

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 13.11.2023 16:27:00
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«28» января 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

РАДИОХИМИЯ

(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Специализации программы специалитета:
**Химическая технология теплоносителей
и радиоэкология ядерных энергетических установок,
Радиационная химия и радиационное материаловедение,
Химическая технология редких и редкоземельных металлов**

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**
Кафедра **инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.04

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

| Должность разработчика | Подпись | Ученое звание, фамилия, инициалы |
|------------------------|---------|----------------------------------|
| доцент | | доцент Прояев В.В. |

Рабочая программа дисциплины «Радиохимия» обсуждена на заседании кафедры инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии»
протокол от «12» 01 2021 №1
И.о. заведующего кафедрой

А.В. Румянцев

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета
протокол от «25» 01 2021 № 4

Председатель

А.П. Сусла

СОГЛАСОВАНО

| | | |
|---|--|------------------|
| Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики» | | И.В. Юдин |
| Директор библиотеки | | Т.Н. Старостенко |
| Начальник методического отдела учебно-методического управления | | Т.И. Богданова |
| Начальник УМУ | | С.Н. Денисенко |

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы | 04 |
| 2 | Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы | 05 |
| 3 | Объем дисциплины | 05 |
| 4 | Содержание дисциплины | 06 |
| 4.1 | Разделы дисциплины и виды занятий | 06 |
| 4.2 | Занятия лекционного типа | 07 |
| 4.3 | Занятия семинарского типа | 10 |
| 4.3.1. | Семинары, практические занятия | 10 |
| 4.3.2. | Лабораторные занятия | 12 |
| 4.4 | Самостоятельная работа обучающихся | 13 |
| 4.5 | Темы курсовых работ | 14 |
| 4.6 | Типовые индивидуальные задания | 14 |
| 5 | Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине | 15 |
| 6 | Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации | 15 |
| 7 | Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины | 16 |
| 8 | Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | 17 |
| 9 | Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины | 17 |
| 10 | Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине | 18 |
| 10.1 | Информационные технологии | 18 |
| 10.2 | Программное обеспечение. | 18 |
| 10.3 | Базы данных и информационные справочные системы | 18 |
| 11 | Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине | 18 |
| 12 | Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья | 18 |
| | Приложение 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации | 19 |
| | 1 Перечень компетенций и этапов их формирования | 19 |
| | 2 Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания | 20 |
| | 3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточных аттестаций | 22 |
| | 3.1 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена. | 22 |
| | 3.1.1 Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4 | 22 |
| | 3.1.2 Индивидуальные задания для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4 | 23 |
| | 3.1.3 Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2 | 25 |
| | 3.2 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме зачета | 28 |

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Код и наименование компетенции ¹ | Код и наименование индикатора достижения компетенции ² | Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³ |
|---|--|---|
| <p>ПК-4 Способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ</p> | <p>ПК-4.3 Понимание химических и физико-химических процессов переработки облучённого ядерного топлива</p> | <p>Знать: основные принципы организации радиохимических производств; методы выделения радионуклидов из высокоактивных сред; химию актинидных элементов, методы их выделения и разделения (ЗН-1)</p> <p>Уметь: использовать различия в химии урана, нептуния, плутония, америция и кюрия для их разделения; (У-1) рассчитывать основные параметры радиохимического процесса (У-2)</p> <p>Владеть: методами проектирования технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ (Н-1)</p> |
| <p>ПК-2 Способен обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения</p> | <p>ПК-2.3 Подготовка радиоактивных препаратов и подбор условий их измерения с учетом ядерно-физических свойств радионуклидов</p> <p>ПК-2.4 Обеспечение безопасного проведения работ с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценка получаемой дозы за счет внешнего и внутреннего облучения</p> | <p>Знать основные принципы организации работы с радиоактивными веществами в открытом виде (ЗН-2), Используемые на практике технические решения, учитывающие особенности радиоактивных веществ</p> <p>Уметь: определять безопасные методы обращения с радиоактивными препаратами (У-3)</p> <p>Владеть: техническими средствами и приемами приготовления радиоактивных препаратов, (Н-2);</p> <p>Знать: основные принципы организации безопасных работ с радиоактивными веществами, Уметь: определять радиационно безопасные условия работы с радиоактивными препаратами (У-4) Владеть: навыками безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса; методами оценки радиационной безопасности и расчета дозовой нагрузки на персонал (Н-3)</p> |

¹ Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

² Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

³ Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Радиохимия» (Б1.В.04) относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, и изучается на 4 курсе, в 7 и 8 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Основы ядерной физики и дозиметрии» и могут быть основой для формирования компетенций при изучении дисциплин специализации («Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами», «Технология дезактивации», «Основы проектирования радиационно опасных производств», «Организация, технология и экономика вывода из эксплуатации ЯРОО»).

Полученные знания необходимы студентам также при прохождении производственной практики, подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

3 Объем дисциплины

| Вид учебной работы | Всего, академических часов | Семестр | |
|--|----------------------------------|-----------------|---------|
| | | 7 | 8 |
| Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов) | 10 / 360 | 4 / 144 | 6 / 216 |
| Контактная работа с преподавателем: | 162 | 74 | 88 |
| занятия лекционного типа | 36 | 36 | - |
| занятия семинарского типа, в т.ч. | 116 | 36 | 80 |
| семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка) | 52 (14) | 36 (10) | 16 (4) |
| лабораторные работы | 64 | - | 64 |
| курсовое проектирование (КР или КП) | - | - | - |
| КСР | 10 | 2 | 8 |
| другие виды контактной работы | - | - | - |
| Самостоятельная работа | 153 | 25 | 128 |
| Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе) | Инд. зад. (ИЗ) | ИЗ | ИЗ |
| Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен) | Экзамен (45), зачет | Экзамен (45) | Зачет |

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Занятия лекционного типа, акад. часы | Занятия семинарского типа, академ. часы | | Самостоятельная работа, акад. часы | Формируемые компетенции | Формируемые индикаторы |
|----------|--|---|--|------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | | Семинары и/или практические заня- тия | Лабораторные работы | | | |
| 1 | Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии | 4 | 8 | 10 | 24 | ПК-4 | ПК-4.3 |
| 2 | Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах | 2 | 4 | 10 | 4 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 3 | Процессы изотопного обмена | 2 | 4 | - | 6 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 4 | Процессы соосаждения в радиохимии | 2 | 4 | 8 | 20 | ПК-4 | ПК-4.3 |
| 5 | Процессы адсорбции в радиохимии | 2 | 5 | 8 | 8 | ПК-2 | ПК-2.4 ПК-2.3 |
| 6 | Процессы жидкостной экстракции в ра- диохимии | 2 | 5 | 8 | 18 | ПК-4 | ПК-4.3 |
| 7 | Хроматографические процессы в радио- химии | 2 | 4 | 8 | 12 | ПК-4 | ПК-4.3 |
| 8 | Электрохимические процессы в радиохи- мии | 1 | 2 | - | 2 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 9 | Химическое состояние атомов, образу- ющихся при ядерных превращениях | 2 | 2 | - | 2 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 10 | Получение радиоактивных изотопов | 2 | 4 | - | 8 | ПК-4 | ПК-4.3 |
| 11 | Применение радиоактивных изотопов | 3 | 2 | - | 20 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 12 | Общая характеристика химии актиноидов | 2 | 2 | - | 8 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 13 | Химия тория и протактиния | 2 | 1 | 12 | 7 | ПК-4 | ПК-4.3 |
| 14 | Химия урана | 2 | 2 | - | 7 | ПК-2 ПК-2 | ПК-2.4 ПК-2.3 |
| 15 | Химия плутония | 2 | 1 | - | 4 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 16 | Химия нептуния | 2 | - | - | 1 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 17 | Химия америция | 1 | 1 | - | 1 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| 18 | Химия кюрия и транскюриевых элементов | 1 | 1 | - | 1 | ПК-2 | ПК-2.3 |
| | ИТОГО | 36 | 52 | 64 | 153 | | |

