Рабочая программа дисциплины (модуля) «Радиохимия», включая оценочные материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	-	ОПК-1. Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности
	-	ОПК-5. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
Профессиональные	-	-

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ОПК-1	ОПК-1.2	Демонстрирует знания о физических и химических явлениях и процессах, строении и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, природе химической связи и механизмах химических реакций, процессов химической технологии и применяет при решении задач профессиональной деятельности основные законы и методы физики и химии
ОПК-5	ОПК-5.1	Применяет средства современных информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – изучение особенностей поведения радиоактивных изотопов в ультрамалых концентрациях в растворе, газе и твердой фазе, распределения их между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, а также вопросов синтеза меченых соединений и применения радиоактивных изотопов в науке, промышленности и медицине.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений, изотопные, специфические и неспецифические носители и область их применения;
- особенности и закономерности распределения радиоактивных изотопов между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, экстракции;
- особенности реакций изотопного обмена и возможности образования радиоколлоидов;
- принципы синтеза меченых соединений и применения радиоактивных изотопов в физико-химических и радиоаналитических исследованиях;
- правила работы с открытыми радиоактивными источниками в радиохимической лаборатории 3 класса;

уметь:

- использовать метод радиоактивных индикаторов, уметь поставить задачу и провести расчеты необходимой активности для решения задач естественных наук;
- рассчитывать коэффициенты распределения при сокристаллизации, ионном обмене или жидкостной экстракции и характеристики процессов ионного обмена;
- предотвращать адсорбцию радионуклидов на поверхности посуды и фильтров;

- правильно выбирать детектор излучения, проводить радиометрические измерения и надлежащим образом обрабатывать экспериментальные данные;

владеть:

- методами выделения и разделения радионуклидов;
- методом радиоактивных индикаторов для решения радиоаналитических задач;
- методами безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	*Формы обучения*
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	9/324
Контактная работа:	180
Занятия лекционного типа	72
Занятия семинарского типа	108
Консультации	0
Промежуточная аттестация: экзамен, зачет	36
Самостоятельная работа (СР)	108

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Виды учебной работы (в часах)						
		Контактная работа						СР
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				
		Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Введение. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений в процессах сокристаллизации, адсорбции и коллоидообразования	36	0	36	0	18	0	36
2.	Особенности использования изотопного обмена, электрохимии, хроматографии и экстракции в радиохимии	24	0	24	0	12	0	24
3.	Основы метода «меченых» атомов и применение радионуклидов в исследованиях	12	0	12	0	6	0	12

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Введение. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений в	1.1 Поведение радионуклидов в растворах больших разведений

