**ПРИЛОЖЕНИЕ А**
**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Основы взаимодействия излучения с веществом»**

***1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины***

| Код контролируемой компетенции | Способ оценивания | Оценочное средство |
|---|---|---|
| ОПК-1: Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | Зачет | Комплект контролирующих материалов для зачета |
| ОПК-4: Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | Зачет | Комплект контролирующих материалов для зачета |

***2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания***

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Основы взаимодействия излучения с веществом».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Основы взаимодействия излучения с веществом» используется 100-балльная шкала.

| Критерий | Оценка по 100-балльной шкале | Оценка по традиционной шкале |
|---|---|---|
| Студент освоил изучаемый материал, выполняет задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций, может допускать отдельные ошибки. | 25-100 | *Зачтено* |
| Студент не освоил основное содержание изученного материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно. | 0-24 | *Не зачтено* |

***3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами***

*1.Опираясь на фундаментальные законы природы, применяя естественнонаучные*

*знания формулировать основные задачи, проводить анализ и сравнение конкретных ситуаций, делать умозаключения и выводы в области радиационной физики и явлений переноса в веществе.*

| Компетенция | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач |
| ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики |

Пример заданий

1. Применяя естественнонаучные знания, дайте определение ионизирующего излучения, охарактеризуйте виды ИИ, основные свойства элементарных частиц. Опишите первичные процессы при облучении вещества.
2. Применяя естественнонаучные знания, сформулируйте закон ослабления гамма-излучения в веществе. Поясните, что такое узкий и широкий пучок, каковы разновидности фактора накопления, и в чем заключается принцип расчета толщины защиты в барьерной геометрии.
3. Применяя естественнонаучные знания, дайте определение линейного, массового атомного и электронного коэффициента ослабления излучения, линейного коэффициента передачи и поглощения энергии, поясните зависимость этих характеристик от энергии и атомного номера вещества.
4. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания и математический аппарат физики высоких энергий, опишите и проведите сравнение процессов прохождения тяжелых и легких заряженных частиц через вещество, приведите примеры, иллюстрирующие сходство и различие возникающих реакций. Поясните, чем обусловлены радиационные и ионизационные потери энергии, и рассчитайте удельные ионизационные потери и среднее число ионов на 1 см пробега в воздухе для α-частицы с энергией 10 МэВ, приняв, что на образование одного иона в воздухе необходимо ≈ 35 эВ.
5. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания и математический аппарат физики высоких энергий и современные экспериментальные данные, опишите процесс прохождения нейтронов через вещество, приведите примеры, возникающих реакций в зависимости от энергии падающего излучения. Сравните механизмы упругого и неупругого рассеяния нейтронов на ядрах мишени.
6. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания и математический аппарат физики высоких энергий и современные экспериментальные данные, опишите процессы прохождения γ-квантов и фотонного излучения через вещество: фотоэффект, эффект Комптона, образование пар.
7. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, опишите этапы процесса повреждаемости твердых тел, дайте понятие первично выбитого атома (ПВА) и его энергии, поясните как образуется и развивается каскад столкновений.
8. Опишите структуру каскада столкновений. Проанализируйте влияние эффектов фокусировки атомных столкновений и каналирование частиц в кристаллах на каскадную функцию, приведите примеры атермической перестройки в каскаде и поясните причины возникновения.
9. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, опишите процесс прохождения ионов через вещество, поясните, какие факторы влияют на образование атомных смещений, в чем заключается эффект теней. Проанализируйте дефектообразование и трекообразование в твердых телах при воздействии высокоэнергетических тяжелых ионов, приведите примеры.