4.2 Занятия лекционного типа

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 1 | Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии. Определение предмета радиохимии. Специфические особенности объектов исследования радиохимии. Специфика методов количественного определения радиоактивных нуклидов. Краткий исторический обзор развития радиохимии. Место и роль радиохимии в развитии науки и техники на современном этапе. | 4 | ЛВ ДОТ |
| 2 | Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах. Процессы гидролиза и их особенности в растворах больших разведений. Истинные коллоиды и псевдоколлоиды. Приемы, позволяющие установить природу коллоидного состояния. Процессы комплексообразования. Основы экспериментальных методов исследования состояния радиоактивных элементов в жидкой фазе. Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в твердой и газовой фазах | 2 | ЛВ ДОТ |
| 3 | Процессы изотопного обмена. Классификация реакций изотопного обмена. Механизмы реакций изотопного обмена. Термодинамика и кинетика реакций идеального изотопного обмена. Кинетические характеристики реакций изотопного обмена (период полуобмена, константа скорости, порядок реакции, энергия активации) и методы их определения. Основы экспериментальных методов исследования. Практическое использование реакций изотопного обмена. | 2 | ЛВ ДОТ |
| 4 | Процессы соосаждения в радиохимии. Механизмы процессов соосаждения, типы носителей. Математическое описание и основные закономерности процессов соосаждения с изотопными, специфическими носителями. Термодинамическая теория Ратнера процесса сокристаллизации. Константа Хлопина, коэффициент кристаллизации, постоянная кристаллизация, их физический смысл. Влияние различных факторов на соосаждение. Экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения. Практическое значение и использование процессов соосаждения в радиохимии | 2 | ЛВ ДОТ |
| 5 | Процессы адсорбции в радиохимии. Классификация процессов адсорбции. Математическое описание и основные закономерности процессов адсорбции на ионных кристаллах, коллоидных и аморфных осадках, на углях, стекле и бумажных фильтрах. Значение и практическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах | 2 | ЛВ ДОТ |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 6 | Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции. Основные классы экстрагентов, механизмы экстракционных процессов, влияние различных факторов на эффективность процесса. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, их физический смысл и методы экспериментального определения. Практическое использование экстракционных процессов в радиохимических исследованиях и производствах. | 2 | ЛВ ДОТ |
| 7 | Хроматографические процессы в радиохимии Основные закономерности ионообменной, распределительной и адсорбционной хроматографии. Количественные характеристики эффективности разделения радиоактивных изотопов (элементов) методом ионообменной хроматографии и методы их экспериментального определения. Примеры практического использования хроматографических методов в радиохимии. | 2 | ЛВ ДОТ |
| 8 | Электрохимические процессы в радиохимии Специфические особенности поведения радиоактивных изотопов (элементов) в электрохимических процессах. Формальные окислительно-восстановительные потенциалы: определение термина, соотношение между величинами формального и стандартного потенциалов. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных изотопов (элементов). Использование электрохимических процессов в радиохимии. | 1 | ЛВ ДОТ |
| 9 | Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях Общие представления о поведении атомов, образующихся в результате ядерных превращений в составе молекулярных систем ("горячих" атомов или атомов отдачи). Образование атома отдачи; расчет энергии отдачи и энергии, расходуемой на разрыв химической связи атома отдачи, входящего в состав молекулы. Модель поведения атома отдачи в конденсированной среде. Методы исследования реакций "горячих" атомов. Специфические методы концентрирования радиоактивных нуклидов. | 2 | ЛВ ДОТ |
| 10 | Получение радиоактивных изотопов. Реакторные, циклотронные и генераторные радионуклиды. Выбор ядерной реакции. Требования к веществу мишени. Расчет времени облучения. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней. Получение радионуклидов для медицинских целей | 2 | ЛВ ДОТ |
| 11 | Применение радиоактивных изотопов. Метод радиоактивных индикаторов. Радиометрические измерения и радиохимический анализ. Радиоаналитическая химия. Ядерная медицина. | 3 | ЛВ ДОТ |
| 12 | Общая характеристика химии актинидов Методы получения. Применение | 2 | ЛВ ДОТ |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 13 | Химия тория и протактиния Положение в периодической системе. История открытия. Важнейшие изотопы и методы их получения. Химические свойства: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Методы выделения. Применение. Ториевый топливный цикл. | 2 | ЛВ ДОТ |
| 14 | Химия урана Положение в периодической системе. Важнейшие изотопы и методы их получения. Методы разделения изотопов урана. Химические свойства: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования. Методы выделения. Применение. | 2 | ЛВ ДОТ |
| 15 | Химия плутония Положение в периодической системе. Важнейшие изотопы и методы их получения. Химические свойства: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования. Методы выделения. Применение. | 2 | ЛВ ДОТ |
| 16 | Химия нептуния Положение в периодической системе. Важнейшие изотопы и методы их получения. Химические свойства: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования. Методы выделения. Применение. | 2 | ЛВ |
| 17 | Химия америция Положение в периодической системе. Важнейшие изотопы и методы их получения. Химические свойства: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Методы выделения. Применение. | 1 | ЛВ ДОТ |
| 18 | Химия кюрия и транскюриевых элементов Положение в периодической системе. Важнейшие изотопы и методы их получения. Химические свойства: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования. Методы выделения. Применение | 1 | ЛВ ДОТ |
| | ИТОГО | 36 | |

