**Комплект оценочных материалов по дисциплине**

**«Ядерная спектрометрия»**

**Задания закрытого типа**

**Задания закрытого типа на выбор правильного ответа**

*Выберите один правильный ответ.*

1. Какие потери энергии преобладают при прохождении электронов через вещество?

А) Ионизационные потери

Б) Радиационные потери

В) Тепловые потери

Г) Магнитные потери

Правильный ответ: А

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

2. Какие основные процессы происходят при электромагнитном взаимодействии ядерных излучений с веществом?

А) Ионизация, возбуждение, тормозное излучение

Б) Тепловое расширение, плавление, испарение

В) Химические реакции, окисление, восстановление

Г) Кристаллизация, конденсация, преломление

Правильный ответ: А

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

3. Какой механизм взаимодействия гамма-квантов с веществом является основным при низких энергиях?

А) Комптоновское рассеяние

Б) Фотоэффект

В) Образование пар

Г) Ядерный фотоэффект

Правильный ответ: Б

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

4. Какой газ чаще всего используется в газонаполненных детекторах?

А) Кислород

Б) Аргон

В) Водород

Г) Азот

Правильный ответ: Б

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

5. Какой тип нейтронов имеет энергию менее 3⋅10-7 эВ?

А) Тепловые

Б) Холодные

В) Ультрахолодные

Г) Горячие

Правильный ответ: В

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

6. Какой метод используется для определения элементного состава вещества с помощью нейтронов?

А) Нейтронно-активационный анализ

Б) Спектрометрия гамма-квантов

В) Масс-спектрометрия

Г) Рентгеновский анализ

Правильный ответ: А

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

**Задания закрытого типа на установление соответствия**

1 Установите соответствие между процессами и их описанием. *Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Процессы |  | Описания |
| 1) | Ионизация | А) | Излучение, возникающее при искривлении траектории частицы в кулоновском поле ядра. |
| 2) | Возбуждение | Б) | Процесс, при котором электрон переходит на более высокий энергетический уровень. |
| 3) | Тормозное излучение | В) | Процесс, при котором электрон покидает атом. |

Правильный ответ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| В | Б | А |

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

2. Установите соответствие между механизмами потерь энергии и их описанием. *Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Механизмы потерь энергии |  | Описания |
| 1) | Ионизационные потери | А) | Потери энергии за счет излучения фотонов при ускорении электронов. |
| 2) | Радиационные потери | Б) | Рассеяние гамма-квантов на электронах с передачей им части энергии |
| 3) | Комптон-эффект | В) | Потери энергии за счет передачи энергии электронам атомов. |

Правильный ответ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| В | А | Б |

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

3. Установите соответствие между типами полупроводниковых детекторов и их применением. *Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Типы полупроводниковых детекторов |  | Применение |
| 1) | Поверхностно-барьерный | А) | Используется для регистрации гамма-квантов |
| 2) | Дрейфовый | Б) | Используется для регистрации нейтронов |
| 3) | Диффузный | В) | Используется для регистрации тяжелых заряженных частиц |

Правильный ответ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| В | А | Б |

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

4. Установите соответствие между методами спектрометрии нейтронов и их описанием. *Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Методы спектрометрии нейтронов |  | Описание методов |
| 1) | Метод времени пролета | А) | Основан на регистрации протонов отдачи |
| 2) | Метод ядер отдачи | Б) | Основан на регистрации световых вспышек в сцинтилляторе |
| 3) | Сцинтилляционный метод | В) | Основан на измерении времени пролета нейтронов через известное расстояние |

Правильный ответ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| В | А | Б |

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

5. Установите соответствие между элементами сцинтилляционного детектора и их функциями. *Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Элементы сцинтилляционного детектора |  | Функции элементов сцинтилляционного детектора |
| 1) | Сцинтиллятор | А) | Преобразует световую вспышку в электрический сигнал |
| 2) | Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) | Б) | Увеличивает амплитуду электрического сигнала |
| 3) | Усилитель | В) | Преобразует энергию частицы в световую вспышку |

Правильный ответ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| В | А | Б |

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

**Задания закрытого типа на установление правильной последовательности**

*Установите правильную последовательность.*

*Запишите правильную последовательность букв слева направо.*

1. Установите правильную последовательность этапов регистрации частицы сцинтилляционным детектором?