*2.Опираясь на фундаментальные законы природы, применяя естественнонаучные знания и математический аппарат физики формулировать основные проблемы и задачи радиационного материаловедения, проводить анализ и сравнение конкретных ситуаций, подбирать методы исследования облученных материалов, делать умозаключения и выводы на основе проведенных исследований, под по следующим темам: 1) действие облучения на материалы; 2) радиационные дефекты.; 3) влияние ионизирующих излучений на физико-механические и физико-химические свойства материалов.*

| Компетенция | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач |
| ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики |

Примеры заданий

1. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, опишите. механизмы низкотемпературного и высокотемпературного радиационного охрупчивания, проанализируйте типы возникающих реакций, приведите примеры. Поясните, как влияют температура, флюенс и спектр нейтронов на ВТРО.
2. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, опишите типы и механизмы радиационного распухания (свеллинг), проанализируйте типы распухания материалов (газовое и твердое), приведите примеры. Поясните, как влияют процесс внешние (температура, доза облучения, тип бомбардирующих частиц) и внутренние (дислокационная структура, двумерные дефекты, наличие напряжений и газовых примесей) факторы. Используя базы данных по свойствам реакторных сталей, опишите и проанализируйте радиационное распухание реакторной стали 06Х16Н15М2Г2ТФР
3. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, опишите влияние радиационного воздействия на прочность и пластичность кристаллических материалов. Проанализируйте механизмы радиационного упрочнения материалов, приведите примеры. Поясните, как влияют процесс температура и доза облучения. Предложите способы восстановления механических свойств облученных материалов.
4. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, дайте понятие и опишите процессы радиационной ползучести материалов, каковы теоретические представления о механизмах радиационной ползучести. Проанализируйте влияние внешних (характеристики излучения) и внутренних факторов на механизмы радиационной ползучести, приведите примеры.
5. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, дайте понятие и опишите явление радиационно-стимулированной диффузии, сравните механизмы миграции атомов. Поясните какие факторы влияют на процесс радиационно-стимулированной диффузии. Опишите кинетику процесса на примере $\alpha$-латуни.
6. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, опишите и сравните способы изменения состава приповерхностного слоя при ионной бомбардировке: ионная имплантация, ионное (каскадное) перемешивание, метод Коллигона. Приведите конкретные примеры. Нарисуйте схему и опишите метод ионно-ассистированного нанесения покрытия.
7. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, поясните сущность явления радиационно-индуцированной сегрегации (РИС) компонентов сплавов, сформулируйте условия, необходимые для проявления РИС. Сравните вклад в перераспределение компонентов сплава радиационно-индуцированной сегрегации (РИС) и термической поверхностной сегрегации (сегрегации Гиббса). Опишите гомогенные и гетерогенные механизмы радиационно-индуцированной сегрегации (РИС): обратный эффект Киркендалла и образование подвижных комплексов «радиационный дефект — растворенный атом».

8. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, поясните сущность явления радиационно-индуцированной сепарации атомов. Опишите эффект «потения» сплавов на примере поверхности двойных Al—Li сплавов.

9. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, опишите процессы образования точечных радиационных дефектов и их скоплений (кластеров, дислокационных петель, пор) в облученных кристаллических материалах, сравните основные типы зарождения скоплений радиационных дефектов: гомогенный, гетерогенный и внутри каскадов смещений. Опишите стадии образования дефектных структур по Уллмейеру и Шиллингу. Поясните, какие факторы и как влияют на образование, поведение и эволюцию скоплений радиационных дефектов, прежде всего дислокационных петель и пор. Дайте характеристику основных методов исследования скоплений точечных дефектов, опишите некоторые результаты.

10. Используя фундаментальные законы природы и применяя естественнонаучные знания, дайте понятие явления радиационного распыления материалов, опишите и сравните виды распыления материалов при облучении (физическое и химическое распыление). Используя результаты экспериментальных исследований поясните сущность явлений преимущественного (селективного) распыления и ионного травления поверхности материала при распылении. Сформулируйте основные положения теории физического распыления П. Зигмунда. Дайте определение коэффициента распыления и поясните, как он зависит от различных параметров.