¹**Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ)г

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | | Инновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|---|---------------------|
| | | всего | в том числе на практическую подготовку* | |
| 1 | Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии | 8 | – | РД, ДОТ |
| 2 | Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах. | 4 | 2 | РД, ДОТ |
| 3 | Процессы изотопного обмена. новы экспериментальных методов исследования. Практическое использование реакций изотопного обмена. | 4 | 2 | РД, ДОТ |
| 4 | Процессы соосаждения в радиохимии. Практическое значение и использование процессов соосаждения в радиохимии | 4 | 2 | РД, ДОТ |
| 5 | Процессы адсорбции в радиохимии. Ппрактическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах | 5 | 2 | РД, ДОТ |
| 6 | Процессы жидкостной экстракции в радиохимии. Практическое использование экстракционных процессов в радиохимических исследованиях и производствах | 5 | 1 | РД, ДОТ |
| 7 | Хроматографические процессы в радиохимии. Примеры практического использования хроматографических методов в радиохимии. | 4 | 1 | РД, ДОТ |
| 8 | Электрохимические процессы в радиохимии. Использование электрохимических процессов в радиохимии | 2 | 1 | РД, ДОТ |
| 9 | Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. Горячие атомы. | 2 | – | РД, ДОТ |
| 10 | Получение радиоактивных изотопов. Медицинские радионуклиды | 4 | 1 | РД, ДОТ |
| 11 | Применение радиоактивных изотопов. Метод радиоактивных индикаторов. Ядерная медицина. | 2 | – | РД, ДОТ |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | | Инновационная форма |
|----------------------------|---|----------------------|--|------------------------|
| | | всего | в том числе на практиче- скую подго- товку* | |
| 12 | Общая характеристика химии акти- нидов элементов. Применение | 2 | 1 | РД, ДОТ |
| 13 | Химия тория и протактиния. При- менение. Ториевый топливный цикл | 1 | – | РД, ДОТ |
| 14 | Химия урана. Методы выделения. Применение. | 2 | 1 | РД, ДОТ |
| 15 | Химия плутония. Реакции диспро- пор-ционирования. Методы выде- ления. Применение. | 1 | – | РД, ДОТ |
| 16 | Химия нептуния Методы выделе- ния. Применение | – | – | РД, ДОТ |
| 17 | Химия америция Методы выделе- ния. Применение. | 1 | – | РД, ДОТ |
| 18 | Химия кюрия и транскюриевых элементов. Методы выделения. Применение | 1 | – | РД, ДОТ |
| | ИТОГО | 52 | 14 | |

4.3.2 Лабораторные работы

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Примечания |
|----------------------|---|-------------------|------------|
| 1 | Приготовление и измерение радиоактивных препаратов | 10 | |
| 2 | Относительные измерения бета-радиоактивных препаратов | 10 | |
| 4 | Отделение стронция-90 (^{90}Sr) от дочернего иттрия-90 (^{90}Y) осаждением сульфата стронция | 8 | |
| 5 | Изучение адсорбции ^{137}Cs ($^{137\text{m}}\text{Ba}$) и ^{90}Sr - ^{90}Y ионообменными материалами | 8 | |
| 6 | Разделение изотопов ^{90}Sr - ^{90}Y экстракцией ди-(2-этидгексил)фосфорной кислотой | 8 | |
| 7 | Получение радиоактивного изотопа $^{137\text{m}}\text{Ba}$ в генераторе радионуклидов $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ («цезиевая корова») | 8 | |
| 13 | Выделение изотопа торий-234 (UX1) и его идентификация по периоду полураспада | 12 | |
| | ИТОГО: | 64 | |

Контроль освоенных компетенций проводится по результатам собеседования по выполненным лабораторным работам.

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|--|-------------------|---------------------|
| 1 | Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии <i>Расчет радиоактивных цепочек</i> | 24 | Устный опрос №1 |
| 2 | Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах <i>Экспериментальное доказательства различий истинных и псевдорadioколлоидов</i> | 4 | Письменный опрос №1 |
| 3 | Процессы изотопного обмена <i>Синтез меченных соединений методом изотопного обмена</i> | 6 | Письменный опрос №2 |
| 4 | Процессы соосаждения в радиохимии <i>Осадительные схемы в радиохимической технологии</i> | 20 | Устный опрос №1 |
| 5 | Процессы адсорбции в радиохимии <i>Предотвращение нежелательной адсорбции</i> | 8 | Устный опрос №2 |
| 6 | Процессы жидкостной экстракции в радиохимии <i>Экстракционная переработка радиоактивных жидких радиоактивных отходов</i> | 18 | Письменный опрос №2 |
| 7 | Хроматографические процессы в радиохимии <i>Экстракционная хроматография в радиоаналитической химии</i> | 12 | Устный опрос №2 |
| 8 | Электрохимические процессы в радиохимии <i>Электрохимические радиоаналитические методы</i> | 2 | Устный опрос №2 |
| 9 | Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях <i>Метод Сцилларда-Чалмерса</i> | 2 | Устный опрос №3 |
| 10 | Получение радиоактивных изотопов <i>Изотопные генераторы</i> | 8 | Устный опрос №3 |
| 11 | Применение радиоактивных изотопов в химии <i>Радиофармпрепараты</i> | 20 | Письменный опрос 3 |
| 12 | Общая характеристика химии актинидов <i>Сравнение «актиноидного» и «лантаноидного» сжатия</i> | 8 | Устный опрос №3 |
| 13 | Химия тория и протактиния Особенности ториевого топливного цикла | 7 | Устный опрос №4 |
| 14 | Химия урана Сравнительная характеристика химических свойств уранидов | 7 | Устный опрос №4 |

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|---|-------------------|-----------------|
| 15 | Химия плутония <i>Оружейный плутоний. Нарботка и контроль качества</i> | 4 | Устный опрос №4 |
| 16 | Химия нептуния <i>Трансмутация долгоживущих радионуклидов</i> | 1 | Устный опрос №4 |
| 17 | Химия америция <i>Использование в медицине</i> | 1 | Устный опрос №4 |
| 18 | Химия кюрия и транскюриевых элементов <i>Использование в медицине</i> | 1 | Устный опрос №4 |
| ИТОГО: | | 153 | |

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов.

4.5. Темы курсовых работ

Выполнение курсовых работ по курсу не предусмотрено учебным планом

4.6 Типовые индивидуальные задания

Провести необходимые расчеты для приготовления раствора нитрата церия(III), меченного изотопом ^{144}Ce , по следующим данным:

| | | |
|-------------------------|-----------|--|
| Объем раствора | V | 250 см^3 |
| Объемная скорость счета | I_v | $1,4 \cdot 10^4 \text{ имп} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-3}$ |
| Массовая скорость счета | I_m | $5,8 \cdot 10^6 \text{ имп} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot (\text{гCe})^{-1}$ |
| Коэффициент счета | φ | 0,12 |

Характеристика препарата ^{144}Ce дана в паспорте-сертификате.
Датой приготовления раствора считать день получения индивидуального задания.

Рассчитать:

- количество препарата, необходимое для приготовления раствора;
- количество добавляемого изотопного носителя с учетом носителя, вносимого с препаратом

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и зачета.

При сдаче экзамена в 7 семестре студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин. К сдаче экзамен допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Примеры вариантов вопросов на экзамене:

Билет 1

1 Объекты исследования в радиохимии и их особенности.

2 Ионообменная хроматография. Принцип метода. Виды ионообменных материалов. Количественные характеристики процесса. Уравнение Никольского.

3 Торий. Общие свойства. Степени окисления. Растворимые и нерастворимые соединения. Химия водных растворов. Методы выделения. Практическое использование.