	процессах сокристаллизации, адсорбции и коллоидообразования	Поведение радионуклидов в растворах больших разведений. Классификация процессов соосаждения. Изотопные, специфические и неспецифические носители и области их применения. 1.2 Основные закономерности сокристаллизации Изоморфная и изодиморфная сокристаллизация. Основные закономерности сокристаллизации. Распределение микрокомпонента между фазами. Константа Хлопина. Коэффициент кристаллизации D. Линейный и логарифмический законы распределения, условия сокристаллизации. Факторы, влияющие на коэффициент кристаллизации. Образование смешанных кристаллов Гримма. Понятие об аномально смешанных кристаллах. 1.3 Адсорбционные процессы в радиохимии Адсорбция на ионных кристаллах. Первичная обменная адсорбция. Первичная потенциалобразующая адсорбция и вторичная обменная адсорбция. Их закономерности. Уравнение Ратнера и следствия из него. Адсорбция на стекле и бумажных фильтрах. Значение адсорбционных явлений в радиохимии. Применение неспецифических носителей. Экспериментальные методы разграничения различных механизмов соосаждения. 1.4 Коллоидообразование в радиохимии. Истинные и псевдоколлоиды. Условия их образования, свойства и методы исследования: диализ, ультрафильтрация, центрифугирование, диффузия, радиография и др. Уравнение Ратнера и следствия из него. Адсорбция на стекле и бумажных фильтрах. Значение адсорбционных явлений в радиохимии. Применение неспецифических носителей. Экспериментальные методы разграничения различных механизмов соосаждения.
2.	Особенности использования изотопного обмена, электрохимии, хроматографии и экстракции в радиохимии	2.1 Роль изотопного обмена в радиохимии Изотопный обмен. Механизм и кинетика изотопного обмена. Идеальный изотопный обмен и его закономерности. Роль изотопного обмена в радиохимии. 2.2 Электрохимические особенности в радиохимии Электрохимические методы выделения радионуклидов. Критический потенциал выделения и методы его определения. Применимость уравнения Нернста в растворах больших разведений. Теория Гайсинского. Использование электрохимических методов в радиохимии. 2.3 Хроматография и экстракция в радиохимии Классификация хроматографических процессов по механизмам. Адсорбционная хроматография радиоактивных веществ. Ионообменная хроматография. Классификация ионитов и их основные физико-химические свойства: обменная емкость, механическая прочность, химическая и радиационная устойчивость, набухаемость и др. Кинетика ионного обмена. Определение полной обменной емкости радиохимическим методом. Равновесие при ионном обмене. Селективность ионитов. Изотермы сорбции и хроматографические зоны. Элюентный метод ионообменной хроматографии, его закономерности. Вытеснительный метод. Применение ионообменной хроматографии в радиохимии. Экстракция, основные понятия и определения. Изотерма экстракции и закон Бертло-Нернста. «Физическое» распределение. Классификация систем с химическим взаимодействием. Экстракция нейтральными органическими веществами. Образование координационных соединений (сольватов). Константа экстрагирования. Определение состава экстрагируемых соединений. Гидратно-сольватный механизм. Экстракция органическими основаниями и их солями. Константы экстрагирования: извлечение кислот, анионный обмен, экстракция металлов. Влияние высаливателей. Экстракция органическими кислотами и их солями. Типы

		экстрагентов. Реакция экстрагирования, pH полувыделения. Применение экстракции в радиохимии. Распределительная хроматография. Методы закрепления фазы. Достоинства и недостатки.
3.	Основы метода «меченых» атомов и применение радионуклидов в исследованиях	Общие положения метода «меченых» атомов. Применение радионуклидов в качестве «меченых» атомов. Выбор изотопов, их радиохимическая чистота, расчет необходимой активности. Синтез меченых соединений. Радиоаналитические методы: радиоактивационный анализ, изотопное разведение, радиометрическая корректировка, радиометрическое титрование. Их достоинства и недостатки. Применение субстехиометрического выделения. Применение радионуклидов в физико-химических исследованиях.

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Введение. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений в процессах сокристаллизации, адсорбции и коллоидообразования	ПЗ	Распределение микрокомпонента между фазами. Константа Хлопина. Коэффициент кристаллизации D. Линейный и логарифмический законы сокристаллизации, условия сокристаллизации. Факторы, влияющие на коэффициент кристаллизации. Первичная обменная адсорбция. Первичная потенциалобразующая адсорбция и вторичная обменная адсорбция. Диализ, ультрафильтрация, центрифугирование
		ЛР	Техника работы с радиоактивными веществами. Определение удельной активности растворов радиоактивных изотопов. Выделение и идентификация ^{234}Th по его периоду полураспада. Идентификация радионуклидов методом подтверждения энергии β-распада. Определение концентрации раствора методом радиометрической корректировки. Определение концентрации стронция методом радиометрического титрования. Метод изотопного разбавления (субстехиометрический вариант)
2.	Особенности использования изотопного обмена, электрохимии, хроматографии и экстракции в радиохимии	ПЗ	Идеальный изотопный обмен и его закономерности, константа равновесия. Применимость уравнения Нернста в растворах больших разведений. Определение полной обменной емкости радиохимическим методом. Определение состава экстрагируемых соединений методом сдвига равновесия.
		ЛР	Определение величины полной обменной ёмкости ионообменных смол и константы Никольского радиохимическим методом. Разделение стронция-90 и иттрия-90 экстракцией 8- оксихинолином в хлороформе
3.	Основы метода «меченых» атомов и применение радионуклидов в исследованиях	ПЗ	Расчет необходимой активности для метода меченых атомов. Радиоаналитические методы: радиоактивационный анализ, изотопное разведение, радиометрическая корректировка, радиометрическое титрование.
		ЛР	Определение растворимости малорастворимых веществ с использованием метода радиоактивных индикаторов. Исследование соосаждения радионуклидов на неспецифических носителях.