А) Усиление сигнала фотоэлектронным умножителем

Б) Поглощение энергии частицы сцинтиллятором

В) Преобразование энергии в световую вспышку

Г) Преобразование световой вспышки в электрический сигнал

Правильный ответ: Б, В, Г, А

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

2. Установите правильную последовательность этапов работы ионизационной камеры?

А) Усиление сигнала

Б) Ионизация газа частицей

В) Движение ионов к электродам

Г) Регистрация импульса тока

Правильный ответ: Б, В, Г, А

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

3. Установите правильную последовательность этапов работы полупроводникового детектора?

А) Образование электронно-дырочных пар

Б) Дрейф носителей заряда к электродам

В) Регистрация импульса тока

Г) Усиление сигнала

Правильный ответ: А, Б, В, Г

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

4. Установите правильную последовательность этапов метода времени пролета нейтронов?

А) Анализ спектра нейтронов

Б) Определение энергии нейтронов

В) Регистрация нейтронов детектором

Г) Измерение времени пролета нейтронов

Правильный ответ: Г, В, Б, А

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

**Задания открытого типа**

**Задания открытого типа на дополнение**

1. Напишите пропущенное слово (сочетание).

Энергия электрона, при которой потери энергии на тормозное излучение и ионизацию равны, называется \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Правильный ответ: критической

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

2. Напишите пропущенное слово (сочетание).

Процесс, при котором атом поглощает гамма-квант и испускает электрон называется \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Правильный ответ: фотоэффектом

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

3. Напишите пропущенное слово (сочетание).

Основной элемент сцинтилляционного детектора, преобразующий световой сигнал в электрический, называется \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Правильный ответ: фотоэлектронный умножитель

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

4. Напишите пропущенное слово (сочетание).

Полупроводниковые детекторы, в которых используется дрейф лития для компенсации примесей, называются\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Правильный ответ: дрейфовые детекторы

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

5. Напишите пропущенное слово (сочетание).

Метод измерения энергии нейтронов, основанный на времени их пролета через известное расстояние, называется\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Правильный ответ: метод времени пролета

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

**Задания открытого типа с кратким свободным ответом**

1. Дайте ответ на вопрос. Приборы, при помощи которых изучают энергетические спектры гамма - квантов, называют?

Правильный ответ: гамма-спектрометрами

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

2. Дайте ответ на вопрос. Отношение числа частиц, зарегистрированных детектором спектрометра к числу частиц, испускаемых источником излучения за то же время называют? *(Ответ запишите двумя словами).*

Правильный ответ: эффективностью регистрации

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

3. Дайте ответ на вопрос. Отношение энергии световой вспышки к энергии, потерянной регистрируемой частицей в веществе сцинтиллятора называют? *(Ответ запишите двумя словами).*

Правильный ответ: сцинтилляционной эффективностью.

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

4. Дайте ответ на вопрос. Частица, входящая в детектор извне, должна сначала пройти нечувствительный слой вещества, который называется? *(Ответ запишите двумя словами).*

Правильный ответ: мертвым слоем.

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

5. Дайте ответ на вопрос. Потери энергии частицы на тормозное излучение называются? *(Ответ запишите, одним словом).*

Правильный ответ: радиационными.

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

**Задания открытого типа с развернутым ответом**

1. Источник гамма-излучения испускает кванты с энергией 1,33 МэВ. Определите длину волны этих гамма-квантов? Ответ записать в м.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Для определения длины волны гамма-квантов с энергией 1,33 МэВ нужно воспользоваться связью между энергией и длиной волны.

Энергия связана с длиной волны через уравнение:

$$E=\frac{hc}{⋋}$$

Отсюда длину волны находим:

$$⋋=\frac{hc}{Е}$$

Преобразуем энергию из МэВ в джоули:

$$E=1,33∙10^{6} ∙1.602∙10^{-19}=1,33∙1.602∙10^{-13}=2,13∙10^{-13} Дж$$

Вычисляем длину волны, подставив значения в формулу:

$⋋=\frac{hc}{Е}=\frac{6,626∙10^{-34}∙3∙10^{8}}{2,13∙10^{-13}}=9,3∙10^{-13}$ м

*Ответ:* $⋋=9,3∙10^{-13}$м

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

2. Источник излучает гамма-кванты с энергией 0,662 МэВ. Эти кванты регистрируются с помощью германиевого детектора в процессе гамма-спектрометрии. Рассчитайте длину волны данных гамма-квантов и поясните, по каким причинам германиевый детектор является подходящим выбором для регистрации таких излучений.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 20 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Для определения длины волны гамма-квантов с энергией 0,662 МэВ нужно воспользоваться связью между энергией и длиной волны.

Энергия связана с длиной волны через уравнение:

$$E=\frac{hc}{⋋}$$

Отсюда длину волны находим:

$$⋋=\frac{hc}{Е}$$

Преобразуем энергию из МэВ в джоули:

$$E=0,662∙10^{6} ∙1.602∙10^{-19}=0,662∙1.602∙10^{-13}=1,061∙10^{-13} Дж$$

Вычисляем длину волны, подставив значения в формулу:

$⋋=\frac{hc}{Е}=\frac{6,626∙10^{-34}∙3∙10^{8}}{1,061∙10^{-13}}=18,74∙10^{-13}$ м

Ответ: $⋋=18,74∙10^{-13}$м

Объяснение выбора детектора. Германиевый детектор подходит для регистрации гамма-квантов с энергией 0,662 МэВ, так как он обладает высокой энергоразрешающей способностью. Это позволяет точно определить энергию квантов, что важно в спектрометрии для идентификации источника (например, цезия-137, который часто имеет такую энергию).

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

3. В процессе альфа-распада уран-238 испускает альфа-частицы с энергией 4,2 МэВ. Эти частицы регистрируются полупроводниковым детектором. Рассчитайте энергию альфа-частиц в джоулях и объясните, почему альфа-частицы не требуют глубокого проникновения в детектор.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. По условию задачи энергия дана в Мэв.

Преобразуем энергию из МэВ в джоули: E=4,2МэВ=4,2⋅106 эВ,

$$1эВ=1,602∙10^{-19} Дж$$

$$E=4,2∙10^{6} ∙1.602∙10^{-19}=4,2∙1.602∙10^{-13}=6,73∙10^{-13} Дж$$

Ответ:$E=6,73∙10^{-13} Дж$

Объяснение проникновения. Альфа-частицы имеют низкую проникающую способность из-за их большой массы и положительного заряда. Они быстро теряют энергию, взаимодействуя с электронами вещества, и останавливаются на глубине всего нескольких микрометров в полупроводниковом детекторе (например, кремниевом). Поэтому для их регистрации достаточно тонкого слоя детектора, что делает такие устройства удобными для спектрометрии альфа-излучения.

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)

4. Бета-источник испускает электроны с максимальной энергией 0,546 МэВ. Эти частицы регистрируются в спектрометре с кремниевым детектором. Определите эту энергию в джоулях и объясните, почему кремниевый детектор подходит для бета-спектрометрии.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. По условию задачи энергия дана в Мэв.

Преобразуем энергию из МэВ в джоули:

E=0,546 МэВ = 0,546⋅106 эВ,

$$1эВ=1,602∙10^{-19} Дж$$

$$E=0,546∙10^{6} ∙1.602∙10^{-19}=0,546∙1.602∙10^{-13}=0,87∙10^{-13} Дж$$

Ответ:$E=0,87∙10^{-13} Дж$

Объяснение выбора детектора. Кремниевый детектор хорошо подходит для бета-спектрометрии, так как бета-частицы (электроны) имеют умеренную проникающую способность и теряют энергию в тонком слое материала. Кремний обеспечивает достаточную чувствительность и разрешение для измерения энергии электронов в диапазоне 0,546 МэВ, а его компактность и доступность делают его практичным выбором для таких экспериментов.

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4)