Билет 2

1 Ядерно-физические свойства радионуклидов. Характеристики препаратов радиоактивных изотопов: радиохимическая чистота, радиохимический состав, удельная активность.

2 Процессы изотопного обмена. Классификация, механизмы реакций. Особенности реакций идеального изотопного обмена.

3 Протактиний. Общие свойства. Степени окисления. Растворимые и нерастворимые соединения. Химия водных растворов. Методы выделения. Практическое использование.

При сдаче **зачета** в 8 семестре по лабораторному практикуму студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Примеры вариантов вопросов на **зачете**:

Вариант 1

1 Основные нормативные документы по радиационной безопасности. Публикация МКРЗ, НРБ-99/2009, ОСПОРБ – 99/2010, СПОРО-2002

2 Включают ли в себя основные пределы доз дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий?

3 Имеется радионуклид ^{60}Co .

Требуется отобрать необходимое для работы количество этого изотопа из исходного раствора активностью 7 мКи. Укажите класс работ, к которому будет относиться эта операция. Чему равно значение МЗА для этого радионуклида

Вариант 2

1 Классификация радиоактивных веществ по радиационной опасности

2 Допустимые уровни облучения персонала группы Б по отношению к персоналу группы А не должны превышать закончить

3 Имеется радионуклид ^{134}Cs

Требуется отобрать необходимое для работы количество этого изотопа из исходного раствора активностью 2 мКи. Укажите класс работ, к которому будет относиться эта операция. Чему равно значение МЗА для этого радионуклида

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания

7.1 Прояев, В. В. Получение радиоактивного изотопа $^{137\text{m}}\text{Ba}$ в генераторе радионуклидов $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ («цезиевая корова»: методические указания к лабораторным работам / В. В. Прояев ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 27 с. :

7.2 Экстракционные и сорбционные процессы радиохимической технологии: учебное пособие / В.А.Винницкий, А.Ф. Нечаев, В.В. Прояев, А.С. Чугунов; - Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015 - 70 с.

7.3 Прояев, В. В. Выделение радионуклида торий-234(UX1) из солей урана методом осаждения с гидроксидом железа (III) : методические указания к лабораторной работе / В. В. Прояев, М. Ю. Тюпина; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 18 с.

7.4 Прояев, В. В. Отделение стронция-90 от дочернего иттрия-90 осаждением сульфата стронция: методические указания к лабораторной работе / В. В. Прояев, А.А. Акатов; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 30 с.

7.5 Прояев, В. В. Обеспечение радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами в учебной лаборатории: методические указания к лабораторным работам / В. В. Прояев; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ). 2012. - 30 с.

7.6 Прояев, В. В. Метод относительных измерений β -радиоактивных препаратов: Методические указания к лабораторной работе / В. В. Прояев; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ). 2012. - 52 с.

7.7 Прояев, В. В. Использование радионуклидов стронций-90 и иттрия-90 для изучения экстракции стронция и иттрия ди-(2-этилгексил) фосфорной кислотой: методические указания к лабораторной работе / В. В. Прояев; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ). 2013. - 23 с.

7.8 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 (СанПин 2.6.1.2523-09). – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009; актуализированы 2021 – 100 с. – ISBN 978-5-7508-0805-2.

б) электронные учебные издания⁴:

7.9 Булатов М.И. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Текст лекций / М. И. Булатов, Т. Э. Маметнабиев, С. В. Харитонов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. - 149 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL:

<https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 20.11.2020). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

7.10 Юдин, И.В., Хроматографические методы исследования: учеб. пособие / И.В. Юдин, Н.В. Чумак; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра радиационной технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 64 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 20.11.2020). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

7.11 Коряковский, Ю.С. Методика обработки результатов испытаний по определению критериев эффективности дезактивации: учебное пособие / Ю.С. Коряковский, А.А. Акаатов ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиозологии и радиохимической технологии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 20 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 25.12.2020). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

8.1 Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

8.2 СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». Режим доступа - <http://docs.cntd.ru/document/902170553>.

8.3 СП 2.6.6.1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)» (действ. ред.). – Режим доступа: <http://base.garant.ru/4178777/>.

8.4 Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Т. 2. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России; под общ. ред. Л.А. Большова, О.В. Крюкова, Н.П. Лаверова, И.И. Линге. – М.: Изд-во ГК «Росатом», 2013. – 392 с. – Режим доступа: <http://www.ibrae.ac.ru/docs/Monografii/tom2%20sq.pdf>.

8.4 Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Радиохимия» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

⁴ В т.ч. и методические пособия

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463).

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- видеоматериалы и учебные фильмы;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение⁶

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы (Microsoft Office Microsoft Office (Microsoft Excel));

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

Информационно-справочный портал ФИПС

http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru

Информационно-поисковая система «РОСАТОМ»: <http://www.rosatom.ru/sitemap/>

11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий используются учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных занятий используются компьютерные презентации, видеоматериалы и учебные фильмы, демонстрируемые на экране при помощи персонального компьютера (ноутбука), мультимедийного проектора и аудиоколонок.

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены необходимым лабораторным оборудованием: комплектом радиометрической аппаратуры, включающим сцинтилляционные счетчики бета-частиц со свинцовыми домиками и пересчетными устройствами, а также стандартным набором лабораторного оборудования / посуды. Помещения, в которых выполняются лабораторные работы, включены в необходимые

разрешительные документы (лицензию, санитарно-эпидемиологическое заключение), санкционирующие обращение с источниками ионизирующего излучения в открытом виде. Лаборатории оборудованы средствами контроля радиоактивного загрязнения (рук, спец-одежды, рабочих поверхностей), аварийным постом и емкостями для сбора твердых и жидких радиоактивных отходов.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Радиохимия»

1 Перечень компетенций и этапов их формирования

| Индекс компетенции | Содержание ⁵ | Индекс компетенции |
|--------------------|--|--------------------|
| ПК-4 | способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ | промежуточный |
| ПК-2 | способен обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения | промежуточный |