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Введение. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений в	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа

	процессах сокристаллизации, адсорбции и коллоидообразования	
2.	Особенности использования изотопного обмена, электрохимии, хроматографии и экстракции в радиохимии	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
3.	Основы метода «меченых» атомов и применение радионуклидов в исследованиях	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Введение. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений в процессах сокристаллизации, адсорбции и коллоидообразования	Контрольный работа
2.	Особенности использования изотопного обмена, электрохимии, хроматографии и экстракции в радиохимии	Контрольный работа
3.	Основы метода «меченых» атомов и применение радионуклидов в исследованиях	Контрольный работа

3.1.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля успеваемости

Контрольный работа

Раздел 1

1. Что такое радиохимия. Перечислить и кратко описать 4 раздела радиохимии.
2. Отличие радиохимии от радиационной химии.
3. Три особенности радиохимии из которых вытекает необходимость работы с малыми концентрациями радионуклидов.
4. Перечислить сложности, возникающие при работе с микроконцентрациями радионуклидов.
5. Что такое соосаждение радиоактивных элементов? Механизмы процесса соосаждения.
6. Перечислить и дать характеристику трем видам носителей (что это такое, области применения, недостатки).
7. Что такое сокристаллизация? Перечислить четыре вида сокристаллизации и их особенности.
8. Подробно описать изоморфную сокристаллизацию (что такое изоморфные вещества, для чего используется изоморфная сокристаллизация, граница смешиваемости, величина D (коэффициента кристаллизации) для изоморфных веществ).
9. Подробно описать изодиморфную сокристаллизацию (граница смешиваемости).
10. Подробно описать образование кристаллов Гримма (граница смешиваемости).
11. Подробно описать аномально-смешанные кристаллы (для чего используются, граница смешиваемости).
12. Закон распределение вещества между двумя несмешивающимися фазами. Условия справедливости закона распределения. Для каких фаз справедлив данный закон.

13. Описать пути достижения равновесия по Хлопину с графиком достижения равновесия. Для каких фаз было подтверждено действие закона распределения.
14. Вывод уравнения Хлопина.
15. Вывод линейного закона распределения (Гендерсона – Кречека).
16. Вывод логарифмического закона распределения (Дёрнера-Госкинса).
17. Вывод уравнения первичной обменной адсорбции.
18. Вывод уравнения первичной обменной адсорбции с использованием величины Г (число грамм-ионов компонента на единицу поверхности осадка) и связь его с уравнением Генри.
19. Классификация процессов адсорбции на полярных кристаллах А.П. Ратнера. Первичная обменная адсорбция (определение, особенности, какие ионы могут участвовать). Как обозначается и чему равен коэффициент адсорбции.
20. Первичная потенциалобразующая адсорбция (причины возникновения, сущность, уравнение Нернста).
21. Вторичная обменная адсорбция. Два качественных положения А.П. Ратнера для количественного описания вторичной обменной адсорбции.
22. Проанализировать различные факторы, влияющие на величину вторичной обменной адсорбции (коэффициент адсорбции).
23. Адсорбция на стекле и бумажных фильтрах (механизм возникновения и меры борьбы).
24. Методы разграничения различных механизмов соосаждения (сокристаллизации и адсорбции, различных механизмов адсорбции).
25. Истинные и псевдоколлоиды (размеры, причины образования).
26. Свойства радиоколлоидов, используемые для изучения их образования в растворах.
27. Изучение диализа (устройство ячейки, принцип действия, уравнение определения процента коллоидообразования).
28. Метод ультрафильтрации и центрифугирования (принцип действия, уравнения определения процента коллоидообразования).
29. Аэрозоли (определение, размеры, естественные и искусственные радиоаэрозоли).
30. Меры борьбы с образованием аэрозолей в лаборатории радиохимии.