11. Применяя естественнонаучные знания, дайте понятие и поясните сущность явлений радиационного блистеринга и флекинга. Опишите влияние различных факторов (дозы и температуры облучения, энергии и угла падения бомбардирующих ионов, кристаллографической ориентации мишени, термомеханической обработки поверхности, напряженного состояния мишени и др. ) на эти процессы

12. Применяя естественнонаучные знания и используя фундаментальные законы, опишите действие ионизирующего излучения на щелочно-галоидные кристаллы. На примере фторида лития охарактеризуйте изменение физических и механических свойства щелочно-галоидных кристаллов в результате облучения. Дайте понятия электронных и дырочных центров окраски, опишите механизм их образования.

*3.Опираясь на фундаментальные законы природы, применяя естественнонаучные знания формулировать основные проблемы и задачи в области радиационно-химических превращений в различных средах и материалах, проводить анализ и сравнение конкретных ситуаций, делать умозаключения и выводы на основе проведенных исследований.*

| Компетенция | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач |
| ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной | ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики |

| | |
|---|---|
| деятельности | |

Примеры заданий

1. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, опишите первичные радиационно-химические процессы в молекулярных системах: механизмы, влияние внешних и внутренних факторов. Поясните, в чем состоит селективность радиационно-химических процессов. Приведите примеры первичных радиационно-химических реакций.

2. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, опишите и сравните радиолиз двухкомпонентных и многокомпонентных систем, проиллюстрируйте на конкретных примерах особенности радиолиза таких систем. Поясните, в чем заключается прямое и косвенное действие излучения, как влияют доза и температура излучения на радиолиз многокомпонентных систем. Дайте понятие электронной доли компонента. Поясните, что такое неаддитивные эффекты радиолиза и при каких условиях они проявляются.

3. Применяя естественнонаучные знания, результаты экспериментальных и теоретических исследований, опишите первичные радиационно-химические процессы в газовой фазе, запишите уравнения соответствующих радиационно-химических реакций. Проанализируйте влияние давления на радиолиз газов. Приведите конкретны е примеры, иллюстрирующие особенности радиолиза двухатомных и трехатомных газов и опишите радиационно-химические процессы в воздушной среде.

4. Применяя естественнонаучные знания, результаты экспериментальных и теоретических исследований, дайте общую характеристику радиационно-химическим превращениям органических соединений. На примере углеводородов поясните, в чем заключается связь между электронной структурой и механизмом радиационно- химических превращений, а именно, на соотношение разрывов С—Н и С—С связей при облучении.

5. Применяя естественнонаучные знания, результаты экспериментальных и теоретических исследований, охарактеризуйте особенности радиолиза ароматических углеводородов, и проанализируйте причины их радиационной стойкости. Приведите примеры использования ароматических углеводородов в качестве антирадов

6. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, опишите процесс радиолиза воды. Проанализируйте ранние стадии радиолиза и постройте временную шкалу первичных процессов. Опишите негомогенную стадию радиолиза воды, рассмотрев реакции в шпорах и радиационно-химические выходы продуктов после их завершения (стабильные и нестабильные продукты). Сравните реакционную способность основных промежуточных продуктов радиолиза воды (гидратированный электрон, гидроксильный радикал, атом водорода).

7. Опишите и проведите сравнение процесса радиолиза в разбавленных и концентрированных водных растворах. Покажите, как влияют примеси на радиолиз воды, и каковы особенности радиолиза концентрированных водных растворов.

8. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, рассмотрите процесс радиационной полимеризации (РП) на конкретном примере (катионный, анионный и радиационный первичный активный центр).

9. Опишите реакционные стадии процесса радиационной полимеризации (РП). Поясните, как влияют на наблюдаемые процессы условия реализации РП (температура, поглощенная доза ИИ, мощность поглощенной дозы, наличие растворителя и сенсибилизаторов).

*4.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат физики, решить задачи по дозиметрии и радиоактивному распаду*

| Компетенция | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач |
| ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики |

Примеры заданий

1. Применяя естественнонаучные знания, определите, какому числу пар ионов в $м^3$ и какой поглощенной энергии в Дж/кг, МэВ/кг и МэВ/$м^3$ соответствует доза в 1 Р?
2. Применяя естественнонаучные знания и используя математический аппарат дозиметрии, рассчитайте интенсивности излучения и плотности потоков γ-квантов, имеющих энергию фотонов 1 МэВ, если мощность экспозиционной дозы в воздухе и в алюминии — 0.1 Р/с.
3. В 0.01$м^3$ воздуха при нормальных условиях образовалось $7.5 \cdot 10^{10}$ пар ионов. Применяя естественнонаучные знания, определите, чему равна керма в расчете на 1 г воздуха, если происходит равномерное облучение по бесконечно большому пространству.
4. В человеческом теле содержится около 18% углерода. Применяя естественнонаучные знания и математический аппарат физики, рассчитайте активность человеческого тела и поглощенную дозу, обусловленную β-распадом $^{14}C$. Отношение количества ядер $^{14}C/^{12}C = 1.2 \cdot 10^{-12}$, $E_p = 0.05$МэВ. Проанализируйте, как повлияет на полученный результат увеличение доли нестабильных ядер $^{14}C$ и $E_p$.
5. Применяя естественнонаучные знания и математический аппарат физики, определите мощность экспозиционной дозы в Р/мин на расстоянии 200 см от точечного источника γ-излучения с энергией 0.7 МэВ активностью $2 \cdot 10^7$ Бк. Проанализируйте, как повлияет на полученный результат изменение характеристик источника.
6. Экспериментатор находится в центральном реакторном зале в поле смешанного излучения. Мощность поглощенной дозы в биологической ткани, создаваемая быстрыми и тепловыми нейтронами и γ-излучением, равна 0.9, 1.3 и 2.1 мрад в сутки соответственно. Применяя естественнонаучные знания, рассчитайте мощность дозы в миллибэрах в неделю для шестидневной рабочей недели.
7. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, исследуйте и сравните зависимости поглощенной дозы, создаваемой в воздухе β- и γ- излучениями радионуклида $^{203}Hg$ от расстояния от источника активностью 10 МБк и времени облучения течение. Сделайте вывод о том, доза от какого излучения больше и почему.

*5.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы физики высоких энергий, решить задачи на определение характеристик ионизирующего излучения в веществе*

| Компетенция | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач |
| ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные | ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая |

| | |
|---|---|
| исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | современные тенденции развития технической физики |

Пример заданий

1. Применяя естественнонаучные знания, рассчитайте в лабораторной системе отсчета скорость и энергию теплового нейтрона и атома мишени массой A, испытавших лобовое столкновение, при условии, что энергия нейтрона 0,5 МэВ, а атом мишени изначально находится в покое. Исследуйте, как влияет на результат столкновения атомная масса атомов мишени, рассмотрев, например, в качестве мишени Be, Al и Pb (A=9 (Be), A=27 (Al), A=207,2 (Pb)).
2. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, рассчитайте толщину слоя $^{10}B$ необходимого для поглощения 99% падающего пучка тепловых нейтронов. Насколько возрастёт толщина поглотителя, если его сделать из природного бора (20% ядер $^{10}B$ ($\delta_{10} \approx 0.2$) и 80% ядер $^{11}B$ ($\delta_{11} \approx 0.8$))? Сечение захвата тепловых нейтронов ядром $^{10}B$ около 4000б, а ядром $^{11}B$ - 50 мб. Плотность бора составляет 2,4 г/см$^3$.
3. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, оцените среднее количество актов рассеяния нейтрона на ядрах водорода, необходимое для уменьшения его энергии до тепловой при условии, что средняя энергия нейтронов, испускаемых радий-бериллиевым источником в реакции $^{9}Be(\alpha,n)^{12}C$, равна 6 МэВ.
4. Коллимированный пучок α-частиц с энергией T = 10 МэВ падает перпендикулярно на медную фольгу толщиной $\delta$ = 1 мг/см$^2$. Частицы, рассеянные под углом $\alpha$ = 30°, регистрируются детектором площадью S = 1см$^2$, расположенным на расстоянии l = 20 см от мишени. Применяя естественнонаучные знания и математический аппарат физики высоких энергий, рассчитайте долю зарегистрированных детектором частиц от полного числа рассеянных α-частиц.
5. Применяя естественнонаучные знания и математический аппарат теории переноса, оцените сечение рассеяния альфа-частицы с энергией 3 МэВ в кулоновском поле ядра $^{238}U$ в интервале углов от 150° до 170°.
6. Пучок нейтронов с энергией 0.5 МэВ падает на алюминиевую фольгу толщиной 1 мм. Применяя естественнонаучных знания и математический аппарат физики высоких энергий, рассчитайте, какая часть нейтронов пучка будет захвачена ядрами фольги, если сечение захвата ядрами $^{27}Al$ нейтронов указанной энергии равно $2\cdot10^{-26}$ см$^2$. Плотность алюминия 2,7 г/см$^3$.
7. Быстрая тяжелая частица с зарядом Ze движется со скоростью $\upsilon$ через среду с концентрацией электронов $n_e$. Применяя естественнонаучные знания, определите энергию, теряемую частицей на единице пути в результате взаимодействия с электронами, относительно которых ее прицельный параметр заключен в интервале ($b_0$, $b_0 + \Delta b$).

*6.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат физики, решить задачи по темам 1) фотоэффект; 2) комптон-эффект; 3) рождение пар.*

| Компетенция | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач |
| ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики |

Пример заданий

1. Применяя естественнонаучные знания, покажите, что фотоэффект на свободном электроне не возможен.
2. Применяя естественнонаучные знания, рассчитайте и сравните полные сечения фотоэффекта, комптоновского рассеяния и эффекта рождения пар при облучении алюминия γ-квантами с энергией 5МэВ.
3. Фотон с энергией 10 МэВ рассеялся на покоящемся электроне. Применяя естственнонаучные знания, определите кинетическую энергию электрона после столкновения и угол 9, если длина волны рассеянного фотона увеличилась в 2 раза.
4. Имеется два источника, испускающих моноэнергетическое фотонное излучение. Энергия фотона от каждого источника различна. В двух экспериментах измеряли в некоторой точке пространства плотность потока энергии от первого источника, плотность потока от второго источника и суммарную мощность экспозиционной дозы. В первом эксперименте плотность потока энергии от каждого источника была соответственно $1_1$ и $1_2$. Во втором – плотность потока энергии от первого источника оказалась равной $I_2$, а от второго – $I_1$. Применяя естественнонаучные знания, исследуйте, была ли одинакова мощность экспозиционной дозы в первом и во втором экспериментах?
5. В двух различных экспериментах измеряли поглощенную энергию фотонного излучения в 1 г алюминия, и оказалось, что в обоих случаях поглощенная энергия одна и та же. Энергия фотона в первом эксперименте такова, что основной процесс взаимодействия – фотоэффект, а во втором – комптон-эффект. Применяя естественнонаучные знания, исследуйте, как изменится (уменьшится или увеличится) поглощенная энергия в каждом эксперименте, если вместо алюминия использовать воду.
6. В вакууме находится сферическая поверхность, равномерно покрытая тонким непоглощающим слоем радиоактивного нуклида, испускающего γ~излучение с полной энергией $2 \cdot 10^7$МэВ в 1с. Применяя естественнонаучные знания, исследуйте зависимость интенсивности излучения от расстояния от центра сферы. Рассчитайте интенсивность излучения на расстоянии 1м от центра сферы, если ее радиус равен 0,5 м.

***4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.***