⁵**Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

2 Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Показатели сформированности (дескрипторы) | Критерий оценивания | Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов) | | |
|--|--|------------------------------------|---|---|---|
| | | | «удовлетворительно» (пороговый) | «хорошо» (средний) | «отлично» (высокий) |
| ПК-4.3 Понимание химических и физико-химических процессов переработки облучённого ядерного топлива | <p>Хорошо понимает основные химические и физико-химические процессы переработки облученного ядерного топлива, принципы организации радиохимических производств, методы выделения и разделения радионуклидов из высокоактивных сред (ЗН-1)</p> <p>Способен использовать различия в химии компонентов облученного топлива для разработки технологических схем по их разделению; рассчитывать основные параметры технологических схем (У-1)</p> <p>Имеет навыки применения методов проектирования технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работа (Н-1)</p> | Правильные ответы на вопросы №1-35 | Ориентируется в химических свойствах компонентов облучённого ядерного топлива, но может использовать их для решения технологических задач | Ориентируется в химических свойствах компонентов облучённого ядерного топлива, но не всегда может использовать их для решения технологических задач на практике | Хорошо ориентируется в химических свойствах компонентов облучённого ядерного топлива, Может применить эти знания для решения научно-исследовательских задач |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Показатели сформированности (дескрипторы) | Критерий оценивания | Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов) | | |
|---|---|--------------------------------------|---|---|--|
| | | | «удовлетворительно» (пороговый) | «хорошо» (средний) | «отлично» (высокий) |
| ПК-2.3 Подготовка радиоактивных препаратов и подбор условий их измерения с учетом ядерно-физических свойств радионуклидов | <p>Хорошо понимает основные принципы организации работы с радиоактивными веществами в открытом виде, используемые на практике технические решения, учитывающие особенности радиоактивных веществ (ЗН-2)</p> <p>Способен определять безопасные методы обращения с радиоактивными препаратами (У-2)</p> <p>Имеет навыки применения технических средств и приемов приготовления радиоактивных препаратов, (Н-2)</p> | Правильные ответы на вопросы №36-100 | Неуверенно ориентируется в основных факторах, определяющих эффективность регистрации ядерных излучений, и допускает неточности в формулировании рекомендаций по подготовке препаратов | Ориентируется в основных факторах, определяющих эффективность регистрации ядерных излучений, но допускает неточности, и формулировании рекомендаций по подготовке препаратов | Уверенно ориентируется в основных факторах, определяющих эффективность регистрации ядерных излучений, и формулирует окончательные рекомендации по подготовке препаратов |
| ПК-2.4 Обеспечение безопасного проведения работ с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценка получаемой дозы за счет внешнего и внутреннего облучения | <p>Хорошо понимает: основные принципы организации безопасных работ с радиоактивными веществами в открытом виде (ЗН-2)</p> <p>Способен определять радиационно безопасные условия работы с радиоактивными препаратами (У-3)</p> <p>Имеет навыки безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса; методами оценки радиационной безопасности и расчета дозовой нагрузки на персонал (Н-3)</p> | Правильные ответы на вопросы №36-100 | Неуверенно ориентируется в основных способах безопасного проведения работ с использованием радиоактивных | Ориентируется в основных способах безопасного проведения работ с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценки получаемой дозы, но затрудняется сформулировать рекомендации по безопасному проведению работ | Уверенно формулирует рекомендации по безопасному проведению работ с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и владеет : навыками безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса |

3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена.

3.1.1 Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4
(способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ)

- 1 Определение предмета радиохимии.
- 2 Специфические особенности объектов исследования радиохимии.
- 3 Специфика методов количественного определения радиоактивных нуклидов.
- 4 Краткий исторический обзор развития радиохимии.
- 5 Место и роль радиохимии в развитии науки и техники на современном этапе.
- 6 Процессы гидролиза и их особенности в растворах больших разведений.
- 7 Истинные коллоиды и псевдоколлоиды.
- 8 Приемы, позволяющие установить природу коллоидного состояния.
- 9 Основы экспериментальных методов исследования состояния радиоактивных элементов в жидкой фазе.
- 10 Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в твердой и газовой фазах
- 11 Классификация реакций изотопного обмена.
- 12 Механизмы реакций изотопного обмена.
- 13 Термодинамика и кинетика реакций идеального изотопного обмена.
- 14 Кинетические характеристики реакций изотопного обмена (период полураспада, константа скорости, порядок реакции, энергия активации) и методы их определения.
- 15 Основы экспериментальных методов исследования реакций изотопного обмена.
- 16 Практическое использование реакций изотопного обмена.
- 17 Механизмы процессов соосаждения, типы носителей. Математическое описание и основные закономерности
- 18 процессов соосаждения с изотопными, специфическими носителями.
- 19 Термодинамическая теория Ратнера процесса сокристаллизации.
- 20 Константа Хлопина, коэффициент кристаллизации, постоянная кристаллизация, их физический смысл.
- 21 Влияние различных факторов на соосаждение.
- 22 Экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения.
- 23 Практическое значение и использование процессов соосаждения в радиохимии
- 24 Классификация процессов адсорбции.
- 25 Математическое описание и основные закономерности процессов адсорбции на ионных кристаллах,
- 26 Математическое описание и основные закономерности процессов адсорбции на коллоидных и аморфных осадках, на углях, стекле и бумажных фильтрах.
- 27 Значение и практическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах
- 28 Основные классы экстрагентов,
- 29 Механизмы экстракционных процессов,
- 30 Влияние различных факторов на эффективность процесса жидкостной экстракции. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, их физический смысл и методы экспериментального определения.
- 31 Практическое использование экстракционных процессов в радиохимических исследованиях и производствах.

- 32 Основные закономерности ионообменной хроматографии.
- 33 Основные закономерности распределительной и адсорбционной хроматографии
- 34 Количественные характеристики эффективности разделения радиоактивных изотопов (элементов) методом ионообменной хроматографии и методы их экспериментального определения.
- 35 Примеры практического использования хроматографических методов в радиохимии.

3.1.2 Индивидуальные задания для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4 (способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ)

1 Оцените чувствительность радиометрического метода определения радиоактивного изотопа ^{14}C (m_{\min}), если минимально измеряемая регистрируемая активность (скорость счета) (I_{\min}) составляет $60 \text{ имп}\cdot\text{мин}^{-1}$ над фоном.

| | | |
|------------------------------------|-------------|--|
| Коэффициент счета | $\varphi =$ | 0,05. |
| Период полураспада ^{14}C | $T_{1/2} =$ | 5 710 лет. |
| Постоянная распада ^{14}C | $\lambda =$ | $3,92 \cdot 10^{-12} \text{ с}^{-1}$. |

2 Человек со средним весом $M=70 \text{ кг}$ содержит $m_{\text{Ra}} = 6,0 \cdot 10^{-9} \text{ г } ^{226}\text{Ra}$ и $m_{\text{K}} = 260 \text{ г}$ калия (содержание радиоактивного изотопа ^{40}K в смеси изотопов $q = 0,012 \text{ ат. \%}$). Рассчитать собственную α - и β -активность человека (без учета продуктов распада ^{226}Ra)

| | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Период полураспада ^{226}Ra | $T_{1/2} =$ | 1608 лет |
| Постоянная распада ^{226}Ra | $\lambda =$ | $1,35 \text{ с}^{-1}$ |
| Период полураспада ^{40}K | $T_{1/2} =$ | $1,28 \cdot 10^9 \text{ лет}$ |
| Постоянная распада ^{40}K | $\lambda =$ | $1,69 \cdot 10^{-17} \text{ с}^{-1}$ |

3 Рассчитать объем при нормальных условиях ^{222}Rn (V_{Rn}), находящегося в вековом равновесии с $m_{\text{Ra}} = 1 \text{ мг } ^{226}\text{Ra}$.

| | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Период полураспада ^{222}Rn | $T_{1/2} =$ | 3,82 сут. |
| Постоянная распада ^{222}Rn | $\lambda =$ | $2,10 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ |
| Период полураспада ^{226}Ra | $T_{1/2} =$ | 1608 лет |
| Постоянная распада ^{226}Ra | $\lambda =$ | $1,35 \cdot 10^{-11} \text{ с}^{-1}$ |

4 Определить концентрацию нитрата церия (III) (C_{Ce} , моль·дм $^{-3}$), меченного радиоактивным изотопом ^{144}Ce (содержание ^{144}Ce в изотопной смеси $q = 80 \text{ ат. \%}$), если регистрируемая активность (скорость счета) пробы объемом $V_{\text{пр.}} = 0,1 \text{ см}^3$ составляет $I = 5000 \text{ имп}\cdot\text{мин}^{-1}$ над фоном.

| | | |
|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Коэффициент счета | $\varphi =$ | 0,1. |
| Период полураспада ^{144}Ce | $T_{1/2} =$ | 284,4 сут. |
| Постоянная распада ^{144}Ce | $\lambda =$ | $2,85 \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$. |
| Период полураспада ^{144}Pr | $T_{1/2} =$ | 17,5 мин. |
| Постоянная распада ^{144}Pr | $\lambda =$ | $6,6 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. |

5 Определить общую (a) и массовую активность (a_m) препарата, содержащего радиоактивный изотоп ^{14}C , если для его приготовления к навеске угля массой $m_{\text{нос.}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ г}$ добавили радиоактивный изотоп ^{14}C в количестве $m_{\text{радиоукл.}} = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ г}$.

| | | |
|------------------------------------|-------------|--|
| Период полураспада ^{14}C | $T_{1/2} =$ | 5 710 лет. |
| Постоянная распада ^{14}C | $\lambda =$ | $3,92 \cdot 10^{-12} \text{ с}^{-1}$. |

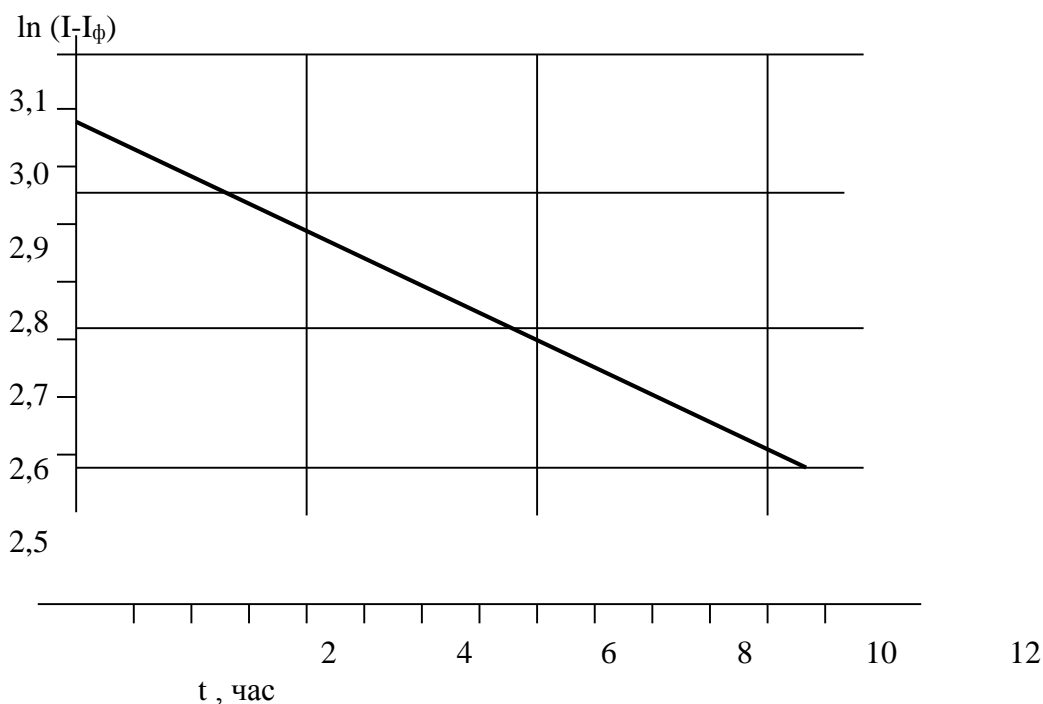
6 Рассчитать процентное содержание ($p_{\text{радиоукл.}}$, вес.%) радиоактивного изотопа ^{60}Co в смеси изотопов кобальта в препарате окиси Co (II). Масса препарата $m_{\text{преп.}} = 10 \text{ мг}$. Активность ^{60}Co в препарате $a_{\text{преп.}} = 10 \text{ МБк}$.

| | | |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Период полураспада ^{60}Co | $T_{1/2} =$ | 5,2 года |
| Постоянная распада ^{60}Co | $\lambda =$ | $4,24 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$. |

7 Рассчитать процентное содержание (ррадионукл., вес.%) радиоактивного изотопа ^{14}C в смеси изотопов углерода в препарате карбоната натрия. Масса препарата $m_{\text{преп.}} = 100$ мг. Активность ^{14}C в препарате $a_{\text{преп.}} = 10$ Бк.

Период полураспада ^{14}C $T_{1/2} = 5710$ лет.
 Постоянная распада ^{14}C $\lambda = 3,92 \cdot 10^{-12} \text{ c}^{-1}$.

8 Определить постоянную распада λ и период полураспада $T_{1/2}$ радионуклида по кривой распада



9 Что представляет собой γ -излучение? Выберите правильный ответ:

- а) поток ядер гелия;
- б) поток моноэнергетических электронов;
- в) поток электронов, имеющих непрерывный энергетический спектр;
- г) поток квантов электромагнитного излучения,

10 Что представляют собой β^+ -частицы? Укажите правильный ответ:

- а) электроны; в) протоны;
- б) позитроны; г) электроны Оже.

11 Для какого типа радиоактивных превращений может наблюдаться зависимость скорости распада от химического состояния? Выберите правильный ответ:

- а) для β^- -распада; в) для спонтанного деления;
- б) для α -распада; г) для электронного захвата.