Раздел 2

1. Что такое изотопный обмен. Уравнение изотопного обмена.
2. Основные закономерности изотопного обмена в идеальной закрытой системе при постоянных температуре и давлении.
3. Уравнение К (константы) изотопного обмена. Значение К при идеальном изотопном обмене.
4. Механизмы гомогенного изотопного обмена. Роль изотопного обмена в радиохимии.
5. Значение электрохимических явлений в радиохимии.
6. Трудности при работе с радиоактивными веществами в электрохимии.
7. Полное и сокращенное уравнение Нернста. При каких условиях получается сокращенное уравнение.
8. Какие вопросы возникают в радиохимии с использованием сокращенного уравнения Нернста.
9. Определения электродного потенциала в макросистемах. Статический метод.
10. Определения электродного потенциала в макросистемах. Динамический метод.Почему «классические» методы определения электродного потенциала для макроконцентраций не пригодны для работы с радиоактивными веществами (статического и динамического).
11. Описать график в координатах потенциал - изменение радиоактивности электрода в единицу времени (для микро- и макроконцентраций).
12. Экспериментальный метод определения Екр Г.Хевеши и Ф.Панета (описание эксп-та, рисунок, недостатки, точность).

13. Экспериментальный метод определения Екр Ф.Жолио-Кюри (описание экспериментата, рисунок, недостатки, точность).
14. Экспериментальный метод определения Екр Д.М. Зива и Г.С. Синицыной (описание эксп-та, рисунок, недостатки, точность).
15. В процессе электроосаждения из каких энергетических эффектов складывается изменение свободной энергии. И что явилось основой для теории Гайсинского.
16. Три случая электроосаждения микроколичеств металлов в теории Гайсинского.
17. Бестоковое выделение радиоактивных элементов.
18. Электролиз как метод выделение радиоактивных элементов.
19. Электромиграции как метод разделения радиоактивных элементов.
20. Определение величины заряда иона по коэффициенту диффузии.
21. Использование процессов электроосаждения для исследования химических свойств радиоактивных элементов.
22. Что такое хроматографические методы. Классификация хроматографических процессов.
23. Распределительная хроматография.
24. Адсорбционная и осадительная хроматография.
25. Уравнение ионообменной хроматографии. Классификация ионитов. Маркировка.
26. Синтез ионита. На что влияет количество дивинилбензола?
27. Физико-химические характеристики и свойства ионитов
28. Как определяют полную обменную емкость (ПОЕ) смолы?
29. Вывод уравнения для определения ПОЕ (с обозначениями всех величин).
30. Вывод уравнения Никольского (с обозначением всех величин). Физический смысл константы Никольского.
31. Стадии кинетики ионного обмена.
32. График изотермы сорбции. Особенности для радиохимии применения ионного обмена.
33. Фронтальный метод колоночной хроматографии
34. Проявительный (элюентный) метод колоночной хроматографии
35. Вытеснительный метод колоночной хроматографии.
36. Бумажная хроматография.
37. Тонкослойная хроматография.
38. Закономерности хроматографии с иллюстрациями и факторы влияния на эти закономерности.
39. Практическое применение хроматографии в радиохимии и преимущества перед осадительными методами.
40. Что такое экстракция. Достоинства метода.
41. Основные понятия и определения в экстракции.
42. Основные количественные характеристики экстракции.
43. Закон Бертло-Нернста (вывод уравнения, для каких систем применяется).
44. Изотермы экстракции.
45. Экстракция нейтральными органическими веществами.
46. Экстракция трибутилфосфатом.
47. Физико-химические свойства трибутилфосфата как экстрагента.
48. Влияние различных факторов на экстракцию трибутилфосфатом.
49. Влияние высаливателей (что это такое, на какой параметр влияет высаливатель, уравнение для доказательства влияния).
50. Определение сольватного числа q методом сдвига равновесия.
51. Экстракция органическими основаниями (взаимодействие с кислотой, К). Основные экстрагенты и последовательность роста их силы.
52. Экстракция органическими основаниями. Анионный обмен и экстракция металлов (уравнение, К).

