

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)

Производство изотопов и ядерная медицина

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)
ОПК-1.С. Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	ОПК-1.С.1. Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных	Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, Уметь: самостоятельно составлять план исследования Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения
СПК-1.С. 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	СПК-1.С(итог) грамотно формулирует алгоритм решения радиохимических задач с учетом знаний о процессах радиоактивного распада и воздействии ионизирующего излучения на вещество	Знать: какие радионуклиды можно использовать в медицинских целях, способы их получения и контроля качества радиофармпрепаратов. Уметь: делать выбор радионуклида в зависимости от поставленной задачи

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: основные законы в области неорганической, аналитической и физической химии; основные свойства химических элементов и их соединений;

Уметь: формулировать и решать конкретные задачи на основе усвоенных законов и закономерностей; получать экспериментальные данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты;

Владеть: основами теории фундаментальных разделов химии, основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими физико-химические явления, расчетными методами решения химических задач, навыками работы с информационными базами данных.

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. Получение радионуклидов	18	6	6				12	6		6
Тема 2. Основы радиофармацевти-	32	12	12				24	8		8

ческой химии										
Тема 3. Контроль качества РФП	28	10	10				20	8		8
Тема 4. Организация центров ядерной медицины	24	8	8				16	8		8
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	42			2		10	12			30
Итого	144	36	36	2		10	84			60

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. Г.Е.Кодина, Р.Н.Красикова. Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для ядерной медицины. М., Изд. дом МЭИ, 2014. 281 с.
2. И.Хала, Дж. Навратил. Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика. Пер. с англ./под ред. Б.Ф. Мясоедова, С.Н. Калмыкова. М.: ЛКИ, 2013. 432 с.
3. Г. Чоппин, Я. Ридберг. Ядерная химия. Основы теории и применения. М.: Энергоатомиздат, 1984, 304 с.

4. Национальное руководство по радионуклидной диагностике. Коллектив авторов, под редакцией Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова. В двух томах. - Томск: STT, 2010.
6. 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.
7. М.Г. Чернышева, Г.А. Бадун. Меченые соединения в физико-химических и биохимических исследованиях. Лекции и практикум. Пособие. Изд. Московского университета. 2018. 55 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. Welch M.J., Redvanly C.S. Handbook of radiopharmaceuticals: Radiochemistry and applications. Wiley, 2005.
4. Richard Zimmermann. Nuclear Medicine: Radioactivity for Diagnosis and Therapy. EDP Sciences, 2007. 173 p.
5. Graham Lappin, Simon Temple. Radiotracers in Drug Development. CRC Press, 2006. 320 p.
6. Pharmaceutical Radiochemistry (I). Munich Molecular Imaging Handbook Series. Series Editor: H.J.Wester. 2010 SCINTOMICS GmbH, Germany.
7. Buck A. Rhodes, Barbara Y. Croft. Basics of Radiopharmacy. Mosby, 1978. 195 p.

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

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: к.х.н. доцент Бадун Геннадий Александрович, к.х.н. н.с. Ларенков Антон Алексеевич

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

Теоретические вопросы

1. Общая характеристика применения радиоактивных излучений в медицине. Ядерная медицина.
2. Общая характеристика методов радионуклидной диагностики. Радионуклиды, используемые для ее проведения (требования к радионуклидам и характерные примеры).
3. Общая характеристика методов радионуклидной терапии. Радионуклиды, используемые для ее проведения (требования к радионуклидам и характерные примеры).
4. Ядерно-физические основы получения радионуклидов в ядерных реакциях с заряженными частицами (кинетика процесса, сечение реакции, влияние на выход энергии частиц, состава и физико-химических свойств мишени). Использование ускорителей для этих целей.
5. Ядерно-физические основы получения радионуклидов в ядерных реакциях с нейтронами (кинетика процесса, сечение реакции, влияние на выход энергии нейтронов, состава и физико-химических свойств мишени). Использование ядерных реакторов для этих целей.
6. Получение фтора-18. Используемые ядерные реакции, мишени, химические формы стабилизации фтора-18.
7. Получение углерода-11. Используемые ядерные реакции, мишени, химические формы стабилизации углерода-11.
8. Получение азота-13 и кислорода-15. Используемые ядерные реакции, мишени, химические формы стабилизации этих радионуклидов.
9. Радиофармпрепараты для ПЭТ. Получение соединений, меченных ^{13}N и ^{15}O .
10. Радиофармпрепараты для ПЭТ. Получение соединений, меченных ^{11}C .
11. Радиофармпрепараты для ПЭТ. Синтез ^{18}F ФДГ.
12. Получение меченных ^{18}F соединений методом нуклеофильного фторирования.
13. Получение меченных ^{18}F соединений методом электрофильного фторирования.
14. Получение ^{99}Mo . Преимущества и недостатки различных способов. Применение ^{99}Mo в ядерной медицине.
15. Использование изотопов иода в ядерной медицине. Получение ^{123}I , ^{125}I , ^{131}I (облучаемые мишени, ядерные реакции, способы выделения). Примеры РФП.
16. Использование ^{188}W в ядерной медицине. Способы получения этого радионуклида.
17. Использование ^{67}Ga в ядерной медицине. Способы получения этого радионуклида. Радиофармпрепараты ^{67}Ga .
18. Радионуклидные генераторы. Общая характеристика. Получение ^{90}Y .
19. Получение $^{99\text{m}}\text{Tc}$ с помощью радионуклидных генераторов.
20. Радиофармацевтическая химия $^{99\text{m}}\text{Tc}$.
21. Получение ^{68}Ga с помощью радионуклидных генераторов.
22. Радиофармацевтическая химия ^{68}Ga .
23. Радиофармацевтическая химия препаратов на основе радионуклидов металлов.
24. Получение лекарственной формы РФП, хранение РФП.