12 Укажите, что выражает символ N в дифференциальном уравнении закона радиоактивного распада $-dN/dt = \lambda N$

- а) число Авогадро; б) число ядер в 1 cm^3 ;
- в) количество имеющихся радиоактивных ядер;
- г) количество распавшихся радиоактивных ядер

- 13 Какое из перечисленных ниже понятий определяет термин «абсолютная активность»?
- а) общее число актов распада за все время измерения;
 - б) общее число импульсов, регистрируемых прибором, за все время измерения;
 - в) число импульсов, регистрируемых за единицу времени прибором, с коэффициентом регистрации $\neq 1$;
 - г) скорость радиоактивного распада.
- 14 Какое из перечисленных понятий определяет термин «регистрируемая активность»?
- а) скорость радиоактивного распада;
 - б) число электрических импульсов, отмечающих попадание в измерительный прибор ядерных частиц или квантов в единицу времени;
 - в) общее число актов распада за все время измерения;
 - г) общее число импульсов, регистрируемых прибором за все время измерения
- 15 Укажите, какое из приведенных ниже понятий **нельзя** в общем случае использовать в качестве определения термина «период полураспада»:
- а) время, по прошествии которого остается половина наличного количества ядер радиоактивного изотопа;
 - б) время, за которое абсолютная активность снижается вдвое;
 - в) время, за которое регистрируемая активность снижается вдвое;
 - г) время, за которое масса радиоактивного вещества уменьшается в 2 раза

3.1.3 Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2

(способен обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения)

- 36 Специфические особенности поведения радиоактивных изотопов (элементов) в электрохимических процессах.
- 37 Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных изотопов (элементов).
- 38 Использование электрохимических процессов в радиохимии.
- 39 Общие представления о поведении атомов, образующихся в результате ядерных превращений в составе молекулярных систем ("горячих" атомов или атомов отдачи).
- 40 Образование атома отдачи; расчет энергии отдачи и энергии, расходуемой на разрыв химической связи атома отдачи, входящего в состав молекулы.
- 41 Модель поведения атома отдачи в конденсированной среде.
- 42 Методы исследования реакций "горячих" атомов.
- 43 Специфические методы концентрирования радиоактивных нуклидов. Метод Сциларда-Чалмерса
- 44 Реакторные, циклотронные и генераторные радионуклиды.
- 45 Выбор ядерной реакции.
- 46 Требование к веществу мишени.
- 47 Расчет времени облучения.
- 48 Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней.
- 49 Получение радионуклидов для медицинских целей
- 50 Метод радиоактивных индикаторов.
- 51 Радиометрические измерения и радиохимический анализ.
- 52 Радиоаналитическая химия.
- 53 Размещение актиноидов в периодической системе.

- 54 Актиноидная гипотеза Сиборга.
- 55 Общая характеристика актиноидов. Степени окисления. Химические формы существования в различных степенях окисления в водных растворах.
- 56 Методы получения актиноидов. Применение
- 57 Положение в периодической системе тория и протактиния. История открытия.
- 58 Важнейшие изотопы тория и протактиния и методы их получения.
- 59 Химические свойства тория и протактиния: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Методы выделения. Применение.
- 60 Ториевый топливный цикл.
- 61 Положение урана в периодической системе.
- 62 Важнейшие изотопы уран и методы их получения. Методы разделения изотопов урана.
- 63 Химические свойства урана: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 64 Методы выделения урана. Применение.
- 65 Положение плутония в периодической системе. Важнейшие изотопы плутония и методы их получения.
- 66 Химические свойства плутония: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 67 Методы выделения плутония. Применение.
- 68 Положение нептуния в периодической системе. Важнейшие изотопы нептуния и методы их получения.
- 69 Химические свойства нептуния: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 70 Методы выделения нептуния. Применение.
- 71 Положение америция в периодической системе. Важнейшие изотопы америция и методы их получения.
- 72 Химические свойства америция: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 73 Методы выделения америция. Применение.
- 74 Положение америция в периодической системе. Важнейшие изотопы кюрия и транскюриевых элементов и методы их получения.
- 75 Химические свойства кюрия и транскюриевых элементов: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 76 Методы выделения кюрия и транскюриевых элементов. Применение
- 77 Размещение актиноидов в периодической системе.
- 78 Актиноидная гипотеза Сиборга.
- 79 Общая характеристика актиноидов. Степени окисления. Химические формы существования в различных степенях окисления в водных растворах.
- 80 Методы получения актиноидов. Применение
- 81 Положение в периодической системе тория и протактиния. История открытия.
- 82 Важнейшие изотопы тория и протактиния и методы их получения.
- 83 Химические свойства тория и протактиния: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Методы выделения. Применение.
- 84 Ториевый топливный цикл.

- 85 Положение урана в периодической системе.
- 86 Важнейшие изотопы урана и методы их получения. Методы разделения изотопов урана.
- 87 Химические свойства урана: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 88 Методы выделения урана. Применение.
- 89 Положение плутония в периодической системе. Важнейшие изотопы плутония и методы их получения.
- 90 Химические свойства плутония: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 91 Методы выделения плутония. Применение.
- 92 Положение нептуния в периодической системе. Важнейшие изотопы нептуния и методы их получения.
- 93 Химические свойства нептуния: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 94 Методы выделения нептуния. Применение.
- 95 Положение америция в периодической системе. Важнейшие изотопы америция и методы их получения.
- 96 Химические свойства америция: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 97 Методы выделения америция. Применение.
- 98 Положение америция в периодической системе. Важнейшие изотопы кюрия и трансактиноидов и методы их получения.
- 99 Химические свойства кюрия и трансактиноидов: степени окисления, их устойчивость, основные химические соединения, поведение в водных растворах. Реакции диспропорционирования.
- 100 Методы выделения кюрия и трансактиноидов. Применение

3.2 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме зачета:

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного ниже.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин. промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено»

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов)

3.2.1 Оцените чувствительность радиометрического метода определения радиоактивного изотопа ^{14}C (m_{\min}), если минимально измеряемая регистрируемая активность (скорость счета) (I_{\min}) составляет 60 имп·мин $^{-1}$ над фоном.

| | | |
|------------------------------------|-------------|--|
| Коэффициент счета | $\phi =$ | 0,05. |
| Период полураспада ^{14}C | $T_{1/2} =$ | 5 710 лет. |
| Постоянная распада ^{14}C | $\lambda =$ | $3,92 \cdot 10^{-12} \text{ c}^{-1}$. |

3.2.2 Человек со средним весом $M=70$ кг содержит $m_{\text{Ra}} = 6,0 \cdot 10^{-9}$ г ^{226}Ra и

$m_{\text{K}} = 260$ г калия (содержание радиоактивного изотопа ^{40}K в смеси изотопов $q = 0,012$ ат. %). Рассчитать собственную α - и β - активность человека (без учета продуктов распада ^{226}Ra)

| | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Период полураспада ^{226}Ra | $T_{1/2} =$ | 1608 лет |
| Постоянная распада ^{226}Ra | $\lambda =$ | $1,35 \text{ c}^{-1}$ |
| Период полураспада ^{40}K | $T_{1/2} =$ | $1,28 \cdot 10^9$ лет |
| Постоянная распада ^{40}K | $\lambda =$ | $1,69 \cdot 10^{-17} \text{ c}^{-1}$ |

3.2.3 Рассчитать объем при нормальных условиях ^{222}Rn (V_{Rn}), находящегося в вековом равновесии с $m_{\text{Ra}} = 1$ мг ^{226}Ra .

| | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Период полураспада ^{222}Rn | $T_{1/2} =$ | 3,82 сут. |
| Постоянная распада ^{222}Rn | $\lambda =$ | $2,10 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$ |
| Период полураспада ^{226}Ra | $T_{1/2} =$ | 1608 лет |
| Постоянная распада ^{226}Ra | $\lambda =$ | $1,35 \cdot 10^{-11} \text{ c}^{-1}$ |

3.2.4 Определить концентрацию нитрата церия (III) (C_{Ce} , моль·дм $^{-3}$), меченного радиоактивным изотопом ^{144}Ce (содержание ^{144}Ce в изотопной смеси $q = 80$ ат. %), если регистрируемая активность (скорость счета) пробы объемом $V_{\text{пр.}} = 0,1$ см 3 составляет $I = 5000$ имп·мин $^{-1}$ над фоном.

| | | |
|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Коэффициент счета | $\phi =$ | 0,1. |
| Период полураспада ^{144}Ce | $T_{1/2} =$ | 284,4 сут. |
| Постоянная распада ^{144}Ce | $\lambda =$ | $2,85 \cdot 10^{-8} \text{ c}^{-1}$. |
| Период полураспада ^{144}Pr | $T_{1/2} =$ | 17,5 мин. |
| Постоянная распада ^{144}Pr | $\lambda =$ | $6,6 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$. |

3.2.5 Определить общую (a) и массовую активность (a_m) препарата, содержащего радиоактивный изотоп ^{14}C , если для его приготовления к навеске угля массой $m_{\text{нос.}} = 1,0 \cdot 10^{-4}$ г добавили радиоактивный изотоп ^{14}C в количестве $m_{\text{радионукл.}} = 2,0 \cdot 10^{-6}$ г.

| | | |
|------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Период полураспада ^{14}C | $T_{1/2} =$ | 5 710 лет. |
| Постоянная распада ^{14}C | $\lambda =$ | $3,92 \cdot 10^{-12} \text{ c}^{-1}$ |

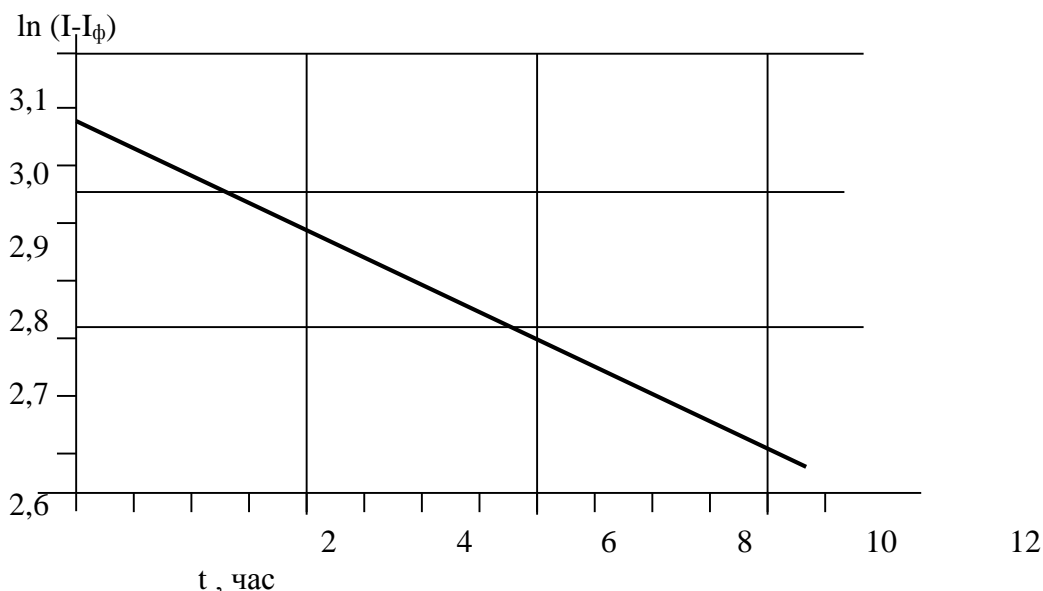
3.2.6 Рассчитать процентное содержание ($\rho_{\text{радионукл.}}$, вес.%) радиоактивного изотопа ^{60}Co в смеси изотопов кобальта в препарате окиси Co (II). Масса препарата $m_{\text{преп.}} = 10$ мг. Активность ^{60}Co в препарате $a_{\text{преп.}} = 10$ МБк.

| | |
|-------------------------------------|---|
| Период полураспада ^{60}Co | $T_{1/2} = 5,2$ года |
| Постоянная распада ^{60}Co | $\lambda = 4,24 \cdot 10^{-9} \text{ c}^{-1}$. |

3.2.7 Рассчитать процентное содержание ($\rho_{\text{радионукл.}}$, вес.%) радиоактивного изотопа ^{14}C в смеси изотопов углерода в препарате карбоната натрия. Масса препарата $m_{\text{преп.}} = 100$ мг. Активность ^{14}C в препарате $a_{\text{преп.}} = 10$ Бк.

| | |
|------------------------------------|--|
| Период полураспада ^{14}C | $T_{1/2} = 5710$ лет. |
| Постоянная распада ^{14}C | $\lambda = 3,92 \cdot 10^{-12} \text{ c}^{-1}$. |

3.2.8 Определить постоянную распада λ и период полураспада $T_{1/2}$ радионуклида по кривой распада



3.2.9 Что представляет собой γ -излучение? Выберите правильный ответ:

- а) поток ядер гелия;
- б) поток моноэнергетических электронов;
- в) поток электронов, имеющих непрерывный энергетический спектр;
- г) поток квантов электромагнитного излучения,

3.2.10 Что представляют собой β^+ -частицы? Укажите правильный ответ:

- а) электроны; в) протоны;
- б) позитроны; г) электроны Оже.

3.2.11 Для какого типа радиоактивных превращений может наблюдаться зависимость скорости распада от химического состояния? Выберите правильный ответ:

- а) для β^- -распада; в) для спонтанного деления;
- б) для α -распада; г) для электронного захвата.

3.2.12 Укажите, что выражает символ N в дифференциальном уравнении закона радиоактивного распада $-dN/dt = \lambda N$

- а) число Авогадро; б) число ядер в 1 cm^3 ;

- в) количество имеющихся радиоактивных ядер;
- г) количество распавшихся радиоактивных ядер

3.2.13 Какое из перечисленных ниже понятий определяет термин «абсолютная активность»?

- а) общее число актов распада за все время измерения;
- б) общее число импульсов, регистрируемых прибором, за все время измерения;
- в) число импульсов, регистрируемых за единицу времени прибором, с коэффициентом регистрации $\neq 1$;
- г) скорость радиоактивного распада.

3.2.14 Какое из перечисленных понятий определяет термин «регистрируемая активность»?

- а) скорость радиоактивного распада;
- б) число электрических импульсов, отмечающих попадание в измерительный прибор ядерных частиц или квантов в единицу времени;
- в) общее число актов распада за все время измерения;
- г) общее число импульсов, регистрируемых прибором за все время измерения

3.2.15 Укажите, какое из приведенных ниже понятий **нельзя** в общем случае использовать в качестве определения термина «период полураспада»:

- а) время, по прошествии которого остается половина наличного количества ядер радиоактивного изотопа;
- б) время, за которое абсолютная активность снижается вдвое;
- в) время, за которое регистрируемая активность снижается вдвое;
- г) время, за которое масса радиоактивного вещества уменьшается в 2 раза