53. Типы органических кислот, участвующих в реакции. pH0,5
54. Экстракция органическими кислотами (уравнение, К).

Раздел 3

1. Первое применение радиоактивных индикаторов.
2. Создание метода меченых атомов.
3. Что такое метка. Достоинства метода меченых атомов.
4. Принцип действия метода меченых атомов. Удельная активность.
5. Общие положения метода «меченых» атомов.
6. Выбор изотопов, их радиохимическая чистота.
7. Расчет необходимой активности изотопов для эксперимента.
8. Особенности синтеза меченых соединений.
9. Примеры применения метода меченых соединений.
10. Изучение характера распределения веществ и путей их перемещения.
11. Исследование строения, равноценности связей в химических соединениях и выяснение механизмов различных процессов.
12. Исследование механизмов химических реакций.
13. Кинетический изотопный эффект Неймана.
14. Исследование процессов диффузии и самодиффузии
15. Исследование фазовых гетерогенных равновесий.
16. Применение изотопов для изучения гетерогенного катализа.
17. Исследование химических равновесий.
18. Классификация радиоаналитических методов.
19. Метод изотопного разбавления (принципы метода, основное уравнение для расчета со всеми обозначениями).
20. Метод изотопного разбавления (вывод уравнения).
21. Субстехиометрический вариант метода изотопного разбавления (преимущества, особенности, уравнение).
22. Метод радиометрической корректировки (сущность, уравнения, преимущества).
23. Представить принципиальное отличие методов радиометрической корректировки и изотопного разбавления.
24. Радиометрическое титрование (с графиками).
25. Общие принципы радиоактивационного анализа. Достоинства и недостатки по сравнению с другими аналитическими методами.
26. Радиоактивационный анализ (абсолютный метод, уравнение с обозначениями, недостатки и преимущества).
27. Радиоактивационный анализ (относительный метод, уравнение с обозначениями, недостатки и преимущества).
28. Определение продуктов анализа для гамма – и бетаизлучателей.
29. Применение радиоактивационного анализа.
30. Основные понятия радиационной безопасности (открытые источники, поглощенная и эквивалентная дозы, внутреннее и внешнее облучение, предельно допустимая доза и предел годового поступления, допустимые концентрации).
31. Минимально значимая активность радионуклидов, группы радиационной опасности, классы лабораторий.
32. Оборудование лаборатории III класса.
33. Организация работы с радиоактивными изотопами: получение, учёт и хранение.
34. Правила личной гигиены при работе в радиохимической лаборатории III класса.
35. Правила радиационной безопасности, направленные на уменьшение радиоактивного загрязнения воздуха.
36. Правила радиационной безопасности, предотвращающие возможность выноса радиоактивных веществ за пределы лаборатории.
37. Меры по ликвидации аварийных загрязнений при работе с радиоактивными

веществами.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Контрольная работа

Оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение изложить письменно.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка *«отлично»* ставится в случае, когда соблюдены все критерии.