25. Современные требования к производству РФП. Автоматизация процессов синтеза РФП.
26. Контроль качества РФП: показатели качества препаратов, радиохимическая чистота, радионуклидная чистота.

Расчетные задачи или тесты

1. Циклотрон с диаметром дуантов 1 м, при магнитной индукции 1 Тл позволяет получить ускоренные протоны с энергией 12 МэВ.
- а) до какой энергии могут быть ускорены на этом циклотроне дейтроны?
- б) до какой энергии могут быть ускорены на этом циклотроне ядра гелия?
- в) до какой энергии можно было бы ускорить протоны, если бы диаметр дуантов циклотрона составлял 1,4 м?
- г) до какой энергии можно было бы ускорить протоны, если магнитную индукцию увеличить до 2 Тл?
2. Напишите ядерную реакцию получения ^{13}N , если в циклотроне ускоряются протоны, в качестве мишени используют обычную воду. Какие химические добавки повышают выход $^{13}\text{NH}_4^+$?
3. За 1 час 50 минут работы циклотрона в мишени накопилось 10 Ки ^{18}F . Какая радиоактивность ^{18}F будет получена за 5 часов 30 минут работы циклотрона? Период полураспада ^{18}F принять равным 110 минут.
4. ^{125}I ($T_{1/2} = 60$ сут) образуется в результате радиоактивного распада ^{125}Xe ($T_{1/2} = 17$ часов), который получают с помощью ядерной реакции $^{124}\text{Xe}(n, \gamma)^{125}\text{Xe}$. Определите максимальную радиоактивность ^{125}I , которую можно получить, если после завершения облучения радиоактивность ^{125}Xe составила 9 Ки. Как долго надо выдерживать мишень после облучения, чтобы получить максимальную радиоактивность ^{125}I ? Образованием ^{125}I во время облучения ^{124}Xe пренебрегаем.
5. Пациенту был внутривенно введен препарат Технемек, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (комплекс $^{99\text{m}}\text{Tc}$ с димеркаптоянтарной кислотой), предназначенный для динамической сцинтиграфии почек. Вопреки ожиданиям на ОФЭКТ-изображениях визуализировались печень, желудок и щитовидная железа. Целевые органы на томограммах отсутствовали.
- А) Чем обусловлен такой результат обследования?
- Б) Предположите причину возникновения факторов, повлиявших на результат обследования.
- В) Проведение каких тестов (опишите) между изготовлением препарата и введением его пациенту могло заранее указать на негативный результат обследования?
6. Что такое радионуклидная терапия? Назовите три известных вам радионуклида, используемых для ее проведения. Объясните ваш выбор (какие свойства этих радионуклидов используются).
7. Что такое радионуклидная чистота? Препарат ^{90}Y (период полураспада 64 часа), выделенный с помощью изотопного генератора, содержит 0,1% по активности ^{90}Sr . Какая радионуклидная чистота препарата ^{90}Y была сразу после выделения и через 16 суток?

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 непринципального 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: какие радионуклиды можно применять для диагностики заболеваний Знать: какие радионуклиды применяют для терапии Знать: способы получения радионуклидов, применяемых в медицине Знать: способы контроля качества радиофармпрепаратов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене