получение радионуклидов и меченых соединений	18	6	4				10	6	2	8
Раздел 3. Основы радиофармацевтической химии	18	4	6				10	6	2	8
Раздел 4. Применение радионуклидов для исследования биохимических процессов и структуры биологических макромолекул	16	3	5				8	6	2	8

Промежуточная аттестация - зачет	2					2	2			
Итого	2/72	19	19			2	40	16	16	32

* Текущий контроль проводится в рамках семинарских и лекционных занятий

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Метод радиоактивных индикаторов

1. Основные принципы использования радиоактивных индикаторов
2. Физико-химические особенности поведения индикатора количеств веществ
3. Примеры применения радиоактивных индикаторов

Раздел 2. Получение радионуклидов и меченых соединений

1. Получение изотопов для радионуклидной диагностики
2. Принципы синтеза меченых соединений – радиоактивных индикаторов
3. Номенклатура меченых соединений
4. Примеры радиохимических синтезов

Раздел 3. Основы радиофармацевтической химии

1. Понятие радиофармацевтического препарата
2. Радиофармацевтические препараты для диагностики
3. Радиофармацевтические препараты для терапии
4. Применение меченых соединений для разработки новых лекарственных средств

Раздел 4. Применение радионуклидов для исследования биохимических процессов и структуры биологических макромолекул

1. Применение радионуклидов и меченых соединений для исследования сложных химических систем и процессов
2. Применение радионуклидов и меченых соединений для исследования биохимических процессов
3. Применение радионуклидов и меченых соединений для исследования структуры биомолекул

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: *Метод радиоактивных индикаторов. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: *Способы получения радионуклидов и меченых соединений. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: *Радиофармацевтическая химия. Подготовка к контрольной работе по данной теме.*
- Работа с лекционным материалом и рекомендуемой литературе по теме: *Применение радионуклидов для исследования биохимических процессов и структуры биологических макромолекул. 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. М.Г. Чернышева, Г.А. Бадун. Меченые соединения в физико-химических и биохимических исследованиях. Лекции и практикум. Пососбие. Изд. Московского университета. 2018. 55 с.
3. Г.Е.Кодина, Р.Н.Красикова. Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для ядерной медицины. М., Изд. дом МЭИ, 2014. 281 с.
4. Г. Чоппин, Я. Ридберг. Ядерная химия. Основы теории и применения. М.: Энергоатомиздат, 1984, 304 с.

5. Национальное руководство по радионуклидной диагностике. Коллектив авторов, под редакцией Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова. В двух томах. - Томск: STT, 2010.
6. Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков Радиоактивность. М.: Лань. 2013, 304 с.

Дополнительная литература

1. Э.С.Филатов, Е.Ф.Симонов. Физико-химические и ядерно-химические способы получения меченых органических соединений и их идентификация. М., Энергоатомиздат, 1987. 141 с.
2. Л.А.Баратова, Е.Н.Богачева, В.И.Гольданский, В.А.Колб, А.С.Спирин, А.В.Шишков. Тритиевая планиграфия биологических макромолекул. М., Наука, 1999. 175 с. Э.Эванс. Тритий и его соединения. М., Атомиздат, 1970. 309 с.
3. Б.М.Андреев, Э.П.Магомедбеков, М.Б.Розенкевич, Ю.А.Сахаровский. Гетерогенные реакции изотопного обмена трития. М., Эдиториал УРСС, 1999.
4. J-V. Kratz, K. H. Lieser. Nuclear and Radiochemistry. Fundamentals and Applications. Third, Revised Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013, 913 p.
5. Welch M.J., Redvanly C.S. Handbook of radiopharmaceuticals: Radiochemistry and applications. Wiley, 2005.
6. Richard Zimmermann. Nuclear Medicine: Radioactivity for Diagnosis and Therapy. EDP Sciences, 2007. 173 p.
7. Graham Lappin, Simon Temple. Radiotracers in Drug Development. CRC Press, 2006. 320 p.

Периодическая литература

1. Радиохимия
2. Radiochimica Acta
3. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry
4. IUPAC Gold Book. <http://goldbook.iupac.org>

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: к.х.н. Чернышева М.Г., к.х.н. Бадун Г.А.