Оценка *«хорошо»* ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но допускает несущественные погрешности.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Критерии оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Шкала оценивания	Результаты обучения	Показатели оценивания результатов обучения
ОТЛИЧНО	Знает:	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил материал, уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - на основе системных научных знаний делает квалифицированные выводы и обобщения, свободно оперирует категориями и понятиями.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, используя научные понятия, ссылаясь на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся владеет рациональными методами (с использованием рациональных методик) решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал навыки - выделения главного, - связкой теоретических положений с требованиями руководящих документов, - изложения мыслей в логической последовательности, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
ХОРОШО	Знает:	- обучающийся твердо усвоил материал, достаточно грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений, оперирует категориями и понятиями, но не всегда правильно их верифицирует.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и в основном правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, не в полной мере используя научные понятия и ссылки на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся в целом владеет рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении смог продемонстрировать достаточность, но не глубинность навыков,

		- выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся ориентируется в материале, однако затрудняется в его изложении; - показывает недостаточность знаний основной и дополнительной литературы; - слабо аргументирует научные положения; - практически не способен сформулировать выводы и обобщения; - частично владеет системой понятий.
	Умеет:	- обучающийся в основном умеет решить учебно-профессиональную задачу или задание, но допускает ошибки, слабо аргументирует свое решение, недостаточно использует научные понятия и руководящие документы.
	Владеет:	- обучающийся владеет некоторыми рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал недостаточность навыков - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
НЕУДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся не усвоил значительной части материала; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует квалифицированных выводов и обобщений; - не владеет системой понятий.
	Умеет:	обучающийся не показал умение решать учебно-профессиональную задачу или задание.
	Владеет:	не выполнены требования, предъявляемые к навыкам, оцениваемым «удовлетворительно».

3.2.2. Контрольные задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов для устных ответов (варианты теста)

1. Что такое радиохимия. Перечислить и кратко описать 4 раздела радиохимии.
2. Отличие радиохимии от радиационной химии.
3. Три особенности радиохимии, из которых вытекает необходимость работы с малыми концентрациями радионуклидов.
4. Перечислить сложности, возникающие при работе с микроконцентрациями радионуклидов.
5. Что такое соосаждение радиоактивных элементов? Механизмы процесса соосаждения.
6. Перечислить и дать характеристику трем видам носителей (что это такое, области применения, недостатки).
7. Что такое сокристаллизация? Перечислить четыре вида сокристаллизации и их особенности.
8. Подробно описать изоморфную сокристаллизацию (что такое изоморфные вещества, для чего используется изоморфная сокристаллизация, граница смешиваемости, величина D (коэффициента кристаллизации) для изоморфных веществ).
9. Подробно описать изодиморфную сокристаллизацию (граница смешиваемости).
10. Подробно описать образование кристаллов Гримма (граница смешиваемости).
11. Подробно описать аномально-смешанные кристаллы (для чего используются, граница смешиваемости).

12. Закон распределение вещества между двумя несмешивающимися фазами. Условия справедливости закона распределения. Для каких фаз справедлив данный закон.
13. Описать пути достижения равновесия по Хлопину с графиком достижения равновесия. Для каких фаз было подтверждено действие закона распределения.
14. Вывод уравнения Хлопина.
15. Вывод линейного закона распределения (Гендерсона – Кречека).
16. Вывод логарифмического закона распределения (Дёрнера-Госкинса).
17. Вывод уравнения первичной обменной адсорбции.
18. Вывод уравнения первичной обменной адсорбции с использованием величины Г (число грамм-ионов компонента на единицу поверхности осадка) и связь его с уравнением Генри.
19. Классификация процессов адсорбции на полярных кристаллах А.П. Ратнера. Первичная обменная адсорбция (определение, особенности, какие ионы могут участвовать). Как обозначается и чему равен коэффициент адсорбции.
20. Первичная потенциалобразующая адсорбция (причины возникновения, сущность, уравнение Нернста).
21. Вторичная обменная адсорбция. Два качественных положения А.П. Ратнера для количественного описания вторичной обменной адсорбции.
22. Проанализировать различные факторы, влияющие на величину вторичной обменной адсорбции (коэффициент адсорбции).
23. Адсорбция на стекле и бумажных фильтрах (механизм возникновения и меры борьбы).
24. Методы разграничения различных механизмов соосаждения (сокристаллизации и адсорбции, различных механизмов адсорбции).
25. Истинные и псевдоколлоиды (размеры, причины образования). Свойства радиоколлоидов, используемые для изучения их образования в растворах.
26. Изучение диализа (устройство ячейки, принцип действия, уравнение определения процента коллоидообразования).
27. Метод ультрафильтрации и центрифугирования (принцип действия, уравнения определения процента коллоидообразования).
28. Аэрозоли (определение, размеры, естественные и искусственные радиоаэрозоли). Меры борьбы с образованием аэрозолей в лаборатории радиохимии.
29. Что такое изотопный обмен. Уравнение изотопного обмена.
30. Основные закономерности изотопного обмена в идеальной закрытой системе при постоянных температуре и давлении.
31. Уравнение К (константы) изотопного обмена. Значение К при идеальном изотопном обмене.
32. Механизмы гомогенного изотопного обмена. Роль изотопного обмена в радиохимии.
33. Значение электрохимических явлений в радиохимии.
34. Трудности при работе с радиоактивными веществами в электрохимии.
35. Полное и сокращенное уравнение Нернста. При каких условиях получается сокращенное уравнение.
36. Какие вопросы возникают в радиохимии с использованием сокращенного уравнения Нернста.
37. Определения электродного потенциала в мАкросистемах. Статический метод.
38. Определения электродного потенциала в мАкросистемах. Динамический
39. метод.
40. Почему «классические» методы определения электродного потенциала для макроконцентраций не пригодны для работы с радиоактивными веществами (статического и динамического).
41. Описать график в координатах потенциал - изменение радиоактивности электрода в единицу времени (для микро- и макроконцентраций).

42. Экспериментальный метод определения Екр Г.Хевеши и Ф.Панета (описание эксп-та, рисунок, недостатки, точность).
43. Экспериментальный метод определения Екр Ф.Жолио-Кюри (описание экспериментата, рисунок, недостатки, точность).
44. Три случая электроосаждения микроколичеств металлов в теории Гайсинского.
45. Бестоковое выделение радиоактивных элементов.
46. Электролиз как метод выделение радиоактивных элементов.
47. Электромиграции как метод разделения радиоактивных элементов.
48. Определение величины заряда иона по коэффициенту диффузии.
49. Использование процессов электроосаждения для исследования химических свойств радиоактивных элементов.
50. Что такое хроматографические методы. Классификация хроматографических процессов.
51. Распределительная хроматография.
52. Адсорбционная и осадительная хроматография.
53. Уравнение ионообменной хроматографии. Классификация ионитов. Маркировка.
54. Синтез ионита. На что влияет количество дивинилбензола?
55. Физико-химические характеристики и свойства ионитов
56. Как определяют ПОЕ смолы?
57. Вывод уравнения для определения ПОЕ (с обозначениями всех величин).
58. Вывод уравнения Никольского (с обозначением всех величин). Физический смысл константы Никольского.
59. Стадии кинетики ионного обмена.
60. График изотермы сорбции. Особенности для радиохимии применения ионного обмена.
61. Фронтальный метод колоночной хроматографии
62. Проявительный (элюентный) метод колоночной хроматографии
63. Вытеснительный метод колоночной хроматографии.
64. Бумажная хроматография.
65. Тонкослойная хроматография.
66. Закономерности хроматографии с иллюстрациями и факторы влияния на эти закономерности.
67. Практическое применение хроматографии в радиохимии и преимущества перед осадительными методами.
68. Что такое экстракция. Достоинства метода.
69. Основные понятия и определения в экстракции.
70. Основные количественные характеристики экстракции.
71. Закон Бертло-Нернста (вывод уравнения, для каких систем применяется)
72. Изотермы экстракции.
73. Экстракция нейтральными органическими веществами.
74. Экстракция трибутилфосфатом.
75. Физико-химические свойства трибутилфосфата как экстрагента.
76. Влияние различных факторов на экстракцию трибутилфосфатом.
77. Влияние высаливателей (что это такое, на какой параметр влияет высаливатель, уравнение для доказательства влияния).
78. Определение сольватного числа q методом сдвига равновесия.
79. Экстракция органическими основаниями (взаимодействие с кислотой, К). Основные экстрагенты и последовательность роста их силы.
80. Экстракция органическими основаниями. Анионный обмен и экстракция металлов (уравнение, К).
81. Типы органических кислот, участвующих в реакции. pH0,5
82. Экстракция органическими кислотами (уравнение, К).

83. Первое применение радиоактивных индикаторов.
84. Создание метода меченых атомов.
85. Что такое метка. Достоинства метода меченых атомов.
86. Принцип действия метода меченых атомов. Удельная активность.
87. Общие положения метода «меченых» атомов.
88. Выбор изотопов, их радиохимическая чистота.
89. Расчет необходимой активности изотопов для эксперимента.
90. Особенности синтеза меченых соединений.
91. Примеры применения метода меченых соединений.
92. Изучение характера распределения веществ и путей их перемещения.
93. Исследование строения, равноценности связей в химических соединениях и выяснение механизмов различных процессов.
94. Исследование механизмов химических реакций
95. Кинетический изотопный эффект Неймана.
96. Исследование процессов диффузии и самодиффузии
97. Исследование фазовых гетерогенных равновесий
98. Применение изотопов для изучения гетерогенного катализа
99. Исследование химических равновесий. 101.Классификация радиоаналитических методов.
100. Метод изотопного разбавления (принципы метода, основное уравнение для расчета со всеми обозначениями).
101. Метод изотопного разбавления (вывод уравнения).
102. Субстехиометрический вариант метода изотопного разбавления (преимущества, особенности, уравнение).
103. Метод радиометрической корректировки (сущность, уравнения, преимущества).
104. Представить принципиальное отличие методов радиометрической корректировки и изотопного разбавления.
105. Радиометрическое титрование (с графиками).
106. Общие принципы радиоактивационного анализа. Достоинства и недостатки по сравнению с другими аналитическими методами.
107. Радиоактивационный анализ (относительный метод, уравнение с обозначениями, недостатки и преимущества).
108. Определение продуктов анализа для гамма – и бетаизлучателей.
109. Применение радиоактивационного анализа.
110. Основные понятия радиационной безопасности (открытые источники, поглощенная и эквивалентная дозы, внутреннее и внешнее облучение, предельно допустимая доза и предел годового поступления, допустимые концентрации).
111. Минимально значимая активность радионуклидов, группы радиационной опасности, классы лабораторий.
112. Оборудование лаборатории III класса.
113. Организация работы с радиоактивными изотопами: получение, учёт и хранение.
114. Правила личной гигиены при работе в радиохимической лаборатории III класса.
115. Правила радиационной безопасности, направленные на уменьшение радиоактивного загрязнения воздуха.
116. Правила радиационной безопасности, предотвращающие возможность выноса радиоактивных веществ за пределы лаборатории.
117. Меры по ликвидации аварийных загрязнений при работе с радиоактивными веществами.

3.2.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос
«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2 вопроса
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	- требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров их научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминологии

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических учебно-профессиональных задач)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	- выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные учебные издания

1. Бекман, И. Н. Радиохимия в 2 т. Т. 1 фундаментальная радиохимия : учебник и практикум для вузов / И. Н. Бекман. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. —

473 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04180-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511038.
2. Бекман, И. Н. Радиохимия в 2 т. Т. 2. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность : учебник и практикум для вузов / И. Н. Бекман. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 386 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04182-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511343.
3. Давыдов, Ю. П. Основы радиохимии : учебное пособие / Ю. П. Давыдов. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 317 с. — ISBN 978-985-06-2395-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/65268. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. – URL: https://urait.ru/.
2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. – URL: https://znanium.com/.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.studentlibrary.ru/.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – URL: http://elibrary.ru/.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – URL: http://cyberleninka.ru/.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – URL: http://window.edu.ru/.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: http://fcior.edu.ru/.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: http://dic.academic.ru.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. – URL: http://ivo.garant.ru/.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения
Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в приказе об аудиторном фонде, расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.