

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/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Методы получения меченых соединений**

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная 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 разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020

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

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

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>ОПК-1.С.</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>ОПК-1.С.1.</b> Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных	<b>Знать:</b> актуальные направления исследований в области современной радиохимии
<b>СПК-1.С.</b> Способен использовать знания об устойчивости атомных ядер и явлении радиоактивности, о ядерных превращениях и реакциях, о воздействии ионизирующего излучения на вещество для квалифицированной постановки и решения радиохимических задач	<b>СПК-1.С.1</b> Интерпретирует результаты экспериментов с участием радиоактивных веществ с использованием современных представлений об устойчивости атомных ядер и явлении радиоактивности, о ядерных превращениях и реакциях, о воздействии ионизирующего излучения на вещество	<b>Знать:</b> современные методы получения меченых соединений <b>Уметь:</b> определять способ введения радиоактивной метки в органические соединения для решения научных и практических задач
<b>С-СПК-5.С.</b> способность использовать теоретические знания радиохимии и практические навыки работы с радионуклидами для решения конкретных теоретических и прикладных задач современной науки	<b>СПК-5.С.2</b> определяет химическую и радиохимическую чистоту препарата с помощью современных методов анализа меченых соединений	<b>Знать:</b> современные методы анализа меченых соединений <b>Уметь:</b> грамотно выбирать способ анализа меченых соединений, определения химической и радиохимической чистоты препарата

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 84 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 10 часов – промежуточный контроль успеваемости), 60 часов составляет самостоятельная работа студента

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**знать:** основы неорганической и органической химии;

**уметь:** работать с научной литературой и лекционным материалом;

**владеть:** методами математической обработки экспериментальных величин, в том числе с использованием математической статистики.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (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	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1. Меченные соединения. Ос-	16	6	6				12	4		4

новные понятия										
Тема 2. Получение радионуклидов, применяемых в качестве радиоактивных индикаторов	18	6	6				12	2	4	6
Тема 3. Способы введения короткоживущих радионуклидов в органические соединения	16	6	6				12	4		4
Тема 4. Способы введения углерода-14 в органические соединения	18	6	6				12	2	4	6
Тема 5. Способы введения трития в органические соединения	18	6	6				12	2	4	6
Тема 6. Применение меченых соединений	18	6	6				12	2	4	6
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	40			2		10	12			28
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>		<b>10</b>	<b>84</b>			<b>60</b>

#### 6. Образовательные технологии:

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

#### 7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Студентам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

##### **Основная литература**

1. М.Г. Чернышева, Г.А. Бадун. Меченые соединения в физико-химических и биохимических исследованиях. Лекции и практикум. Пособие. Изд. Московского университета. 2018. 55 с.
2. Г.Е.Кодина, Р.Н.Красикова. Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для ядерной медицины. М., Изд. дом МЭИ, 2014. 281 с.
3. Г. Чоппин, Я. Ридберг. Ядерная химия. Основы теории и применения. М.: Энергоатомиздат, 1984, 304 с.
4. Э.С.Филатов, Е,Ф.Симонов. Физико-химические и ядерно-химические способы получения меченых органических соединений и их идентификация. М., Энергоатомиздат, 1987. 141 с.
5. 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.

##### **Дополнительная литература**

1. J. Kónya, N.M. Nagy. Nuclear and Radiochemistry. First edition. Elsevier. 2012. 418 p.
2. J-V. Kratz, K. H. Lieser. Nuclear and Radiochemistry. Fundamentals and Applications. Third, Revised Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013, 913 p.
3. М.А. Богородская, Г.Е. Кодина. Химическая технология радиофармацевтических препаратов; курс лекций: учеб. Пособие. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, РХТУ им. Д. И. Менделеева. М. 2010, - 454 с.
4. А.Мэррей, Д.Л.Уильямс. Часть 1. Синтезы органических соединений с изотопами углерода. М., Изд. ИЛ, 1961.
5. А.Мэррей, Д.Л.Уильямс. Часть 2. Синтезы органических соединений с изотопами водорода. М., Изд. ИЛ, 1961.
6. А.Мэррей, Д.Л.Уильямс. Часть 3. Синтезы органических соединений с изотопами голоидов, азота, кислорода, фосфора, серы. М., Изд. ИЛ, 1962.
7. Э.Эванс. Тритий и его соединения. М., Атомиздат, 1970. 309 с.

Материально-техническое обеспечение: занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной мультимедийной техникой для демонстрации материалов.

#### 9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

Чернышева Мария Григорьевна, доцент, к.х.н.

Бадун Геннадий Александрович, доцент, к.х.н.

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

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

#### **Вопросы к экзамену**

1. Номенклатура меченых органических соединений.
2. Особенности работы с веществами, содержащими радионуклиды. Радиационная устойчивость меченых соединений.
3. Требования, предъявляемые к меченым веществам. Радионуклидная, химическая и радиохимическая чистота.
4. Методы идентификации меченых соединений.
5. Общая характеристика химических методов синтеза меченых соединений.
6. Получение и свойства  $^{14}\text{C}$ . Исходные соединения для синтеза соединений, меченных  $^{14}\text{C}$ .
7. Молекулярные перегруппировки и синтез соединений, меченных  $^{14}\text{C}$ .
8. Способы синтеза меченных  $^{14}\text{C}$  ароматических и гетероциклических соединений.
9. Получение и свойства трития. Исходные и ключевые соединения в химических методах синтеза тритированных соединений.
10. Основные способы химического синтеза меченных тритием соединений.
11. Радионуклиды галогенов. Свойства и получение. Исходные соединения для синтезов.
12. Соединения, меченные радионуклидами серы. Возможности синтеза и использования соединений, меченных  $^{38}\text{S}$ .
13. Получение, выделение и свойства радионуклидов  $^{32}\text{P}$  и  $^{33}\text{P}$ . Соединения, меченные радионуклидами фосфора.
14. Получение соединений меченных  $^{11}\text{C}$ .
15. Получение соединений меченных  $^{13}\text{N}$ .
16. Получение соединений меченных  $^{15}\text{O}$ .
17. Получение соединений меченных  $^{18}\text{F}$ .
18. Общая характеристика реакций изотопного обмена. Возможности использования изотопного обмена для синтеза меченых соединений.
19. Получение галогенсодержащих органических соединений методом изотопного обмена.
20. Изотопный обмен водорода в органических соединениях. Катализаторы, используемые в реакциях изотопного обмена водорода.
21. Гомогенный катализ для получения меченных тритием органических соединений. Преимущества и недостатки гомогенных каталитических реакций.

22. Гетерогенный катализ для получения меченных тритием органических соединений. Факторы, влияющие на радиохимический выход и молярную радиоактивность меченых продуктов.
23. Высокотемпературный твердофазный каталитический изотопный обмен с газообразным тритием. Механизм реакции изотопного обмена водорода на тритий. Спилловер водорода.
24. Изотопный обмен серы в органических соединениях. Органические вещества, содержащие  $^{35}\text{S}$ , полученные методом изотопного обмена.
25. Общая характеристика и особенности метода биосинтеза в получении меченых органических соединений.
26. Общая характеристика метода атомов отдачи. Основные стадии взаимодействия "горячих" атомов с окружающими молекулами.
27. Получение меченых соединений при  $\beta$ -распаде многократно меченных тритием органических соединений.
28. Получение соединений, меченных тритием, методом Вильцбаха.
29. Способы получения атомарного трития. Каталитическая диссоциация водорода на вольфраме. Факторы, определяющие интенсивность потока атомарного трития на мишень и его энергетические характеристики.
30. Реакционная способность атомарного трития. Химические процессы в мишени, приводящие к образованию меченых соединений под действием атомарного трития.
31. Применение метода термической активации трития для получения меченых соединений различных классов. Получение меченых биологически активных соединений.
32. Тритиевая планиграфия.
33. Тритиевый зонд. Использование атомарного трития для исследования адсорбционных слоев ПАВ.

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

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

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
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 не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (вла-	Отсутствие	Наличие отдельных на-	В целом, сформированные навы-	Сформированные навыки, при-

дения)	навыков	выков	ки, но не в активной форме	меняемые при решении задач
--------	---------	-------	----------------------------	----------------------------

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p>Знать: актуальные направления исследований в области современной радиохимии</p> <p>Знать: современные методы получения меченых соединений</p> <p>Знать: современные методы анализа меченых соединений</p> <p>Уметь: определять способ введения радиоактивной метки в органические соединения для решения научных и практических задач</p> <p>Уметь: грамотно выбирать способ анализа меченых соединений, определения химической и радиохимической чистоты препарата</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>