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. Примеры задач

1. Для определения объема крови используют ^{32}P . У пациента взяли 15 мл крови и смешали с пренебрежимо малым объемом $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$ высокой удельной радиоактивности. Через час эритроциты (красные кровяные тельца) связали весь фосфор. Скорость счета 1 мл такой крови составила 216 000 имп/мин. 5 мл образца ввели обратно в пациента и через 30 мин снова взяли кровь на анализ. Получилось, что скорость счета 10 мл крови составила 2300 имп/мин. Рассчитайте объем крови.
2. На циклотроне при облучении дейтронами неона получили ^{18}F в виде $^{18}\text{F}_2$ по ядерной реакции $^{20}\text{Ne}(\text{d},\alpha)^{18}\text{F}$ Мишень продули неоном с добавкой 100 нмоль $^{19}\text{F}_2$ и в криогенной ловушке собрали 9 ГБк фтора. Далее ввели полученный фтор в реакцию электрофильного замещения и получили 2,4-дигидрокси-6- ^{18}F фторфенилаланин (^{18}F FDOPA). Меченый продукт нейтрализовали и выделили на хроматографической колонке. Полученный препарат ^{18}F FDOPA расфасовали на 3 равные порции и отправили в медицинский центр, где его и ввели пациентам для ПЭТ-исследования. Период полураспада ^{18}F 110 минут. При распаде с вероятностью 97 % испускаются β^+ частицы, $E_{\text{max}} = 0,635$ МэВ, и с вероятностью 3 % происходит электронный захват (ЭЗ). Определите общую радиоактивность (Бк) и удельную радиоактивность (Бк/моль) ^{18}F FDOPA на момент получения очищенного препарата, если химический выход FDOPA 30% по фтору, продолжительность работы (от момента сбора $^{18}\text{F}_2$ до выделения ^{18}F FDOPA) составила 45 минут. Какую эквивалентную дозу получил пациент массой 70 кг в результате этой диагностики, если предположить равномерное распределение ^{18}F FDOPA по телу, период полувыведения FDOPA из организма 60 минут (энерговыведением при ЭЗ пренебречь, принять, что все e^+ поглощаются в организме, а половина γ -квантов покинет организм).
3. К 10 мл водной суспензии наночастиц серебра с концентрацией 1 мг/мл добавили 10 мл водного раствора Na^{36}Cl без носителя радиоактивностью 0.66 МБк. После достижения равновесия удельная радиоактивность раствора составила 22 кБк/мл. Определите удельную поверхность ($\text{м}^2/\text{г}$) наночастиц серебра, если хлорид-ион при адсорбции занимает площадь 1 нм^2 , период полураспада ^{36}Cl $3 \cdot 10^5$ лет.
4. Для получения ^{35}S тиомочевины методом изотопного обмена использовали 3 ммоль нерадиоактивной тиомочевины и 7 ммоль ^{35}S .

Определите исходную общую и удельную радиоактивность ^{35}S , если при достижении равновесия удельная радиоактивность тиомочевины составила 140 МБк/ммоль. Определите период полубомена этой реакции, если через 12 часов после смешения реагентов удельная радиоактивность тиомочевины составила 105 МБк/ммоль. Какую радиоактивность ^{35}S без носителя надо было взять, чтобы получить 3 ммоль тиомочевины с удельной радиоактивностью 900 МБк/ммоль? Распадом ^{35}S в расчетах пренебречь.

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:

1. Метод радиоактивных индикаторов. Применение в химических и биохимических исследованиях
2. Классификация и номенклатура меченых соединений
3. Физико-химические особенности поведения индикаторах количеств веществ
4. Применение реакций изотопного обмена для изучения химических процессов.
5. Применение реакций изотопного обмена для изучения биологических процессов.
6. Основные принципы получения радионуклидов для метода радиоактивных индикаторов.
7. Ядерно-физический аспект производства радионуклидов.
8. Ядерные реакции под действием заряженных частиц для получения радионуклидов. Циклотроны и линейные ускорители.
9. Ядерные реакции под действием нейтронов для получения радионуклидов. Использование для этих целей ядерных реакторов.
10. Генераторы радионуклидов.
11. Характеристики радионуклидной продукции: радионуклидная чистота, радиохимическая чистота, удельная активность.
12. Понятие радиофармацевтического препарата (РФП). Выбор радионуклидов для РФП.
13. Фармакодинамика и фармакокинетика. Применение меченых соединений для разработки новых лекарственных средств
14. Диагностические методы и их возможности. ПЭТ. ОФЭКТ. Планарная сцинтиграфия.
15. Терапевтические радионуклиды и РФП на их основе.
16. Применение радионуклидов и меченых соединений для исследования сложных химических систем и процессов
17. Применение радионуклидов и меченых соединений для исследования биохимических процессов
18. Применение радионуклидов и меченых соединений для исследования структуры биомакромолекул

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: способы введения радионуклидов в биомолекулы	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
Уметь: использовать метод радиоактивных индикаторов различных областях химии и биологии	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
Владеть: знаниями о физико-химических и биохимических свойствах радиоактивных соединений	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете