

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Андронов Владимир Германович
Должность: Заведующий кафедрой
Дата подписания: 10.09.2024 00:09:59
Уникальный программный ключ:
a483efa659e7ad657516da1b78e295d4f08e5fd9

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

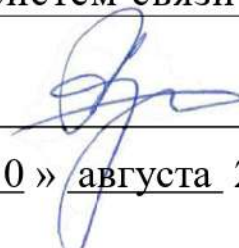
Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

космического приборостроения

и систем связи



В.Г. Андронов

« 30 » августа 20 24 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

**для текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации обучающихся
по дисциплине**

Физические основы регистрации ионизирующих излучений

(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных

код и наименование ОПОП ВО

**средств, направленность «Проектирование и технология электронных
средств»**

Курск – 2024

1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО ОПРОСА

1. Методы регистрации ионизирующих излучений.

1. Физические эффекты и методы, используемые для регистрации ионизирующих излучений.
2. Физические основы работы газонаполненных ионизационных детекторов.
3. Газонаполненные детекторы нейтронного излучения.
4. Ионизационная камера.
5. Пропорциональный счётчик.
6. Счётчики Гейгера-Мюллера.
7. Измерения альфа-излучения.
8. Измерения бета-излучения.
9. Измерения гамма- и рентгеновского излучений.
10. Ионизационные камеры.
11. Временные характеристики газонаполненных ионизационных детекторов.
12. Принцип работы сцинтилляционных детекторов и виды сцинтилляторов.
13. Неорганические монокристаллические сцинтилляторы.
14. Органические сцинтилляторы.
15. Сцинтилляторы, применяемые для регистрации нейтронного излучения.
16. Временные характеристики и форма выходных импульсов сцинтилляционных детекторов.

2. Магнитные, ионизационные, сцинтилляционные и полупроводниковые гамма-спектрометры.

1. Магнитные гамма-спектрометры.
2. Ионизационные гамма-спектрометры.
3. Сцинтилляционные гамма-спектрометры.
4. Принцип работы сцинтилляционных детекторов.
5. Неорганические монокристаллические сцинтилляторы.
6. Пластмассовые сцинтилляторы.
7. Жидкие органические сцинтилляторы.
8. Полупроводниковые гамма-спектрометры.
9. Альтернативные методы гамма-спектрометрии.
10. Многошаровый спектрометр Боннера.
11. Однокристалльные нейтронные спектрометры на протонах отдачи.
12. Общие характеристики спектрометров.
13. Спектрометры потоков заряженных частиц.
14. Спектрометрия тяжёлых заряженных частиц.
15. Распределения амплитуд импульсов для гамма-квантов.

Шкала оценивания: 100 бальная.

Критерии оценивания:

90-100 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он демонстрирует глубокое знание содержания вопроса; дает точные определения основных понятий; аргументировано и логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ актуальными примерами (типовыми и нестандартными), в том числе самостоятельно найденными; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

75-90 баллов (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он владеет содержанием вопроса, но допускает некоторые недочеты при ответе; допускает незначительные неточности при определении основных понятий; недостаточно аргументировано и (или) логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ типовыми примерами.

60-75 баллов (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он освоил основные положения контролируемой темы, но недостаточно четко дает определение основных понятий и дефиниций; затрудняется при ответах на дополнительные вопросы; приводит недостаточное количество примеров для иллюстрирования своего ответа; нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

0-59 баллов (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не владеет содержанием вопроса или допускает грубые ошибки; затрудняется дать основные определения; не может привести или приводит неправильные примеры; не отвечает на уточняющие и (или) дополнительные вопросы преподавателя или допускает при ответе на них грубые ошибки.

1.3 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

Компетентностно-ориентированная задача № 1.

При соударении γ -фотона с дейтоном последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию γ -фотона, способного вызывать такое расщепление.

Компетентностно-ориентированная задача № 2.

На какую глубину нужно погрузить в воду источник узкого пучка γ -излучения (энергия ϵ гамма-фотонов равна 1,6 МэВ), чтобы интенсивность I пучка, выходящего из воды, была уменьшена в $k=1000$ раз?

Компетентностно-ориентированная задача № 3.

При соударении γ -фотона с дейтоном последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию γ -фотона, способного вызывать такое расщепление.

Компетентностно-ориентированная задача № 4.

Нарисовать схему включения счётчика Гейгера-Мюллера и его счётную характеристику. Пояснить принцип работы.

Компетентностно-ориентированная задача № 5.

Нарисовать схему сцинтилляционного гамма-спектрометра и пояснить принцип работы.

Компетентностно-ориентированная задача № 6

Нарисуйте структурную схему и опишите принцип работы ионизационной камеры. Объясните физические явления происходящие в ионизационной камере.

Шкала оценивания: 100 балльная.

Критерии оценивания:

90-100 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом обучающимся предложено оригинальное (нестандартное) решение, или наиболее эффективное решение, или наиболее рациональное решение, или оптимальное решение.

75-90 баллов (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом; допускается наличие несущественных недочетов.

60-75 баллов (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если при решении задачи допущены ошибки некритического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

0-59 баллов (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки.

1.4 ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

1. Строение атома, радиоактивность и виды ионизирующих излучений.

1. От чего зависит количество электронных оболочек у атома?

Ответы:

1. От заряда ядра и максимально возможного количества электронов в каждой оболочке.

2. От атомного веса атома.

3. От количества нейтронов в ядре атома.

4. От суммарного количества нейтронов и протонов в ядре атома.

2. В каких случаях атом превращается в ион?

Ответы:

1. Когда число нейтронов в ядре не равно числу протонов.
2. Когда общее число нуклонов в ядре не равно числу электронов в атоме.
3. Когда атом под действием внешних сил переходит в одно из возбуждённых состояний.
4. Когда суммарное число электронов в электронных оболочках атома не равно числу протонов в ядре.
5. Когда во внешней электронной оболочке число электронов не равно $2n^2$ (где n – номер этой оболочки).

3. Какое максимальное количество электронов может находиться в К-й оболочке атомов?

Ответы:

1. Один.
 2. Два.
 3. Четыре.
 4. Восемь.
 5. Двенадцать.
4. Какое максимальное количество электронов может находиться в L-й оболочке атомов?

Ответы:

1. Два.
 2. Четыре.
 3. Восемь.
 4. Двенадцать.
 5. Восемнадцать.
5. Сколько электронов содержит атом изотопа Mn-55? (порядковый номер марганца в таблице Менделеева 25)

Ответы:

1. 55.
 2. 36.
 3. 30.
 4. 25.
 5. 20.
6. Сколько электронов содержит атом изотопа Pb-206? (порядковый номер свинца в таблице Менделеева 82)

Ответы:

1. 206.
 2. 200.
 3. 150.
 4. 120.
 5. 82.
7. На какой из электронных оболочек атома К, L, M, N расположенные на ней электроны имеют наибольшую энергию связи с ядром атома?

Ответы:

1. На К-й оболочке.
2. На L-й оболочке.
3. На M-й оболочке.
4. На N-й оболочке.

8. Сколько у атома может быть возбуждённых состояний?

Ответы:

1. Два.
2. Четыре.
3. Десять.
4. Шестнадцать.
5. Бесконечное количество.

9. Какие частицы испускаются атомами и молекулами при возвращении из возбуждённого состояния в устойчивое?

Ответы:

1. Электроны.
2. Протоны.
3. Нейтроны.
4. Гамма-кванты.
5. Фотоны характеристического излучения.

10. Из-за чего атомные веса некоторых элементов в таблице Менделеева являются дробными?

Ответы:

1. Из-за неравенства количества протонов и нейтронов в ядре.
2. Когда тяжёлые элементы содержат много электронов в оболочках суммарная масса покоя электронов добавляется к массе ядра и атомный вес становится дробным.
3. За счёт действия ядерных сил, связывающих протоны и нейтроны в ядре, часть их массы покоя переходит в энергию связи и суммарная масса нейтронов и протонов становится дробной.
4. За счёт того, что некоторые элементы имеют несколько устойчивых изотопов, удельные концентрации которых в природном веществе различны.

11. Что может приводить ядра атомов в возбуждённые состояния?

Ответы:

1. Нагрев вещества до красного свечения.
2. Облучение лазером видимого света.
3. Облучение ультракороткими радиоволнами большой мощности.
4. Бомбардировка ядер высокоэнергичными заряженными частицами, нейтронами или гамма-квантами.

12. В чём состоит отличие устойчивых и неустойчивых изотопов одного и того же элемента?

Ответы:

1. Ядра устойчивых изотопов не распадаются, а неустойчивые ядра подвержены самопроизвольному альфа- или бета-распаду или самопроизвольному делению с излучением различных ядерных частиц и гамма-квантов.

2. Ядра устойчивых изотопов под действием ядерных частиц не распадаются, а неустойчивых распадаются.

3. Устойчивые изотопы имеют большие периоды полураспада (в тысячи и миллионы лет), а неустойчивые – малые (дни, часы, минуты секунды или доли секунды).

4. Устойчивые изотопы могут излучать только гамма-кванты, а неустойчивые – любые ядерные частицы

13. Какие изотопы являются неустойчивыми (радиоактивными)?

Ответы:

1. Ядра которых состоят только из протонов.

2. У ядер которых число протонов не равно числу нейтронов.

3. Изотопы, у которых число протонов в ядре не равно числу электронов в электронных оболочках атомов.

4. Изотопы, ядра которых содержат избыток протонов или нейтронов.

5. Изотопы, у которых ядро находится в возбуждённом состоянии.

14. Что происходит при бета-распаде?

Ответы:

1. Один из электронов атома покидает атом.

2. Один из протонов покидает атом.

3. Один из нейтронов покидает атом.

4. Один из протонов ядра излучает β^+ -частицу (позитрон) и нейтрино и превращается в нейтрон или один из нейтронов ядра излучает β^- -частицу (электрон) и антинейтрино и превращается в протон.

5. Из ядра атома излучается гамма-квант.

15. Как изменяется порядковый номер элемента в таблице Менделеева при β -распаде.

Ответы:

1. Не изменяется.

2. Изменяется на одну единицу.

3. Изменяется на две единицы.

4. Изменяется на 4 единицы.

16. Как изменяется массовое число элемента при бета-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.

2. Изменяется на одну единицу.

3. Изменяется на две единицы.

4. Изменяется на 4 единицы.

17. Что представляют собой бета-частицы?

Ответы:

1. Электрон.

2. Позитрон.

3. Может быть и электроном, и позитроном.

4. Представляет собой самостоятельную ядерную частицу, имеющую массу покоя.

5. Представляет собой самостоятельную ядерную частицу, не имеющую массы покоя.

18. Что происходит с бета-частицами при прохождении их через вещество, когда она полностью потеряют свою кинетическую энергию?

Ответы:

1. Поглощаются ядром ближайшего атома.

2. Присоединяются к внешней электронной оболочке ближайшего атома, образуя отрицательный ион.

3. Исчезают, поглощаясь ближайшим атомом.

4. Если это электрон, то он присоединяется к ближайшему атому, превращая его в отрицательный ион, если это позитрон, то он аннигилирует с ближайшим электроном, в результате чего излучаются два гамма-кванта с энергией, соответствующей массам покоя электрона и позитрона.

19. Что происходит с радиоактивным изотопом при альфа-распаде?

Ответы:

1. Из ядра вылетает нейтрон.

2. Из ядра вылетает протон.

3. Из ядра вылетает один нейтрон и один протон.

4. Из ядра вылетает альфа-частица, состоящая из двух протонов и двух нейтронов.

5. Из ядра вылетает гамма-квант.

20. Как изменяется порядковый номер элемента в таблице Менделеева при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.

2. Изменяется на одну единицу.

3. Изменяется на две единицы.

4. Уменьшается на две единицы.

5. Увеличивается на две единицы.

21. Как изменяется массовое число элемента при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.

2. Уменьшается на две единицы.

3. Увеличивается на две единицы.

4. Уменьшается на 4 единицы.

5. Увеличивается на 4 единицы.

22. Что характеризует величина активности радиоактивного источника?

Ответы:

1. Плотность потока ионизирующего излучения на расстоянии в 1 м от источника.

2. Мощность поглощённой дозы ионизирующего излучения на расстоянии 1 м от источника.

3. Мощность эквивалентной дозы ионизирующего излучения на расстоянии 1 м от источника.

4. Величину флюенса ионизирующего излучения от этого источника.

5. Количество распадов радиоактивных ядер в этом источнике за 1 с.

23. В каких единицах измеряется активность источника ионизирующих излучений?

Ответы:

1. В рентгенах.

2. В греях.

3. В зивертах.

4. В радах.

5. В беккерелях.

24. Единицами какой физической величины являются беккерель и кюри?

Ответы:

1. Флюенса ионизирующего излучения.

2. Потока ионизирующего излучения.

3. Плотности потока ионизирующего излучения.

4. Активности источника ионизирующего излучения.

5. Поглощённой дозы ионизирующего излучения.

25. Единицами какой физической величины являются грей и рад?

Ответы:

1. Флюенса ионизирующего излучения.

2. Потока ионизирующего излучения.

3. Плотности потока ионизирующего излучения.

4. Активности источника ионизирующего излучения.

5. Поглощённой дозы ионизирующего излучения.

26. Единицами какой физической величины являются зиверт и бэр?

Ответы:

1. Флюенса ионизирующего излучения.

2. Плотности потока ионизирующего излучения.

3. Мощности поглощённой дозы ионизирующего излучения.

4. Эквивалентной дозы ионизирующего излучения.

5. Плотности тока ионизирующего излучения.

27. Какие виды и источники ионизирующих излучений характеризуются дискретным энергетическим спектром?

Ответы:

1. Гамма-излучение и альфа-излучение радиоизотопных источников радиоизотопных источников.

2. Рентгеновское тормозное излучение.

3. Бета-излучение радиоизотопных источников.

4. Нейтронное излучение, возникающее при реакциях самопроизвольного деления.

5. Гамма-излучение ядерных реакторов.

28. Какие виды и источники ионизирующих излучений характеризуются непрерывным энергетическим спектром?

Ответы:

1. Гамма-излучение радиоизотопных источников.

2. Бета-излучение и нейтронное излучение радиоизотопных источников и рентгеновское тормозное излучение, возникающее при торможении заряженных частиц в веществе.

3. Альфа-излучение радиоизотопных источников.

4. Характеристическое рентгеновское излучение.

29. Какие виды ионизирующего излучения характеризуются высокой проникающей способностью?

Ответы:

1. Рентгеновское, гамма- и нейтронное излучение.

2. Альфа-излучение.

3. Бета-излучение.

4. Потоки высокоэнергичных заряженных частиц.

5. Протонное излучение.

30. Для каких видов излучения их энергия зависит от скорости движения частиц?

Ответы:

1. Рентгеновское излучение.

2. Все виды корпускулярных излучений.

3. Гамма-излучение.

4. Характеристическое излучение.

2. Источники ионизирующих излучений.

1. Какие радиоизотопы используются в качестве образцовых источников?

Ответы:

1. Радиоактивные изотопы лёгких элементов (с малым атомным весом).

2. Радиоактивные изотопы тяжёлых элементов (с большим атомным весом).

3. Радиоактивные изотопы с большим периодом полураспада.

4. Радиоактивные изотопы с малым периодом полураспада.

5. Радиоактивные изотопы, подверженные самопроизвольному делению.

2. Какие ядерные реакции используются в радиоизотопных источниках нейтронного излучения?

Ответы:

1. Бета-распада.

2. Альфа-распада.

3. Реакции самопроизвольного деления, (α, n) и (γ, n) – реакции.

4. Реакции резонансного захвата.

5. Реакции неупругого взаимодействия.

3. В результате каких ядерных реакций образуются радиоактивные изотопы в активной зоне ядерных реакторов?

Ответы:

1. В результате реакции упругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов.
 2. В результате реакции неупругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов.
 3. В результате реакций резонансного поглощения нейтронов ядрами атомов.
 4. В результате реакций поглощения ядрами атомов нейтронов или высокоэнергичных гамма-квантов с последующим распадом.
4. Какие виды ионизирующих излучений проникают за пределы биологической защиты ядерных реакторов?

Ответы:

1. Альфа-излучение.
2. Протонное излучение.
3. Бета-излучение.
4. Гамма-излучение и нейтронное излучение
5. За счёт чего возникает активность в первом контуре теплоносителя ядерного реактора?

Ответы:

1. За счёт реакции самопроизвольного деления теплоносителя.
2. За счёт активации ядер атомов водорода и кислорода (воды) интенсивным гамма-излучением в активной зоне реактора.
3. За счёт активации водорода нейтронами в активной зоне реактора.
4. За счёт активации нейтронами растворённых в воде веществ и взвесей, образующихся за счёт коррозии конструктивных элементов первого контура.
6. Что происходит с радиоактивным изотопом при альфа-распаде?

Ответы:

1. Из ядра вылетает нейтрон.
2. Из ядра вылетает протон.
3. Из ядра вылетает один нейтрон и один протон.
4. Из ядра вылетает альфа-частица, состоящая из двух протонов и двух нейтронов.
7. Из ядра вылетает гамма-квант.

Вопрос 3. Как изменяется порядковый номер элемента в таблице Менделеева при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Изменяется на одну единицу.
3. Изменяется на две единицы.
4. Уменьшается на две единицы.
5. Увеличивается на две единицы.
8. Как изменяется массовое число элемента при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Уменьшается на две единицы.
3. Увеличивается на две единицы.
4. Уменьшается на 4 единицы.

5. Увеличивается на 4 единицы.

9. На схеме распада вертикальными стрелками обозначают

Ответы:

1. β^- -распад, при котором заряд ядра увеличивается.

2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

10. На схеме распада стрелками, направленными вниз справа налево обозначают

Ответы:

1. β^- -распад, при котором заряд ядра увеличивается.

2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

11. На схеме распада стрелками, направленными вниз слева направо обозначают

Ответы:

1. β^- -распад, при котором заряд ядра увеличивается.

2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

12. На схеме распада вертикальной двунаправленной стрелкой обозначают

Ответы:

1. β^- -распад, при котором заряд ядра увеличивается.

2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

13. При каком типе взаимодействия бомбардирующей частицы с ядром состав и энергетическое состояние ядра-мишени не изменяется, а происходит лишь передача ядру некоторой части кинетической энергии от частицы к ядру.

1. При упругом рассеянии.

2. При неупругом рассеянии.

3. При поглощении ядром налетающей частицы.

144. При каком типе взаимодействия бомбардирующей частицы с ядром ядро-мишень не изменяет своего состава, но переходит на один из возбуждённых уровней.

1. При упругом рассеянии.

2. При неупругом рассеянии.

3. При поглощении ядром налетающей частицы.

3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.

1. Что происходит с гамма-квантами при фотоэффекте?

Ответы:

1. Гамма-кванты рассеиваются орбитальными электронами атомов, передавая часть своей энергии одному из электронов, который, приобретя кинетическую энергию, отрывается от атома и становится свободным.

2. Гамма-кванты рассеиваются ядрами атомов, переводя их в возбуждённое состояние и теряя при этом часть своей энергии.

3. Гамма-квант поглощается ядром, переводя их в возбуждённое состояние, возвращаясь из которого ядро испускает электрон с кинетической энергией, равной начальной энергии гамма-кванта.

4. Гамма-квант поглощается одним из электронов внутренней электронной оболочки атома, передавая ему всю свою энергию и вырывая его из атома, а сам гамма-квант перестаёт существовать.

5. Гамма-квант, сталкиваясь с ядром атома порождает пару электрон-позитрон, а сам перестаёт существовать.

2. Что происходит с гамма-квантами при комптон-эффекте?

Ответы:

1. Гамма-кванты рассеиваются орбитальными электронами атомов, передавая часть своей энергии одному из электронов, который, приобретя кинетическую энергию, отрывается от атома и становится свободным.

2. Гамма-кванты рассеиваются ядрами атомов, переводя их в возбуждённое состояние и теряя при этом часть своей энергии.

3. Гамма-квант поглощается ядром, переводя их в возбуждённое состояние, возвращаясь из которого ядро испускает электрон с кинетической энергией, равной начальной энергии гамма-кванта.

4. Гамма-квант поглощается одним из электронов внутренней электронной оболочки атома, передавая ему всю свою энергию и, таким образом, перестаёт существовать.

5. Гамма-квант, сталкиваясь с ядром атома порождает пару электрон-позитрон, а сам перестаёт существовать.

3. Какой энергией должен обладать гамма-квант, чтобы стал возможен эффект рождения пары электрон-позитрон?

Ответы:

1. Энергия гамма-кванта должна быть больше энергии покоя электрона.

2. Энергия гамма-кванта должна быть больше суммарной энергии покоя электрона и позитрона.

3. Энергия гамма-кванта должна точно равняться суммарной энергии покоя электрона и позитрона.

4. Для рождения пары электрон-позитрон энергия гамма-кванта не имеет значения, важно, чтобы гамма-квант попал в зону действия ядерных сил, т.е. практически столкнулся с ядром атома.

4 Какие эффекты взаимодействия гамма-квантов с веществом могут иметь место при энергии гамма-квантов менее 1 МэВ?

Ответы:

1. Все возможные эффекты.
2. Только фотоэффект.
3. Фотоэффект и эффект Комптона.
4. Только эффект рождения пары электрон-позитрон.
5. Эффект захвата гамма-кванта ядром с испусканием из него альфа- или бета-частиц, или протонов и нейтронов.

5. От чего зависит ослабление гамма-излучения при прохождении через вещество?

Ответы:

1. Только от толщины поглотителя.
2. От толщины и плотности поглотителя.
3. Только от энергии гамма-квантов.
4. От толщины и плотности поглотителя и энергии гамма-квантов.
5. От агрегатного состояния поглотителя.
6. Что происходит при упругих взаимодействиях бета-частиц с атомами и молекулами вещества?

Ответы:

1. Происходит бета-распад ядер атомов.
2. Происходит возбуждение атомов, от которого они освобождаются путём излучения фотонов характеристического излучения.
3. Иницируются различные фотоядерные реакции.
4. Происходит передача части кинетической энергии бета-частицы (электрона) атому без его ионизации и возбуждения.
5. Происходит поглощение бета-частицы атомом.
7. При каких энергиях бета-частиц (электронов) возможны только упругие столкновения с атомами и молекулами вещества?

Ответы:

1. При малых энергиях бета-частиц (электронов).
2. При энергиях бета-частиц ниже энергии ионизации атомов.
3. При энергиях бета-частиц ниже потенциала ионизации атомов.
4. При энергиях бета-частиц выше потенциала ионизациях атомов.
5. При любых энергиях бета-частиц, только с различной вероятностью.
8. При каких условиях в газоразрядных приборах происходит возникновение электронных лавин?

Ответы:

1. Когда энергия первичных электронов превышает энергию ионизации атомов газа.
2. Когда газ находится при пониженном давлении, а энергия первичных электронов превышает энергию ионизации атомов газа.
3. Когда газ содержит изотопы, подверженные бета-распаду.

4. Когда энергия первичных электронов превышает энергию ионизации атомов газа, а приложенное электрическое поле достаточно для разгона вторичных электронов до энергий, превышающих энергию ионизации атомов, на пути, соответствующему длине свободного пробега электронов в газе при данном давлении газа.

9. Почему спектр бета-излучения непрерывен?

Ответы:

1. Потому что энергия распада нейтрона или протона с излучением электрона или позитрона может изменяться плавно.

2. Потому что одновременно с вылетом бета-частицы из ядра излучается гамма-квант и энергия распада распределяется случайным образом между бета-частицей и гамма-квантом.

3. Потому что одновременно с вылетом бета-частицы из ядра излучается нейтрино или антинейтрино и энергия распада распределяется случайным образом между бета-частицей и нейтрино или антинейтрино.

4. Потому что при бета-распаде одновременно излучаются и электрон, и позитрон и энергия распада распределяется между ними случайным образом.

10. Когда возможны неупругие взаимодействия между бета-частицами и атомами, и какие возможны последствия такого взаимодействия?

Ответы:

1. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны при любых энергиях бета-частиц, только с различной вероятностью. При этом электрон теряет часть своей кинетической энергии, а атом переходит в возбуждённое состояние.

2. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны, когда энергия бета-частицы превышает 10 эВ. При этом электрон теряет часть своей кинетической энергии, а атом переходит в возбуждённое состояние.

3. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны, когда энергия бета-частицы превышает энергию ионизации атома, т.е. достаточна для отрыва электрона от атома. В результате взаимодействия атом ионизируется и появляется дополнительный свободный электрон.

4. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны, когда энергия бета-частицы превышает энергетический уровень первого возбуждённого состояния атома. В результате взаимодействия атом возбуждается и, освобождаясь от избыточной энергии, излучает фотон характеристического излучения, а электрон теряет соответствующую часть своей кинетической энергии.

11. В каких случаях альфа-частицы, образующиеся при распаде альфа-активных изотопов, могут вызывать ядерные реакции с вылетом нейтронов?

Ответы:

1. Альфа-частицы, образующиеся при распаде альфа-активных изотопов, имеют значительную энергию (до 6 МэВ), которой достаточно для инициации любых ядерных реакций, в том числе и с вылетом нейтронов или протонов.

2. Альфа-частицы, образующиеся при распаде альфа-активных изотопов, имеют ограниченную энергию, которой недостаточно для инициации ядерных реакций с вылетом нейтронов.

3. Чтобы инициировать ядерную реакцию с вылетом нейтрона, энергия бомбардирующей частицы должна быть больше энергии связи нейтрона с ядром. Самую низкую энергию связи нейтрона с ядром имеют лёгкие элементы: бериллий, дейтерий и тритий, и только при взаимодействии с ними возможны такие реакции, т.к. энергии альфа-частиц, образующихся при распаде альфа-активных изотопов, не превышают 6 МэВ.

12. Какой механизм взаимодействия альфа-частиц с веществом приводит к наиболее быстрому торможению альфа-частиц?

Ответы:

1. Механизм упругого взаимодействия с атомами.
2. Механизм неупругого взаимодействия с атомами.
3. Механизм ионизации атомов.
4. Механизм ядерных реакций.
5. Механизм перезарядки альфа-частицы.

13. Что представляет собой кривая Брэгга?

Ответы:

1. Кривая Брэгга представляет собой зависимость расстояния пройденного альфа-частицей от её начальной энергии.

2. Кривая Брэгга представляет собой зависимость удельной ионизации молекул воздуха при торможении в нём альфа-частицы от давления воздуха.

3. Кривая Брэгга представляет собой зависимость удельной ионизации молекул воздуха при торможении в нём альфа-частицы от пути, пройденного ей.

4. Кривая Брэгга представляет собой зависимость ослабления потока альфа-частиц от пройденного ими пути при их торможении в воздухе.

5. Кривая Брэгга представляет собой зависимость энергии альфа-частицы от пройденного ей пути в воздухе при нормальном давлении и температуре 20°C.

14. Что будет происходить с нейтронами вне ядер атомов в условиях вакуума?

Ответы:

1. Нейтроны не могут находиться в свободном состоянии. Они существуют только в составе ядер атомов.

2. Они будут существовать вечно.

3. Они будут двигаться прямолинейно со скоростью соответствующей их кинетической энергии, пока не столкнутся с ядром какого-либо атома.

4. Нейтроны в свободном состоянии неустойчивы и распадаются, превращаясь в протон и излучая при этом электрон и антинейтрино, но период полураспада у них довольно большой (более 10 минут).

15. Взаимодействуют ли нейтроны с атомами, ионизируя их?

Ответы:

1. Да, они взаимодействуют с атомами как протоны, ионизируя их, поскольку массы покоя нейтронов и протонов близки.

2. Нейтроны могут ионизировать атомы при условии, что их кинетическая энергия больше энергии ионизации соответствующих атомов.

3. Нет, они не ионизируют атомы, поскольку они электрически нейтральны.

4. Они взаимодействуют только с ядрами атомов в виде упругих и неупругих взаимодействий, но ионизации атомов при этом не происходит.

5. Взаимодействуя с ядрами атомов, нейтроны могут инициировать ядерные реакции, сопровождающиеся вылетом из ядра заряженных частиц, которые, взаимодействуя с электронными оболочками атомов, вызывают их ионизацию, т.е. ионизация происходит косвенно, через вторичные частицы.

16. Какие возможны взаимодействия нейтронов с веществом?

Ответы:

1. Нейтроны не взаимодействуют с веществом, поскольку они электрически нейтральны и свободно пролетают сквозь электронные оболочки атомов.

2. Только упругие и неупругие взаимодействия с ядрами атомов, при которых состав ядра-мишени не изменяется, а изменяется лишь его энергетическое состояние.

3. Возможно лишь поглощение нейтрона ядром, при котором атомная масса ядра увеличивается на единицу и атом превращается в другой изотоп того же элемента.

4. При столкновении нейтрона с ядром атома будут происходить ядерные реакции с вылетом бета-частиц, альфа-частиц, протонов или нейтронов, если энергия бомбардирующего нейтрона достаточна для преодоления энергии связи этих частиц с ядром.

5. Могут происходить взаимодействия всех видов (упругие, неупругие, резонансное поглощение, ядерные реакции с превращением ядра), вероятности которых зависят от начальной энергии нейтрона.

4. Методы регистрации ионизирующих излучений.

1. Какие физические эффекты используются в газонаполненных детекторах для регистрации заряженных частиц?

Ответы:

1. Прямая ионизация нейтральных атомов газа при взаимодействии с ними заряженных ядерных частиц с собиранием образовавшихся свободных зарядов на аноде и катоде детектора, к которым приложено постоянное напряжение.

2. Возбуждение атомов газа при взаимодействии с заряженными частицами с последующим характеристическим излучением.

3. Торможение заряженных ядерных частиц в газе, сопровождающееся тормозным рентгеновским излучением.

4. Рождение пар электрон-дырка под воздействием заряженных частиц.

5. Визуализация треков ядерных частиц в газе.

2. Какие виды ионизирующих излучений могут регистрироваться с помощью газонаполненных детекторов?

Ответы:

1. Только потоки заряженных частиц (альфа-, бета- и протонное излучение).

2. Только фотонное излучение (гамма- и рентгеновское).

3. Только нейтронное излучение.

4. Все виды ионизирующих излучений.

5. Все виды корпускулярных излучений.

3. В чём состоят принципиальные отличия ионизационных камер от пропорциональных счётчиков и счётчиков Гейгера-Мюллера?

Ответы:

1. В различии газов, наполняющих баллоны детекторов.
2. В различии давления газов в баллонах.
3. В различии конструкций детекторов.
4. В величине приложенного электрического поля. В ионизационных камерах оно не должно превышать предела, при котором начинается ударная ионизация газа вторичными электронами.

5. В схемотехнике детекторов, обеспечивающей регистрацию отдельных импульсов.

4. За счёт чего в пропорциональных счётчиках в сотни раз возрастает амплитуда выходных импульсов по сравнению с ионизационными камерами при регистрации частиц одинаковой энергии?

Ответы:

1. За счёт возникновения электронных лавин от ударной ионизации атомов вторичными электронами, возникающими на траектории движения ионизирующей частицы вблизи анода, где ускоряющее электрическое поле максимально.

2. За счёт того, что в пропорциональных счётчиках обеспечивается более сильное электрическое поле, в результате чего уменьшается рекомбинация образовавшихся ионов и электронов.

3. За счёт того, что в пропорциональных счётчиках используется газ с меньшим потенциалом ионизации.

4. За счёт того, что в пропорциональных счётчиках газ находится под большим давлением, в результате чего на траектории движения ионизирующей частицы образуется больше электрон-ионных пар.

5. Почему счётчики Гейгера-Мюллера не могут использоваться в спектрометрах?

Ответы:

1. Потому, что у них существует большое «мёртвое время» после прохождения каждой частицы, в течение которого они нечувствительны к новым частицам.

2. Потому, что они обладают низким быстродействием.

3. Потому, что у них слишком велик коэффициент газового усиления.

4. Потому, что длительность их выходных импульсов не зависит от энергии ионизирующих частиц.

5. Потому, что амплитуда их выходных импульсов не зависит от энергии ионизирующих частиц.

6. Каким образом должно выбираться напряжение питания ионизационных камер?

Ответы:

1. Должно выбираться достаточным, для предотвращения рекомбинации образовавшихся при взаимодействии с ионизирующей частицей электрон-ионных пар.

2. Должно соответствовать тому участку вольт-амперной характеристики детектора, где соблюдается закон Ома.

3. Должно выбираться таким, чтобы поле вблизи анода было достаточным для ударной ионизации нейтральных атомов вторичными электронами.

4. Должно выбираться в середине плато счётной характеристики детектора.

5. Должно выбираться из условия обеспечения нужного коэффициента газового усиления.

7. За счёт чего обеспечивается гашение электрического разряда в счётчиках Гейгера-Мюллера после прохождения ионизирующей частицы?

Ответы:

1. За счёт правильного выбора величины напряжения питания.

2. За счёт правильного выбора величины давления газа внутри счётчика.

3. За счёт включения последовательно с анодом высокоомного резистора, в результате чего при прохождении большого импульса тока на нём падает большая часть напряжения питания и электрическое поле вблизи анода становится уже недостаточным для ударной ионизации газа и создания электронных лавин.

4. За счёт специальных покрытий катода, предотвращающих ударную эмиссию электронов и фотонов при бомбардировке катода положительными ионами, что исключает распространение газового разряда на весь объём газа внутри счётчика.

8. За счёт чего в счётчиках Гейгера-Мюллера происходит распространение электронных лавин вдоль всей нити анода, а в пропорциональных счётчиках этого не происходит?

Ответы:

1. За счёт возникновения высокоэнергичных фотонов при ударной электронной ионизации атомов газа в месте возникновения первичной электронной лавины, которые, достигая катода, выбивают из него фотоэлектроны, которые, в свою очередь, достигая области сильного электрического поля вблизи анода инициируют вторичные электронные лавины уже по всей длине околоанодного пространства. В пропорциональных счётчиках этого не происходит, поскольку в них к аргону добавляют метан, молекулы которого активно поглощают и снижают энергию фотонов и даже те фотоны, которые достигают катода не могут выбить из него фотоэлектроны.

2. За счёт того, что положительные ионы, образовавшиеся в месте возникновения первичной электронной лавины, двигаясь к катоду, приобретают энергию, достаточную для выбивания из него свободных электронов, которые попадая в околоанодную область инициируют вторичные электронные лавины. В пропорциональных счётчиках величина приложенного напряжения меньше и энергии положительных ионов уже недостаточно для выбивания из катода свободных электронов.

3. За счёт суммарного действия и механизма порождения высокоэнергичных фотонов при ионизации атомов газа в области возникновения первичной электронной лавины (поскольку процесс ионизации газа всегда сопровождается процессом возбуждения атомов, которые, освобождаясь от избыточной энергии излучают фотоны рентгеновского или ультрафиолетового диапазона), и за счёт механизма выбивания из катода свободных электронов положительными ионами.

4. За счёт того, что при бомбардировке анода электронами в месте образования первичной лавины, анод в этом месте разогревается и возникает термоэмиссия электронов, которые вызывают вторичные электронные лавины, вызывающие разогрев

более обширной области анода и довольно быстро этот процесс распространяется на всю длину анодной нити.

9. Из-за чего в счётчиках Гейгера-Мюллера без самогашения разряда, возникает мёртвое время, существенно снижающее его быстродействие (до 10^3 имп./с)?

Ответы:

1. Из-за того, что для гашения разряда балластное сопротивление, включаемое последовательно с анодом, приходится делать очень высокоомным (до 10^9 ом), в результате чего разряд электрической ёмкости счётчика происходит очень медленно и, соответственно, так же медленно происходит восстановление электрического поля в прианодном пространстве. Если в это время в счётчик попадёт следующая частица, то первичные электроны, появившиеся в результате ионизации газа этой частицей, уже не способны будут инициировать электронные лавины. Импульс от этой частицы получается слабым (с амплитудой в тысячи раз меньшей) и не регистрируется электронной схемой.

2. Из-за того, что положительные ионы, образовавшиеся вдоль всей нити анода при возникновении электронных лавин, ослабляют электрическое поле вблизи анода, что препятствует возникновению новых электронных лавин от вновь попавших в счётчик ионизирующих частиц, а поскольку подвижность ионов в тысячи раз меньше подвижности электронов, то они дрейфуют к катоду достаточно медленно, что и приводит к появлению мёртвого времени (поле восстанавливается лишь когда большая часть положительных ионов достигнет катода и нейтрализуется им).

3. Из-за того, что в счётчиках Гейгера-Мюллера электрическое поле, создаваемое в прианодном пространстве настолько велико, что достигает порога зажигания самостоятельного разряда, который будет поддерживаться до тех пор, пока это условие выполняется.

4. Из-за того, что при использовании в качестве первичных преобразователей счётчиков Гейгера-Мюллера импульсы на его выходе получают настолько мощными, что не требуется дальнейшего их электронного усиления и формирования, а их длительность получается весьма большой из-за большого времени собирания положительных зарядов на катоде.

10. За счёт чего в счётчиках Гейгера-Мюллера с самогашением удаётся повысить быстродействие примерно в 50-100 раз?

Ответы:

1. За счёт того, что в этих счётчиках диаметр анодной нити делают существенно меньшим, что увеличивает градиент электрического поля вблизи анода и область возникновения электронных лавин существенно сокращается, что способствует уменьшению длительности импульсов.

2. За счёт уменьшения величины балластного сопротивления, включаемого, последовательно с анодом, что приводит к ускорению разряда межэлектродной ёмкости и ускорению восстановления поля в прианодном пространстве.

3. За счёт уменьшения величины питающего напряжения, в результате чего счётчик работает в режиме ограниченной пропорциональности, т.е. в режиме, приближенном к режиму работы пропорционального счётчика.

4. За счёт добавления в аргон так называемых «гасящих газов» (метана, паров спирта, галоидных соединений), которые частично поглощают фотоны, образующиеся в области возникновения электронных лавин, что уменьшает электронную эмиссию из катода, а те электроны, которые всё же вылетают из катода за счёт достигших фотонов, поглощаются молекулами этих гасящих газов и не достигают области, где возможно возникновения электронных лавин.

5. За счёт того, что напряжение питания выбирается таким, чтобы электрическое поле вблизи анода оставалось меньшим порога зажигания самостоятельного разряда.

11. Каким образом работают нейтронные газонаполненные детекторы, ведь нейтроны, не обладая электрическим зарядом, не могут ионизировать нейтральные атомы газа?

Ответы:

1. Газонаполненных нейтронных детекторов не существует.

2. В газонаполненные нейтронные детекторы добавляется газообразный шестифтористый уран-235, ядра которого под действием тепловых нейтронов, делятся, испуская при этом альфа-частицы, которые уже вызывают косвенную ионизацию газа.

3. Хотя нейтроны не взаимодействуют с электронными оболочками атомов, они взаимодействуют с ядрами всех элементов, и если энергия нейтронов превышает пороговую энергию бета- или альфа-распада, то такой распад инициирует появление заряженных частиц, которые уже и производят ионизацию газа.

4. Среди всех устойчивых изотопов имеется изотопы, характеризующиеся беспороговой реакцией с нейтронами с вылетом заряженных частиц (протонов или альфа-частиц). К ним относится и изотоп гелий-3, являющийся газом (при поглощении нейтрона его ядро испускает протон и превращается в ядро трития).

12. Какие ещё изотопы кроме гелия-3 используются для создания газонаполненных нейтронных детекторов?

Ответы:

1. Все радиоактивные изотопы подверженные альфа-распаду, которые в виде тонкого слоя наносятся на внутреннюю поверхность баллона газонаполненного детектора с тем, чтобы вылетающие при распаде альфа-частицы ионизировали газ.

2. Устойчивые изотопы тяжёлых элементов, которые под действием нейтронов подвержены альфа-распаду, которые тонким слоем наносятся на внутреннюю поверхность баллона детектора с тем, чтобы вылетающие при распаде альфа-частицы ионизировали газ.

3. Изотопы уран-233, уран-235, плутоний-239 и другие трансурановые трансурановые радиоизотопы с большим периодом полураспада, которые под действием тепловых нейтронов распадаются с выделением протонов или альфа-частиц.

4. Изотопы литий-6 и бор-10, которые также как гелий-3 характеризуются беспороговой реакцией с нейтронами с излучением альфа-частиц.

5. Магнитные, ионизационные, сцинтилляционные и полупроводниковые гамма-спектрометры

13. На каком физическом принципе основано действие сцинтилляционных детекторов ионизирующих излучений?

Ответы:

1. Используется явление свечения газа при его ионизации.

2. На явлении люминесценции возбуждённых атомов.

3. Используется явление перехода любых атомов в возбуждённое состояние при их взаимодействии с ионизирующим излучением. Возврат атомов в исходное состояние сопровождается излучением фотонов, которые и фиксируются детектором. Таким образом, любые вещества могут использоваться как сцинтилляторы в сцинтилляционных детекторах.

4. В качестве сцинтилляторов в сцинтилляционных детекторах могут использоваться лишь те вещества, которые прозрачны для собственного излучения, т.е. излучаемые фотоны могут выйти за пределы сцинтиллятора и зарегистрированы высокочувствительным фотоприёмником.

5. На явлении возбуждения атомов сцинтиллятора ионизирующим излучением и излучении ими избыточной энергии в виде фотонов при возврате в исходное состояние. При этом вещество сцинтиллятора должно быть прозрачным для собственного излучения, а его спектр должен соответствовать спектральной чувствительности фотоприёмника.

14. Каким образом в сцинтилляционных детекторах обеспечивается соответствие спектра собственного излучения со спектральной чувствительностью ФЭУ, которая преимущественно соответствует видимому диапазону?

Ответы:

1. Путём включения в состав детектора светопреобразователей, которые включаются между сцинтилляторами и ФЭУ и преобразуют коротковолновое излучение сцинтиллятора в длинноволновое, лежащее в области спектральной чувствительности ФЭУ.

2. Путём использования полупроводниковых фотоприёмников, спектральная чувствительность которых соответствует спектру собственного излучения сцинтиллятора.

3. Путём введения светопреобразователей (смесителей спектра) в состав самого сцинтиллятора, атомы которых, возбуждаясь высокоэнергичными фотонами, соответствующими ультрафиолетовому диапазону, излучают длинноволновые фотоны видимого света, для которого вещество сцинтиллятора должно быть прозрачно и которые соответствует области спектральной чувствительности ФЭУ.

15. В каком агрегатном состоянии должно находиться вещество сцинтиллятора в сцинтилляционных детекторах?

Ответы:

1. Только в газообразном, чтобы оно было прозрачно для собственного излучения, возникающего под воздействием ионизирующего излучения.

2. В газообразном или жидком, но жидкость должна быть прозрачной для видимого света.

3. В любом агрегатном состоянии, при условии, что оно будет прозрачно для видимого света.

16. Для детектирования каких видов ионизирующих излучений применяются сцинтилляционные детекторы?

Ответы:

1. Для всех видов ионизирующих излучений.
2. Только для корпускулярных излучений в виде потоков заряженных частиц.
3. Для всех видов корпускулярных излучений, включая и нейтронное.
4. Только для гамма-излучения.
5. Только для фотонных излучений в видимом диапазоне.

17. Какие вещества могут использоваться в качестве твердотельных сцинтилляторов?

Ответы:

1. Только стёкла, прозрачные для видимого света, со сцинтиллирующими добавками.

2. Только прозрачные неорганические кристаллы (кварц, поваренная соль, алмаз и другие драгоценные камни и прочие прозрачные для видимого света кристаллы).

3. Только органические кристаллы, поскольку при их выращивании из растворов можно вводить в них сцинтиллирующие добавки.

4. И органические кристаллы и органические прозрачные пластики (полистирол, органическое стекло), поскольку и в последние можно добавлять при изготовлении сцинтиллирующие вещества.

5. И неорганические, и органические кристаллы, и стёкла (представляющие собой аморфные твёрдые растворы сложных веществ), и органические пластики.

18. От чего зависит эффективность твердотельных сцинтилляционных детекторов?

Ответы:

1. От геометрических размеров сцинтиллятора.

2. От качества светосбора в оптическом тракте.

3. От вида ионизирующего излучения и его энергетического спектра.

4. От геометрии измерений.

5. От конструктивных параметров детектора, вида ионизирующего излучения и его энергетического спектра.

19. Что такое разрешение сцинтилляционного детектора и от чего оно зависит?

Ответы:

1. Это способность детектора различать разные длины волн выходящего из сцинтиллятора оптического излучения. Она зависит от полосы оптической прозрачности сцинтиллятора и спектральной чувствительности фотоприёмника (ФЭУ)

2. Это возможность отдельно регистрировать различные виды ионизирующих излучений. Она зависит от соотношения чувствительностей сцинтиллятора к различным видам излучения.

3. Это способность детектора отдельно регистрировать частицы одного и того же вида но разных энергий. Она определяется относительной шириной отклика детектора на моноэнергетическое излучение одного и того же вида и зависит от энергии излучения.

4. Это возможность отдельно регистрировать частицы корпускулярного излучения и фотонов. Она определяется конверсионной способностью детектора к этим видам излучения с тем, чтобы можно было их различать по амплитудам выходных импульсов детектора.

20. От чего зависит длительность и форма выходных импульсов сцинтилляционных детекторов?

Ответы:

1. От вида детектируемых частиц.
2. От энергии детектируемых частиц.
3. От типа сцинтиллятора.
4. От постоянной времени входной цепи электронного усилителя
5. От вида детектируемых частиц, типа сцинтиллятора и постоянной времени входной цепи электронного усилителя.

21. Чем отличаются полупроводниковые детекторы ионизирующих излучений от обычных полупроводниковых диодов?

Ответы:

1. Большими размерами.
2. Наличием широкой области между n и p слоями, обеднённой носителями зарядов.
3. Использованием других полупроводниковых материалов вместо кремния и германия.
4. Использованием специальной технологии при их производстве.
5. Более сложной комбинацией n - p областей.

22. В чём состоит основное преимущество германиевых полупроводниковых детекторов по сравнению со сцинтилляционными?

Ответы:

1. В малых размерах полупроводникового детектора.
2. В более низком напряжении питания полупроводниковых детекторов.
3. В более низкой стоимости полупроводниковых детекторов.
4. В более высокой чувствительности полупроводниковых детекторов.
5. В более высоком энергетическом разрешении полупроводниковых детекторов.

23. За счёт чего обеспечивается высокое энергетическое разрешение спектрометра с германиевым детектором по сравнению со сцинтилляционным?

Ответы:

1. За счёт меньших размеров германиевого детектора.
2. За счёт более низкого (примерно на порядок) напряжения питания германиевого детектора.
3. За счёт большей плотности германия по сравнению с материалами, из которых изготавливают сцинтилляторы.
4. За счёт малой энергии образования пары электрон-дырка в германиевом детекторе и охлаждения его до криогенных температур, благодаря чему снижается уровень собственных шумов.

5. За счёт отсутствия в германиевых детекторах ФЭУ, существенно снижающее разрешение детектора.

24. Какие методы регистрации ионизирующих излучений относятся к визуальным из ниженазванных?

Ответы:

1. Сцинтилляционные.
2. Фотографические
3. Газоразрядные.
4. Полупроводниковые.
5. Люминесцентные.

25. За счёт чего становятся видимыми треки ядерных частиц в камерах Вильсона и диффузионных камерах?

Ответы:

1. За счёт возникновения электронных лавин вдоль трека частицы, который начинает светиться.
2. За счёт создания мелкодисперсной взвеси люминесцирующих веществ, которые начинают светиться при их возбуждении.
3. За счёт конденсации пересыщенного пара вокруг ионов вдоль траектории движения ядерной частицы.

4. За счёт ионизации газа вдоль траектории канала происходит искровой разряд.

26. Чем отличаются камеры Вильсона и диффузионные камеры друг от друга?

Ответы:

1. Различным составом паров.
2. Различной конструкцией (в камере Вильсона есть движущиеся части, в диффузионной камере их нет).
3. Различными способами создания рабочих областей с пересыщенными парами.
4. Различным диапазоном температур и давлений, при которых эти камеры функционируют.

27. Каковы основные преимущества диффузионных камер по сравнению с камерами Вильсона?

Ответы:

1. Диффузионные камеры проще по конструкции (нет движущихся частей).
2. Диффузионные камеры имеют более длительное время чувствительности.
3. Диффузионные камеры при тех же габаритах имеют более тонкий чувствительный слой, в котором пар находится в пересыщенном состоянии.
4. Диффузионные камеры могут работать в более широком диапазоне рабочих температур и давлений газовой среды.

28. В чём состоит принципиальное отличие пузырьковой камеры от камеры Вильсона и диффузионной камеры?

Ответы:

1. В их конструкциях.
2. В разнице рабочих давлений и температур.
3. В пузырьковой камере нет движущихся частей, а в камере Вильсона есть.

4. В одном случае камеры заполнены перегретым паром, а в другом – перегретой жидкостью.

29. Чем отличаются люминесцентные методы регистрации ионизирующих излучений от сцинтилляционных?

Ответы:

1. Тем, что для люминесцентных методов используются вещества с длительным послесвечением после возбуждения, тогда как в сцинтилляторах световые вспышки очень короткие (от единиц наносекунд до единиц микросекунд).

2. Тем, что в люминесцентных детекторах для считывания информации о накопленной дозе используется конструктивно отдельное считывающее устройство.

3. Тем, что люминесцентные методы могут использоваться только в дозиметрах для регистрации дозы излучения накопленной за достаточно длительное время.

4. Тем, что в люминесцентных детекторах в качестве активного вещества используются диэлектрики, в которых образовавшиеся при взаимодействии с ионизирующей частицей (или гамма-квантом) свободные электроны и дырка, находящаяся в запрещённой зоне. При этом свободные электроны могут попадать в ловушки, образованные локальными неоднородностями или примесными атомами, в которых они могут находиться достаточно долго, т.к. для выхода их из ловушки электрон должен получить дополнительную энергию.

30. Чем отличаются термолюминесцентные детекторы от фотолюминесцентных?

Ответы:

1. Составом активного вещества детектора.

2. Количеством (концентрацией) электронных ловушек в активном веществе детектора.

3. Рабочим диапазоном температур.

4. Способами считывания информации о накопленной дозе: в термолюминесцентных детекторах освобождение электронов из ловушек и их рекомбинация с дырками, в результате чего и излучаются фотоны, происходит путём нагрева детекторов, а в фотолюминесцентных – путём облучения его ультрафиолетовым излучением.

31. Какой метод обладает самым высоким энергетическим разрешением при спектрометрии гамма-излучения?

Ответы:

1. Сцинтилляционный метод с использованием детекторов высокого разрешения на основе бромида лантана.

2. Ионизационный метод с использованием газонаполненных детекторов.

3. Ионизационный метод с использованием полупроводниковых детекторов из особо чистого германия.

4. Магнитный метод.

5. Кристалл-дифракционный метод.

32. Что ограничивает энергетический диапазон спектрометров гамма-излучения на основе ионизационных камер и пропорциональных счётчиков?

Ответы:

1. Низкое быстродействие этих детекторов.

2. Неоднозначность зависимости сечения ионизации рабочего газа от энергии гамма-квантов.

3. Низкая плотность газа, из-за чего падает эффективность детектора с ростом энергии гамма-квантов.

4. Необходимость герметичного корпуса детектора, который поглощает низкоэнергичные гамма-кванты.

33. Каким образом производится измерение энергии частиц в магнитных спектрометрах бета-излучения?

Ответы:

1. Путём измерения амплитуды выходных импульсов детектора.

2. Путём последовательного смещения положения детектора в зоне постоянного магнитного поля, перпендикулярного направлению движения бета-частиц.

3. Путём использования нескольких детекторов, каждый из которых чувствителен к бета-частицам определённых энергий.

4. Путём последовательного изменения напряжённости отклоняющего магнитного поля при фиксированном положении детектора.

34. Как работают магнитные гамма-спектрометры, ведь гамма-кванты не отклоняются ни магнитными, ни электрическими полями?

Ответы:

1. Гамма-кванты высоких энергий в поле действия ядерных сил способны превращаться в заряженные частицы, траектории которых, искривляясь в магнитном поле, измеряются для определения энергий этих частиц.

2. По соотношению Эйнштейна любая частица с массой m несёт энергию $E = mc^2$ и наоборот. Это и используется в магнитных гамма-спектрометрах, где гамма-кванты превращаются в электроны, а из энергии определяется магнитным бета-спектрометром.

3. В магнитных гамма-спектрометрах используется фото-эффект, при котором, гамма-кванты, взаимодействуя с атомами, выбивают электроны с их внутренних оболочек, полностью передавая им свою энергию, которая затем измеряется так же, как в магнитном бета-спектрометре.

4. В магнитных гамма-спектрометрах используется комптон-эффект, при котором, гамма-кванты, взаимодействуя с атомами, выбивают электроны с их внешних оболочек. При этом энергия передаваемая электрону зависит от угла столкновения гамма-кванта с этим электроном. При лобовых столкновениях она почти равна начальной энергии гамма-кванта (за вычетом энергии связи этого электрона с атомом). В магнитных гамма-спектрометрах на пути движения гамма-квантов ставится тонкая металлическая пластина- радиатор, в которой и происходит комптон эффект. Из всех выбитых электронов выделяются лишь те, которые соответствуют лобовым столкновениям. Далее они попадают в поперечное магнитное поле, и производится измерение их энергии как в магнитных бета-спектрометрах.

35. Чем отличаются измеренные с помощью спектрометров аппаратурные спектры гамма-излучения радиоактивных нуклидов от их спектров излучения?

Ответы:

1. Спектры гамма-излучения всех радиоактивных нуклидов являются дискретными, а их измеренные аппаратурные спектры – непрерывными.

2. В аппаратурных спектрах происходит искажения спектров гамма-излучения радиоактивных нуклидов за счёт неточности преобразования энергии гамма-квантов в амплитуду выходных импульсов детектора.

3. В аппаратурных спектрах из-за стохастических процессов в детекторе вместо соответствующих гамма-линий дискретных спектров излучения образуются размытые пики.

4. Аппаратурные спектры гамма-излучения радиоактивных нуклидов образуются за счёт разных типов взаимодействий гамма-квантов с активным веществом детектора (за счёт фотоэффекта, комптон-эффекта и других), поэтому аппаратурный спектр получается весьма сложным.

36. По каким характеристикам аппаратурных гамма-спектров определяют энергии соответствующих гамма-линий спектров излучения радиоактивных нуклидов?

Ответы:

1. По положению парного пика на аппаратурной спектрограмме.

2. По положению пика обратного рассеяния на непрерывном участке аппаратурного спектра.

3. По положению краевого пика комптоновского распределения на непрерывном участке аппаратурного спектра.

4. По центральной энергии фотопика на аппаратурной спектрограмме.

5. По измеренной интегральной скорости счёта при наборе спектра.

37. Каким образом проводится калибровка энергетической шкалы ионизационных и сцинтилляционных гамма-спектрометров?

Ответы:

1. Расчётным путём.

2. Экспериментально, измеряя спектры определённых нуклидов.

3. Экспериментально, измеряя спектры образцовых радиоизотопных источников гамма-излучения и сопоставляя номера каналов амплитудного анализатора, соответствующие центральным энергиям фотопиков с энергиями соответствующих гамма-линий спектров излучения используемых образцовых источников.

4. Путём графического построения калибровочной характеристики, представляющей собой зависимость номеров каналов, соответствующих определённым гамма-линиям образцовых источников, от энергий этих гамма-линий.

38. Как определяется разрешение ионизационных и сцинтилляционных гамма-спектрометров?

Ответы:

1. Расчётным путём с анализом всех процессов, происходящих в детекторе.

2. Экспериментально, путём анализа формы измеренного гамма-спектра определённого радионуклида.

3. Экспериментально, путём измерения скорости счёта детектора от образцового радиоизотопного источника известной активности.

4. Экспериментально по измеренному спектру источника моноэнергетических гамма-квантов, определяя (в процентах) отношение полной ширины фотопика на половине его высоты к центральной энергии этого фотопика.

5. Экспериментально, по отклику детектора при измерении спектра источника моноэнергетического излучения (например, цезия-137 или марганца-55) по отношению (в процентах) количества импульсов в фотопике к общему количеству импульсов в полученном аппаратурном спектре.

39. Каковы основные недостатки полупроводниковых гамма-спектрометров с германиевым детектором?

Ответы:

1. Невысокая эффективность детектора из-за ограниченного объёма активной зоны детектора обеднённой носителями зарядов.

2. Низкая энергия образования пары электрон-дырка, из-за чего импульсы получаются очень слабыми и сравнимы с собственными шумами детектора.

3. Высокая цена детекторов, поскольку технология получения особо чистого германия очень сложна и необходимость охлаждения детектора до криогенных температур (температуры жидкого азота) для устранения влияния собственных тепловых шумов детектора.

4. Сложность расшифровки измеренных им гамма-спектров.

6. Спектрометрические методы измерения ионизирующих излучений.

1. Какой метод используется для спектрометрии потоков заряженных частиц (альфа-, бета- и протонного излучений)?

Ответы:

1. Ионизационный метод с использованием газонаполненных детекторов.

2. Сцинтилляционный метод с использованием газообразных, жидких и твердотельных сцинтилляторов.

3. Метод измерения искривления движения заряженных частиц в приложенном электрическом или магнитном поле.

4. Ионизационный метод с использованием твердотельных полупроводниковых детекторов.

5. Метод, основанный на амплитудном анализе выходных импульсов с использованием газонаполненных, полупроводниковых или сцинтилляционных детекторов.

2. Почему нельзя использовать метод амплитудного анализа выходных импульсов детектора, успешно используемый в спектрометрах всех других видов излучения, для построения спектрометра нейтронного излучения?

Ответы:

1. Потому что нейтроны в силу своей электрической нейтральности не ионизируют и не возбуждают атомы активного вещества детектора.

2. Потому что нейтроны, сталкиваясь с ядрами атомов активного вещества детектора, инициируют ядерные реакции, в результате которых происходит превращения этих ядер в другие, а по энергиям продуктов реакции не удаётся однозначно определять энергию вызвавшего её нейтрона.

3. Хотя существует много типов нейтронных детекторов, в которых используется косвенная ионизация атомов активного вещества детектора, и построенных на их основе нейтронных радиометров, но использовать те же детекторы для построения спектрометров не удаётся, т.к. амплитуды выходных импульсов в них не связаны с энергиями породивших их нейтронов.

4. Потому что нейтроны непосредственно не ионизируют атомы, а при столкновении их с ядрами атомов могут происходить с различной вероятностью самые разнообразные процессы, по-разному влияющие на амплитуду импульсов детектора.

3. В чём заключается основная проблема времяпролётного метода спектрометрии нейтронов?

Ответы:

1. В сложности установок для измерения скорости нейтронов.

2. В длительности и сложности процедур измерений скорости нейтронов на времяпролётных установках.

3. В необходимости вакууммирования выводных каналов нейтронных потоков длиной от 10 до 100 метров.

4. В необходимости использования мощных источников нейтронов (ядерных реакторов или ускорителей заряженных частиц).

5. Для измерения скорости отдельного нейтрона (которая определяет его кинетическую энергию по соотношению $E = mv^2/2$) необходимо знать момент его старта и момент его финиша в конце известной пролётной базы. Момент финиша легко определить по моменту его регистрации детектором. А определение момента старта представляет основную проблему данного метода.

4. Почему при использовании активационного метода нейтронной спектрометрии приходится использовать наборы активационных индикаторов на основе целого ряда особо чистых изотопов?

Ответы:

1. Активационный метод основан на превращении устойчивых изотопов при бомбардировке их нейтронами в радиоактивные изотопы с последующим измерением активности образцов, помещаемых на определённое время в измеряемый нейтронный поток. Индикаторы должны изготавливаться из особо чистых веществ, содержащих единственный изотоп, чтобы по продуктам реакции с нейтронами можно было бы определить энергию нейтронов.

2. Наборы из нескольких индикаторов нужны для того, чтобы можно было получать усреднённые результаты для лучшей статистической достоверности.

3. Каждый из индикаторов в наборе должен быть наиболее чувствителен к нейтронам определённых энергий, а подбираться они должны таким образом, чтобы их области максимальной чувствительности совместно перекрывали бы весь возможный энергетический диапазон измеряемых нейтронных потоков. Только в этом случае, по измеренным наведённым активностям индикаторов можно вычислительным путём восстановить энергетический спектр исследуемого нейтронного потока.

4. Каждый из индикаторов в наборе должен характеризоваться специфической реакцией с нейтронами с получением определённых радиоактивных продуктов реакции. Далее с помощью гамма-спектрометров определяют удельную концентрацию

каждого продукта реакции и по этим результатам вычислительным путём определяют спектр исследуемого нейтронного потока.

5. В чём состоят основные недостатки времяпролётного и активационного методов нейтронной спектрометрии?

Ответы:

1. В высокой сложности и дороговизне их использования.

2. В необходимости высокой квалификации исполнителей.

3. Времяпролётные установки чрезвычайно сложны и дороги, а технология изготовления активационных индикаторов тоже сложна и они пригодны лишь для одноразового использования.

4. Времяпролётный метод не пригоден для анализа спектрального состава произвольных нейтронных потоков, т.к. в качестве источников нейтронов используется либо ядерный реактор, либо ускоритель заряженных частиц с мишенью, являющейся непосредственным источником нейтронов, при её бомбардировке заряженными частицами высоких энергий. Кроме того, и времяпролётный и активационный методы непригодны для измерений спектров нейтронных потоков в реальном времени.

5. Оба эти метода характеризуются большими погрешностями измерений. В первом случае они связаны с погрешностями измерений весьма высоких скоростей нейтронов на ограниченной пролётной базе, а во втором случае с неопределённостью результатов вычислительного восстановления спектра по измеренным активационным интегралам индикаторов.

6. Какие нейтронные детекторы используются в многошаровом методе нейтронной спектрометрии Боннера?

Ответы:

1. Только газонаполненные детекторы на основе гелия-3 или трёхфтористого бора-10, т.к. они чувствительны преимущественно к нейтронам тепловых энергий.

2. Только сцинтилляционные детекторы на основе упругого рассеяния нейтронов в водородсодержащей среде, т.к. сечение взаимодействия упругого рассеяния с ядрами атомов водорода стабильно в широком интервале энергий нейтронов.

3. Только пороговые детекторы с различными значениями энергетических порогов.

4. Любые нейтронные детекторы.

7. Сколько необходимо иметь шаров-замедлителей нейтронов разных диаметров для достоверного определения спектра исследуемого нейтронного потока?

Ответы:

1. Минимум 4.

2. Восемь, девятое измерение производится с голым детектором, что соответствует девяти десятичным интервалам энергии нейтронных потоков, имеющих место в ядерной энергетике.

3. Двенадцать – именно столько было в оригинальном многошаровом спектрометре Боннера.

4. Чем больше, тем лучше, т.к. чем больше шаров-замедлителей тем детальнее и точнее можно восстановить спектр исследуемого нейтронного потока.

5. Максимальное число шаров –замедлителей нейтронов в данном методе ограничивается необходимостью получения с каждым из них существенной деформации исследуемого спектра.

8. Что препятствует построению промышленных нейтронных спектрометров реального времени на основе однокристалльных органических детекторов?

Ответы:

1. В этих детекторах используется реакция упругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов водорода в кристалле стибьена. Поскольку энергия выбиваемых нейтронами протонов зависит от угла столкновения нейтрона с ядром атома водорода, а все углы равновероятны, то от моноэнергетических нейтронов должно получаться равномерное распределение от нуля до полной энергии нейтрона (сто соответствует лобовому столкновению). Однако реально такая зависимость существенно искажается в силу многих причин, учесть которые весьма сложно. Это приводит к низкой достоверности восстанавливаемого спектра.

2. Реакция упругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов водорода имеет постоянное сечение лишь до энергий в 100 кэВ. При больших энергиях нейтронов сечение этой реакции монотонно падает. Это не позволяет восстановить спектр с высокой достоверностью.

3. Из-за ограниченных размеров сцинтиллятора и высокой проникающей способности нейтронов высоких энергий изменяется эффективность детектора, что ограничивает энергетический диапазон таких спектрометров.

4. Трудно вырастить однородные кристаллы стибьена необходимых размеров и, кроме того, их трудно обрабатывать. Поэтому для промышленного применения они малопригодны.

9. В чём состоит суть калориметрического метода измерения энергии ионизирующих излучений?

Ответы:

1. Метод состоит в измерении изменений окраски активного вещества детектора под действием ионизирующих излучений.

2. Метод состоит в измерении изменений оптической прозрачности некоторых жидкостей под действием ионизирующих излучений.

3. Метод состоит в измерении количества тепла, выделившегося в активном веществе детектора под воздействием ионизирующих излучений с помощью двух калориметрических камер, помещённых в общий термостат, одна из которых является градуировочной, а другая – измерительной.

4. Метод состоит в измерении потока инфракрасного (теплого) излучения от активного вещества детектора под воздействием ионизирующих излучений.

10. В каких случаях используется калориметрический метод измерений ионизирующих излучений?

Ответы:

1. Калориметрический метод используется в переносных дозиметрах для измерения мощности суммарной дозы всех видов ионизирующих излучений.

2. Калориметрический метод используется для измерения суммарной энергии потоков заряженных частиц.

3. Калориметрический метод используется для измерения средней энергии различных видов ионизирующих излучений.

4. Калориметрический метод используется для измерения активности альфа-излучающих источников. При этом сам источник помещается в заполненную жидкостью измерительную калориметрическую камеру. В этом случае вся энергия альфа-частиц, благодаря их малому пробегу в плотных веществах в конечном итоге превращается в тепло, нагревая жидкость в этой камере.

5. Калориметрический метод может использоваться для измерения суммарной активности препаратов с любыми типами распада, если он помещается в измерительной камере, поскольку поправки на энергию, уносимую из измерительной камеры сильно проникающими нейтронным и гамма-излучением можно вычислить по схемам распада и поглощающей способности рабочей жидкости.

Шкала оценивания: 100 балльная.

Критерии оценивания:

Каждый вопрос (задание) в тестовой форме оценивается по дихотомической шкале:

выполнено – 1 балл, не выполнено – 0 баллов.

Применяется следующая шкала перевода баллов в оценку по 5-балльной шкале:

– **100-85 баллов** соответствуют оценке «отлично»;

– **84-72 балла** – оценке «хорошо»;

– **71-51 баллов** – оценке «удовлетворительно»;

– **50 баллов и менее** – оценке «неудовлетворительно»

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

2.2 БАНК ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

1 Вопросы в закрытой форме.

1.1 От чего зависит количество электронных оболочек у атома?

Ответы:

1. От заряда ядра и максимально возможного количества электронов в каждой оболочке.

2. От атомного веса атома.

3. От количества нейтронов в ядре атома.

4. От суммарного количества нейтронов и протонов в ядре атома.

1.2 В каких случаях атом превращается в ион?

Ответы:

1. Когда число нейтронов в ядре не равно числу протонов.
2. Когда общее число нуклонов в ядре не равно числу электронов в атоме.
3. Когда атом под действием внешних сил переходит в одно из возбуждённых состояний.
4. Когда суммарное число электронов в электронных оболочках атома не равно числу протонов в ядре.
5. Когда во внешней электронной оболочке число электронов не равно $2n^2$ (где n – номер этой оболочки).

1.3 Какое максимальное количество электронов может находиться в K-й оболочке атомов?

Ответы:

1. Один.
2. Два.
3. Четыре.
4. Восемь.
5. Двенадцать.

1.4 Какое максимальное количество электронов может находиться в L-й оболочке атомов?

Ответы:

1. Два.
2. Четыре.
3. Восемь.
4. Двенадцать.
5. Восемнадцать.

1.5 Сколько электронов содержит атом изотопа Mn-55? (порядковый номер марганца в таблице Менделеева 25)

Ответы:

1. 55.
2. 36.
3. 30.
4. 25.
5. 20.

1.6 Сколько электронов содержит атом изотопа Pb-206? (порядковый номер свинца в таблице Менделеева 82)

Ответы:

1. 206.
2. 200.
3. 150.
4. 120.
5. 82.

1.7 На какой из электронных оболочек атома K, L, M, N расположенные на ней электроны имеют наибольшую энергию связи с ядром атома?

Ответы:

1. На К-й оболочке.
2. На L-й оболочке.
3. На M-й оболочке.
4. На N-й оболочке.

1.8 Сколько у атома может быть возбуждённых состояний?

Ответы:

1. Два.
2. Четыре.
3. Десять.
4. Шестнадцать.
5. Бесконечное количество.

1.9 Какие частицы испускаются атомами и молекулами при возвращении из возбуждённого состояния в устойчивое?

Ответы:

1. Электроны.
2. Протоны.
3. Нейтроны.
4. Гамма-кванты.
5. Фотоны характеристического излучения.

1.10 Из-за чего атомные веса некоторых элементов в таблице Менделеева являются дробными?

Ответы:

1. Из-за неравенства количества протонов и нейтронов в ядре.
2. Когда тяжёлые элементы содержат много электронов в оболочках суммарная масса покоя электронов добавляется к массе ядра и атомный вес становится дробным.
3. За счёт действия ядерных сил, связывающих протоны и нейтроны в ядре, часть их массы покоя переходит в энергию связи и суммарная масса нейтронов и протонов становится дробной.
4. За счёт того, что некоторые элементы имеют несколько устойчивых изотопов, удельные концентрации которых в природном веществе различны.

1.11 Что может приводить ядра атомов в возбуждённые состояния?

Ответы:

1. Нагрев вещества до красного свечения.
2. Облучение лазером видимого света.
3. Облучение ультракороткими радиоволнами большой мощности.
4. Бомбардировка ядер высокоэнергичными заряженными частицами, нейтронами или гамма-квантами.

1.12 В чём состоит отличие устойчивых и неустойчивых изотопов одного и того же элемента?

Ответы:

1. Ядра устойчивых изотопов не распадаются, а неустойчивые ядра подвержены самопроизвольному альфа- или бета-распаду или самопроизвольному делению с излучением различных ядерных частиц и гамма-квантов.

2. Ядра устойчивых изотопов под действием ядерных частиц не распадаются, а неустойчивых распадаются.

3. Устойчивые изотопы имеют большие периоды полураспада (в тысячи и миллионы лет), а неустойчивые – малые (дни, часы, минуты секунды или доли секунды).

4. Устойчивые изотопы могут излучать только гамма-кванты, а неустойчивые – любые ядерные частицы

1.13 Какие изотопы являются неустойчивыми (радиоактивными)?

Ответы:

1. Ядра которых состоят только из протонов.

2. У ядер которых число протонов не равно числу нейтронов.

3. Изотопы, у которых число протонов в ядре не равно числу электронов в электронных оболочках атомов.

4. Изотопы, ядра которых содержат избыток протонов или нейтронов.

5. Изотопы, у которых ядро находится в возбуждённом состоянии.

1.14 Что происходит при бета-распаде?

Ответы:

1. Один из электронов атома покидает атом.

2. Один из протонов покидает атом.

3. Один из нейтронов покидает атом.

4. Один из протонов ядра излучает β^+ -частицу (позитрон) и нейтрино и превращается в нейтрон или один из нейтронов ядра излучает β^- -частицу (электрон) и антинейтрино и превращается в протон.

5. Из ядра атома излучается гамма-квант.

1.15 Как изменяется порядковый номер элемента в таблице Менделеева при β -распаде.

Ответы:

1. Не изменяется.

2. Изменяется на одну единицу.

3. Изменяется на две единицы.

4. Изменяется на 4 единицы.

1.16 Как изменяется массовое число элемента при бета-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.

2. Изменяется на одну единицу.

3. Изменяется на две единицы.

4. Изменяется на 4 единицы.

1.17 Что представляют собой бета-частицы?

Ответы:

1. Электрон.

2. Позитрон.

3. Может быть и электроном, и позитроном.

4. Представляет собой самостоятельную ядерную частицу, имеющую массу покоя.

5. Представляет собой самостоятельную ядерную частицу, не имеющую массы покоя.

1.18 Что происходит с бета-частицами при прохождении их через вещество, когда она полностью потеряют свою кинетическую энергию?

Ответы:

1. Поглощаются ядром ближайшего атома.
2. Присоединяются к внешней электронной оболочке ближайшего атома, образуя отрицательный ион.
3. Исчезают, поглощаясь ближайшим атомом.
4. Если это электрон, то он присоединится к ближайшему атому, превращая его в отрицательный ион, если это позитрон, то он аннигилирует с ближайшим электроном, в результате чего излучаются два гамма-кванта с энергией, соответствующей массам покоя электрона и позитрона.

1.19 Что происходит с радиоактивным изотопом при альфа-распаде?

Ответы:

1. Из ядра вылетает нейтрон.
2. Из ядра вылетает протон.
3. Из ядра вылетает один нейтрон и один протон.
4. Из ядра вылетает альфа-частица, состоящая из двух протонов и двух нейтронов.
5. Из ядра вылетает гамма-квант.

1.20 Как изменяется порядковый номер элемента в таблице Менделеева при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Изменяется на одну единицу.
3. Изменяется на две единицы.
4. Уменьшается на две единицы.
5. Увеличивается на две единицы.

1.21 Как изменяется массовое число элемента при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Уменьшается на две единицы.
3. Увеличивается на две единицы.
4. Уменьшается на 4 единицы.
5. Увеличивается на 4 единицы.

1.22 Что характеризует величина активности радиоактивного источника?

Ответы:

1. Плотность потока ионизирующего излучения на расстоянии в 1 м от источника.
2. Мощность поглощённой дозы ионизирующего излучения на расстоянии 1 м от источника.
3. Мощность эквивалентной дозы ионизирующего излучения на расстоянии 1 м от источника.

4. Величину флюенса ионизирующего излучения от этого источника.

5. Количество распадов радиоактивных ядер в этом источнике за 1 с.

1.23 В каких единицах измеряется активность источника ионизирующих излучений?

Ответы:

1. В рентгенах.

2. В греях.

3. В зивертах.

4. В радах.

5. В беккерелях.

1.24 Единицами какой физической величины являются беккерель и кюри?

Ответы:

1. Флюенса ионизирующего излучения.

2. Потока ионизирующего излучения.

3. Плотности потока ионизирующего излучения.

4. Активности источника ионизирующего излучения.

5. Поглощённой дозы ионизирующего излучения.

1.25 Единицами какой физической величины являются грей и рад?

Ответы:

1. Флюенса ионизирующего излучения.

2. Потока ионизирующего излучения.

3. Плотности потока ионизирующего излучения.

4. Активности источника ионизирующего излучения.

5. Поглощённой дозы ионизирующего излучения.

1.26 Единицами какой физической величины являются зиверт и бэр?

Ответы:

1. Флюенса ионизирующего излучения.

2. Плотности потока ионизирующего излучения.

3. Мощности поглощённой дозы ионизирующего излучения.

4. Эквивалентной дозы ионизирующего излучения.

5. Плотности тока ионизирующего излучения.

1.27 Какие виды и источники ионизирующих излучений характеризуются дискретным энергетическим спектром?

Ответы:

1. Гамма-излучение и альфа-излучение радиоизотопных источников радиоизотопных источников.

2. Рентгеновское тормозное излучение.

3. Бета-излучение радиоизотопных источников.

4. Нейтронное излучение, возникающее при реакциях самопроизвольного деления.

5. Гамма-излучение ядерных реакторов.

1.28 Какие виды и источники ионизирующих излучений характеризуются непрерывным энергетическим спектром?

Ответы:

1. Гамма-излучение радиоизотопных источников.
 2. Бета-излучение и нейтронное излучение радиоизотопных источников и рентгеновское тормозное излучение, возникающее при торможении заряженных частиц в веществе.

3. Альфа-излучение радиоизотопных источников.

4. Характеристическое рентгеновское излучение.

1.29 Какие виды ионизирующего излучения характеризуются высокой проникающей способностью?

Ответы:

1. Рентгеновское, гамма- и нейтронное излучение.

2. Альфа-излучение.

3. Бета-излучение.

4. Потoki высокоэнергичных заряженных частиц.

5. Протонное излучение.

1.30 Для каких видов излучения их энергия зависит от скорости движения частиц?

Ответы:

1. Рентгеновское излучение.

2. Все виды корпускулярных излучений.

3. Гамма-излучение.

4. Характеристическое излучение.

1.31 Какие радиоизотопы используются в качестве образцовых источников?

Ответы:

1. Радиоактивные изотопы лёгких элементов (с малым атомным весом).

2. Радиоактивные изотопы тяжёлых элементов (с большим атомным весом).

3. Радиоактивные изотопы с большим периодом полураспада.

4. Радиоактивные изотопы с малым периодом полураспада.

5. Радиоактивные изотопы, подверженные самопроизвольному делению.

1.32 Какие ядерные реакции используются в радиоизотопных источниках нейтронного излучения?

Ответы:

1. Бета-распада.

2. Альфа-распада.

3. Реакции самопроизвольного деления, (α, n) и (γ, n) – реакции.

4. Реакции резонансного захвата.

5. Реакции неупругого взаимодействия.

1.33 В результате каких ядерных реакций образуются радиоактивные изотопы в активной зоне ядерных реакторов?

Ответы:

1. В результате реакции упругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов.

2. В результате реакции неупругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов.

3. В результате реакций резонансного поглощения нейтронов ядрами атомов.

4. В результате реакций поглощения ядрами атомов нейтронов или высокоэнергичных гамма-квантов с последующим распадом.

1.34 Какие виды ионизирующих излучений проникают за пределы биологической защиты ядерных реакторов?

Ответы:

1. Альфа-излучение.
2. Протонное излучение.
3. Бета-излучение.
4. Гамма-излучение и нейтронное излучение

1.35 За счёт чего возникает активность в первом контуре теплоносителя ядерного реактора?

Ответы:

1. За счёт реакции самопроизвольного деления теплоносителя.
2. За счёт активации ядер атомов водорода и кислорода (воды) интенсивным гамма-излучением в активной зоне реактора.
3. За счёт активации водорода нейтронами в активной зоне реактора.
4. За счёт активации нейтронами растворённых в воде веществ и взвесей, образующихся за счёт коррозии конструктивных элементов первого контура.

1.36 Что происходит с радиоактивным изотопом при альфа-распаде?

Ответы:

1. Из ядра вылетает нейтрон.
2. Из ядра вылетает протон.
3. Из ядра вылетает один нейтрон и один протон.
4. Из ядра вылетает альфа-частица, состоящая из двух протонов и двух нейтронов.

1.37 Из ядра вылетает гамма-квант.

Вопрос 3. Как изменяется порядковый номер элемента в таблице Менделеева при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Изменяется на одну единицу.
3. Изменяется на две единицы.
4. Уменьшается на две единицы.
5. Увеличивается на две единицы.

1.38 Как изменяется массовое число элемента при альфа-распаде?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Уменьшается на две единицы.
3. Увеличивается на две единицы.
4. Уменьшается на 4 единицы.
5. Увеличивается на 4 единицы.

1.39 На схеме распада вертикальными стрелками обозначают

Ответы:

1. β -распад, при котором заряд ядра увеличивается.
2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

1.40 На схеме распада стрелками, направленными вниз справа налево обозначают

Ответы:

1. β^- -распад, при котором заряд ядра увеличивается.

2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

1.41 На схеме распада стрелками, направленными вниз слева направо обозначают

Ответы:

1. β^- -распад, при котором заряд ядра увеличивается.

2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

1.42 На схеме распада вертикальной двунаправленной стрелкой обозначают

Ответы:

1. β^- -распад, при котором заряд ядра увеличивается.

2. Гамма-переходы, при которых изменяется только энергетическое состояние ядра.

3. Радиоактивные превращения, в которых заряд ядра уменьшается.

4. Процесс K -захвата орбитальных электронов.

1.43 При каком типе взаимодействия бомбардирующей частицы с ядром состав и энергетическое состояние ядра-мишени не изменяется, а происходит лишь передача ядру некоторой части кинетической энергии от частицы к ядру.

1. При упругом рассеянии.

2. При неупругом рассеянии.

3. При поглощении ядром налетающей частицы.

1.44 При каком типе взаимодействия бомбардирующей частицы с ядром ядро-мишень не изменяет своего состава, но переходит на один из возбуждённых уровней.

1. При упругом рассеянии.

2. При неупругом рассеянии.

3. При поглощении ядром налетающей частицы.

1.45 Что происходит с гамма-квантами при фотоэффекте?

Ответы:

1. Гамма-кванты рассеиваются орбитальными электронами атомов, передавая часть своей энергии одному из электронов, который, приобретя кинетическую энергию, отрывается от атома и становится свободным.

2. Гамма-кванты рассеиваются ядрами атомов, переводя их в возбуждённое состояние и теряя при этом часть своей энергии.

3. Гамма-квант поглощается ядром, переводя их в возбуждённое состояние, возвращаясь из которого ядро испускает электрон с кинетической энергией, равной начальной энергии гамма-кванта.

4. Гамма-квант поглощается одним из электронов внутренней электронной оболочки атома, передавая ему всю свою энергию и вырывая его из атома, а сам гамма-квант перестаёт существовать.

5. Гамма-квант, сталкиваясь с ядром атома порождает пару электрон-позитрон, а сам перестаёт существовать.

1.46 Что происходит с гамма-квантами при комптон-эффекте?

Ответы:

1. Гамма-кванты рассеиваются орбитальными электронами атомов, передавая часть своей энергии одному из электронов, который, приобретя кинетическую энергию, отрывается от атома и становится свободным.

2. Гамма-кванты рассеиваются ядрами атомов, переводя их в возбуждённое состояние и теряя при этом часть своей энергии.

3. Гамма-квант поглощается ядром, переводя их в возбуждённое состояние, возвращаясь из которого ядро испускает электрон с кинетической энергией, равной начальной энергии гамма-кванта.

4. Гамма-квант поглощается одним из электронов внутренней электронной оболочки атома, передавая ему всю свою энергию и, таким образом, перестаёт существовать.

5. Гамма-квант, сталкиваясь с ядром атома порождает пару электрон-позитрон, а сам перестаёт существовать.

1.47 Какой энергией должен обладать гамма-квант, чтобы стал возможен эффект рождения пары электрон-позитрон?

Ответы:

1. Энергия гамма-кванта должна быть больше энергии покоя электрона.

2. Энергия гамма-кванта должна быть больше суммарной энергии покоя электрона и позитрона.

3. Энергия гамма-кванта должна точно равняться суммарной энергии покоя электрона и позитрона.

4. Для рождения пары электрон-позитрон энергия гамма-кванта не имеет значения, важно, чтобы гамма-квант попал в зону действия ядерных сил, т.е. практически столкнулся с ядром атома.

1.48 Какие эффекты взаимодействия гамма-квантов с веществом могут иметь место при энергии гамма-квантов менее 1 МэВ?

Ответы:

1. Все возможные эффекты.

2. Только фотоэффект.

3. Фотоэффект и эффект Комптона.

4. Только эффект рождения пары электрон-позитрон.

5. Эффект захвата гамма-кванта ядром с испусканием из него альфа- или бета-частиц, или протонов и нейтронов.

1.49 От чего зависит ослабление гамма-излучения при прохождении через вещество?

Ответы:

1. Только от толщины поглотителя.
2. От толщины и плотности поглотителя.
3. Только от энергии гамма-квантов.
4. От толщины и плотности поглотителя и энергии гамма-квантов.
5. От агрегатного состояния поглотителя.

1.50 Что происходит при упругих взаимодействиях бета-частиц с атомами и молекулами вещества?

Ответы:

1. Происходит бета-распад ядер атомов.
2. Происходит возбуждение атомов, от которого они освобождаются путём излучения фотонов характеристического излучения.
3. Иницируются различные фотоядерные реакции.
4. Происходит передача части кинетической энергии бета-частицы (электрона) атому без его ионизации и возбуждения.
5. Происходит поглощение бета-частицы атомом.

1.51 При каких энергиях бета-частиц (электронов) возможны только упругие столкновения с атомами и молекулами вещества?

Ответы:

1. При малых энергиях бета-частиц (электронов).
2. При энергиях бета-частиц ниже энергии ионизации атомов.
3. При энергиях бета-частиц ниже потенциала ионизации атомов.
4. При энергиях бета-частиц выше потенциала ионизациях атомов.
5. При любых энергиях бета-частиц, только с различной вероятностью.

1.52 При каких условиях в газоразрядных приборах происходит возникновение электронных лавин?

Ответы:

1. Когда энергия первичных электронов превышает энергию ионизации атомов газа.
2. Когда газ находится при пониженном давлении, а энергия первичных электронов превышает энергию ионизации атомов газа.
3. Когда газ содержит изотопы, подверженные бета-распаду.
4. Когда энергия первичных электронов превышает энергию ионизации атомов газа, а приложенное электрическое поле достаточно для разгона вторичных электронов до энергий, превышающих энергию ионизации атомов, на пути, соответствующему длине свободного пробега электронов в газе при данном давлении газа.

1.53 Почему спектр бета-излучения непрерывен?

Ответы:

1. Потому что энергия распада нейтрона или протона с излучением электрона или позитрона может изменяться плавно.

2. Потому что одновременно с вылетом бета-частицы из ядра излучается гамма-квант и энергия распада распределяется случайным образом между бета-частицей и гамма-квантом.

3. Потому что одновременно с вылетом бета-частицы из ядра излучается нейтрино или антинейтрино и энергия распада распределяется случайным образом между бета-частицей и нейтрино или антинейтрино.

4. Потому что при бета-распаде одновременно излучаются и электрон, и позитрон и энергия распада распределяется между ними случайным образом.

1.54 Когда возможны неупругие взаимодействия между бета-частицами и атомами, и какие возможны последствия такого взаимодействия?

Ответы:

1. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны при любых энергиях бета-частиц, только с различной вероятностью. При этом электрон теряет часть своей кинетической энергии, а атом переходит в возбуждённое состояние.

2. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны, когда энергия бета-частицы превышает 10 эВ. При этом электрон теряет часть своей кинетической энергии, а атом переходит в возбуждённое состояние.

3. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны, когда энергия бета-частицы превышает энергию ионизации атома, т.е. достаточна для отрыва электрона от атома. В результате взаимодействия атом ионизируется и появляется дополнительный свободный электрон.

4. Неупругие взаимодействия бета-частиц с атомами возможны, когда энергия бета-частицы превышает энергетический уровень первого возбуждённого состояния атома. В результате взаимодействия атом возбуждается и, освобождаясь от избыточной энергии, излучает фотон характеристического излучения, а электрон теряет соответствующую часть своей кинетической энергии.

1.55 В каких случаях альфа-частицы, образующиеся при распаде альфа-активных изотопов, могут вызывать ядерные реакции с вылетом нейтронов?

Ответы:

1. Альфа-частицы, образующиеся при распаде альфа-активных изотопов, имеют значительную энергию (до 6 МэВ), которой достаточно для инициации любых ядерных реакций, в том числе и с вылетом нейтронов или протонов.

2. Альфа-частицы, образующиеся при распаде альфа-активных изотопов, имеют ограниченную энергию, которой недостаточно для инициации ядерных реакций с вылетом нейтронов.

3. Чтобы инициировать ядерную реакцию с вылетом нейтрона, энергия бомбардирующей частицы должна быть больше энергии связи нейтрона с ядром. Самую низкую энергию связи нейтрона с ядром имеют лёгкие элементы: бериллий, дейтерий и тритий, и только при взаимодействии с ними возможны такие реакции, т.к. энергии альфа-частиц, образующихся при распаде альфа-активных изотопов, не превышают 6 МэВ.

1.56 Какой механизм взаимодействия альфа-частиц с веществом приводит к наиболее быстрому торможению альфа-частиц?

Ответы:

1. Механизм упругого взаимодействия с атомами.
2. Механизм неупругого взаимодействия с атомами.
3. Механизм ионизации атомов.
4. Механизм ядерных реакций.
5. Механизм перезарядки альфа-частицы.

1.57 Что представляет собой кривая Брэгга?

Ответы:

1. Кривая Брэгга представляет собой зависимость расстояния пройденного альфа-частицей от её начальной энергии.
2. Кривая Брэгга представляет собой зависимость удельной ионизации молекул воздуха при торможении в нём альфа-частицы от давления воздуха.
3. Кривая Брэгга представляет собой зависимость удельной ионизации молекул воздуха при торможении в нём альфа-частицы от пути, пройденного ей.
4. Кривая Брэгга представляет собой зависимость ослабления потока альфа-частиц от пройденного ими пути при их торможении в воздухе.
5. Кривая Брэгга представляет собой зависимость энергии альфа-частицы от пройденного ей пути в воздухе при нормальном давлении и температуре 20⁰С.

1.58 Что будет происходить с нейтронами вне ядер атомов в условиях вакуума?

Ответы:

1. Нейтроны не могут находиться в свободном состоянии. Они существуют только в составе ядер атомов.
2. Они будут существовать вечно.
3. Они будут двигаться прямолинейно со скоростью соответствующей их кинетической энергии, пока не столкнутся с ядром какого-либо атома.
4. Нейтроны в свободном состоянии неустойчивы и распадаются, превращаясь в протон и излучая при этом электрон и антинейтрино, но период полураспада у них довольно большой (более 10 минут).

1.59 Взаимодействуют ли нейтроны с атомами, ионизируя их?

Ответы:

1. Да, они взаимодействуют с атомами как протоны, ионизируя их, поскольку массы покоя нейтронов и протонов близки.
2. Нейтроны могут ионизировать атомы при условии, что их кинетическая энергия больше энергии ионизации соответствующих атомов.
3. Нет, они не ионизируют атомы, поскольку они электрически нейтральны.
4. Они взаимодействуют только с ядрами атомов в виде упругих и неупругих взаимодействий, но ионизации атомов при этом не происходит.
5. Взаимодействуя с ядрами атомов, нейтроны могут инициировать ядерные реакции, сопровождающиеся вылетом из ядра заряженных частиц, которые, взаимодействуя с электронными оболочками атомов, вызывают их ионизацию, т.е. ионизация происходит косвенно, через вторичные частицы.

1.60 Какие возможны взаимодействия нейтронов с веществом?

Ответы:

1. Нейтроны не взаимодействуют с веществом, поскольку они электрически нейтральны и свободно пролетают сквозь электронные оболочки атомов.

2. Только упругие и неупругие взаимодействия с ядрами атомов, при которых состав ядра-мишени не изменяется, а изменяется лишь его энергетическое состояние.

3. Возможно лишь поглощение нейтрона ядром, при котором атомная масса ядра увеличивается на единицу и атом превращается в другой изотоп того же элемента.

4. При столкновении нейтрона с ядром атома будут происходить ядерные реакции с вылетом бета-частиц, альфа-частиц, протонов или нейтронов, если энергия бомбардирующего нейтрона достаточна для преодоления энергии связи этих частиц с ядром.

5. Могут происходить взаимодействия всех видов (упругие, неупругие, резонансное поглощение, ядерные реакции с превращением ядра), вероятности которых зависят от начальной энергии нейтрона.

1.61 Какие физические эффекты используются в газонаполненных детекторах для регистрации заряженных частиц?

Ответы:

1. Прямая ионизация нейтральных атомов газа при взаимодействии с ними заряженных ядерных частиц с собиранием образовавшихся свободных зарядов на аноде и катоде детектора, к которым приложено постоянное напряжение.

2. Возбуждение атомов газа при взаимодействии с заряженными частицами с последующим характеристическим излучением.

3. Торможение заряженных ядерных частиц в газе, сопровождающееся тормозным рентгеновским излучением.

4. Рождение пар электрон-дырка под воздействием заряженных частиц.

5. Визуализация треков ядерных частиц в газе.

1.62 Какие виды ионизирующих излучений могут регистрироваться с помощью газонаполненных детекторов?

Ответы:

1. Только потоки заряженных частиц (альфа-, бета- и протонное излучение).

2. Только фотонное излучение (гамма- и рентгеновское).

3. Только нейтронное излучение.

4. Все виды ионизирующих излучений.

5. Все виды корпускулярных излучений.

1.63 В чём состоят принципиальные отличия ионизационных камер от пропорциональных счётчиков и счётчиков Гейгера-Мюллера?

Ответы:

1. В различии газов, наполняющих баллоны детекторов.

2. В различии давления газов в баллонах.

3. В различии конструкций детекторов.

4. В величине приложенного электрического поля. В ионизационных камерах оно не должно превышать предела, при котором начинается ударная ионизация газа вторичными электронами.

5. В схемотехнике детекторов, обеспечивающей регистрацию отдельных импульсов.

1.64 За счёт чего в пропорциональных счётчиках в сотни раз возрастает амплитуда выходных импульсов по сравнению с ионизационными камерами при регистрации частиц одинаковой энергии?

Ответы:

1. За счёт возникновения электронных лавин от ударной ионизации атомов вторичными электронами, возникающими на траектории движения ионизирующей частицы вблизи анода, где ускоряющее электрическое поле максимально.

2. За счёт того, что в пропорциональных счётчиках обеспечивается более сильное электрическое поле, в результате чего уменьшается рекомбинация образовавшихся ионов и электронов.

3. За счёт того, что в пропорциональных счётчиках используется газ с меньшим потенциалом ионизации.

4. За счёт того, что в пропорциональных счётчиках газ находится под большим давлением, в результате чего на траектории движения ионизирующей частицы образуется больше электрон-ионных пар.

1.65 Почему счётчики Гейгера-Мюллера не могут использоваться в спектрометрах?

Ответы:

1. Потому, что у них существует большое «мёртвое время» после прохождения каждой частицы, в течение которого они нечувствительны к новым частицам.

2. Потому, что они обладают низким быстродействием.

3. Потому, что у них слишком велик коэффициент газового усиления.

4. Потому, что длительность их выходных импульсов не зависит от энергии ионизирующих частиц.

5. Потому, что амплитуда их выходных импульсов не зависит от энергии ионизирующих частиц.

1.66 Каким образом должно выбираться напряжение питания ионизационных камер?

Ответы:

1. Должно выбираться достаточным, для предотвращения рекомбинации образовавшихся при взаимодействии с ионизирующей частицей электрон-ионных пар.

2. Должно соответствовать тому участку вольт-амперной характеристики детектора, где соблюдается закон Ома.

3. Должно выбираться таким, чтобы поле вблизи анода было достаточным для ударной ионизации нейтральных атомов вторичными электронами.

4. Должно выбираться в середине плато счётной характеристики детектора.

5. Должно выбираться из условия обеспечения нужного коэффициента газового усиления.

1.67 За счёт чего обеспечивается гашение электрического разряда в счётчиках Гейгера-Мюллера после прохождения ионизирующей частицы?

Ответы:

1. За счёт правильного выбора величины напряжения питания.

2. За счёт правильного выбора величины давления газа внутри счётчика.

3. За счёт включения последовательно с анодом высокоомного резистора, в результате чего при прохождении большого импульса тока на нём падает большая часть напряжения питания и электрическое поле вблизи анода становится уже недостаточным для ударной ионизации газа и создания электронных лавин.

4. За счёт специальных покрытий катода, предотвращающих ударную эмиссию электронов и фотонов при бомбардировке катода положительными ионами, что исключает распространение газового разряда на весь объём газа внутри счётчика.

1.68 За счёт чего в счётчиках Гейгера-Мюллера происходит распространение электронных лавин вдоль всей нити анода, а в пропорциональных счётчиках этого не происходит?

Ответы:

1. За счёт возникновения высокоэнергичных фотонов при ударной электронной ионизации атомов газа в месте возникновения первичной электронной лавины, которые, достигая катода, выбивают из него фотоэлектроны, которые, в свою очередь, достигая области сильного электрического поля вблизи анода инициируют вторичные электронные лавины уже по всей длине околоанодного пространства. В пропорциональных счётчиках этого не происходит, поскольку в них к аргону добавляют метан, молекулы которого активно поглощают и снижают энергию фотонов и даже те фотоны, которые достигают катода не могут выбить из него фотоэлектроны.

2. За счёт того, что положительные ионы, образовавшиеся в месте возникновения первичной электронной лавины, двигаясь к катоду, приобретают энергию, достаточную для выбивания из него свободных электронов, которые попадая в околоанодную область инициируют вторичные электронные лавины. В пропорциональных счётчиках величина приложенного напряжения меньше и энергии положительных ионов уже недостаточно для выбивания из катода свободных электронов.

3. За счёт суммарного действия и механизма порождения высокоэнергичных фотонов при ионизации атомов газа в области возникновения первичной электронной лавины (поскольку процесс ионизации газа всегда сопровождается процессом возбуждения атомов, которые, освобождаясь от избыточной энергии излучают фотоны рентгеновского или ультрафиолетового диапазона), и за счёт механизма выбивания из катода свободных электронов положительными ионами.

4. За счёт того, что при бомбардировке анода электронами в месте образования первичной лавины, анод в этом месте разогревается и возникает термоэмиссия электронов, которые вызывают вторичные электронные лавины, вызывающие разогрев более обширной области анода и довольно быстро этот процесс распространяется на всю длину анодной нити.

1.69 Из-за чего в счётчиках Гейгера-Мюллера без самогашения разряда, возникает мёртвое время, существенно снижающее его быстродействие (до 10^3 имп./с)?

Ответы:

1. Из-за того, что для гашения разряда балластное сопротивление, включаемое последовательно с анодом, приходится делать очень высокоомным (до 10^9 ом), в результате чего разряд электрической ёмкости счётчика происходит очень медленно и, соответственно, так же медленно происходит восстановление электрического поля в прианодном пространстве. Если в это время в счётчик попадёт следующая частица, то

первичные электроны, появившиеся в результате ионизации газа этой частицей, уже не способны будут инициировать электронные лавины. Импульс от этой частицы получается слабым (с амплитудой в тысячи раз меньшей) и не регистрируется электронной схемой.

2. Из-за того, что положительные ионы, образовавшиеся вдоль всей нити анода при возникновении электронных лавин, ослабляют электрическое поле вблизи анода, что препятствует возникновению новых электронных лавин от вновь попавших в счётчик ионизирующих частиц, а поскольку подвижность ионов в тысячи раз меньше подвижности электронов, то они дрейфуют к катоду достаточно медленно, что и приводит к появлению мёртвого времени (поле восстанавливается лишь когда большая часть положительных ионов достигнет катода и нейтрализуется им).

3. Из-за того, что в счётчиках Гейгера-Мюллера электрическое поле, создаваемое в прианодном пространстве настолько велико, что достигает порога зажигания самостоятельного разряда, который будет поддерживаться до тех пор, пока это условие выполняется.

4. Из-за того, что при использовании в качестве первичных преобразователей счётчиков Гейгера-Мюллера импульсы на его выходе получаются настолько мощными, что не требуется дальнейшего их электронного усиления и формирования, а их длительность получается весьма большой из-за большого времени собирания положительных зарядов на катоде.

1.70 За счёт чего в счётчиках Гейгера-Мюллера с самогашением удаётся повысить быстродействие примерно в 50-100 раз?

Ответы:

1. За счёт того, что в этих счётчиках диаметр анодной нити делают существенно меньшим, что увеличивает градиент электрического поля вблизи анода и область возникновения электронных лавин существенно сокращается, что способствует уменьшению длительности импульсов.

2. За счёт уменьшения величины балластного сопротивления, включаемого, последовательно с анодом, что приводит к ускорению разряда межэлектродной ёмкости и ускорению восстановления поля в прианодном пространстве.

3. За счёт уменьшения величины питающего напряжения, в результате чего счётчик работает в режиме ограниченной пропорциональности, т.е. в режиме, приближенном к режиму работы пропорционального счётчика.

4. За счёт добавления в аргон так называемых «гасящих газов» (метана, паров спирта, галоидных соединений), которые частично поглощают фотоны, образующиеся в области возникновения электронных лавин, что уменьшает электронную эмиссию из катода, а те электроны, которые всё же вылетают из катода за счёт достигших фотонов, поглощаются молекулами этих гасящих газов и не достигают области, где возможно возникновение электронных лавин.

5. За счёт того, что напряжение питания выбирается таким, чтобы электрическое поле вблизи анода оставалось меньшим порога зажигания самостоятельного разряда.

1.71 Каким образом работают нейтронные газонаполненные детекторы, ведь нейтроны, не обладая электрическим зарядом, не могут ионизировать нейтральные атомы газа?

Ответы:

1. Газонаполненных нейтронных детекторов не существует.

2. В газонаполненные нейтронные детекторы добавляется газообразный шестифтористый уран-235, ядра которого под действием тепловых нейтронов, делятся, испуская при этом альфа-частицы, которые уже вызывают косвенную ионизацию газа.

3. Хотя нейтроны не взаимодействуют с электронными оболочками атомов, они взаимодействуют с ядрами всех элементов, и если энергия нейтронов превышает пороговую энергию бета- или альфа-распада, то такой распад инициирует появление заряженных частиц, которые уже и производят ионизацию газа.

4. Среди всех устойчивых изотопов имеются изотопы, характеризующиеся беспороговой реакцией с нейтронами с вылетом заряженных частиц (протонов или альфа-частиц). К ним относится и изотоп гелий-3, являющийся газом (при поглощении нейтрона его ядро испускает протон и превращается в ядро трития).

1.72 Какие ещё изотопы кроме гелия-3 используются для создания газонаполненных нейтронных детекторов?

Ответы:

1. Все радиоактивные изотопы подверженные альфа-распаду, которые в виде тонкого слоя наносятся на внутреннюю поверхность баллона газонаполненного детектора с тем, чтобы вылетающие при распаде альфа-частицы ионизировали газ.

2. Устойчивые изотопы тяжёлых элементов, которые под действием нейтронов подвержены альфа-распаду, которые тонким слоем наносятся на внутреннюю поверхность баллона детектора с тем, чтобы вылетающие при распаде альфа-частицы ионизировали газ.

3. Изотопы уран-233, уран-235, плутоний-239 и другие трансураниевые трансураниевые радиоизотопы с большим периодом полураспада, которые под действием тепловых нейтронов распадаются с выделением протонов или альфа-частиц.

4. Изотопы литий-6 и бор-10, которые также как гелий-3 характеризуются беспороговой реакцией с нейтронами с излучением альфа-частиц.

5. Магнитные, ионизационные, сцинтилляционные и полупроводниковые гамма-спектрометры

1.73 На каком физическом принципе основано действие сцинтилляционных детекторов ионизирующих излучений?

Ответы:

1. Используется явление свечения газа при его ионизации.

2. На явлении люминесценции возбуждённых атомов.

3. Используется явление перехода любых атомов в возбуждённое состояние при их взаимодействии с ионизирующим излучением. Возврат атомов в исходное состояние сопровождается излучением фотонов, которые и фиксируются детектором. Таким образом, любые вещества могут использоваться как сцинтилляторы в сцинтилляционных детекторах.

4. В качестве сцинтилляторов в сцинтилляционных детекторах могут использоваться лишь те вещества, которые прозрачны для собственного излучения, т.е. излучаемые фотоны могут выйти за пределы сцинтиллятора и зарегистрированы высокочувствительным фотоприёмником.

5. На явлении возбуждения атомов сцинтиллятора ионизирующим излучением и излучении ими избыточной энергии в виде фотонов при возврате в исходное состояние. При этом вещество сцинтиллятора должно быть прозрачным для собственного излучения, а его спектр должен соответствовать спектральной чувствительности фотоприёмника.

1.74 Каким образом в сцинтилляционных детекторах обеспечивается соответствие спектра собственного излучения со спектральной чувствительностью ФЭУ, которая преимущественно соответствует видимому диапазону?

Ответы:

1. Путём включения в состав детектора светопреобразователей, которые включаются между сцинтилляторами и ФЭУ и преобразуют коротковолновое излучение сцинтиллятора в длинноволновое, лежащее в области спектральной чувствительности ФЭУ.

2. Путём использования полупроводниковых фотоприёмников, спектральная чувствительность которых соответствует спектру собственного излучения сцинтиллятора.

3. Путём введения светопреобразователей (смесителей спектра) в состав самого сцинтиллятора, атомы которых, возбуждаясь высокоэнергичными фотонами, соответствующими ультрафиолетовому диапазону, излучают длинноволновые фотоны видимого света, для которого вещество сцинтиллятора должно быть прозрачно и которое соответствует области спектральной чувствительности ФЭУ.

1.75 В каком агрегатном состоянии должно находиться вещество сцинтиллятора в сцинтилляционных детекторах?

Ответы:

1. Только в газообразном, чтобы оно было прозрачно для собственного излучения, возникающего под воздействием ионизирующего излучения.

2. В газообразном или жидком, но жидкость должна быть прозрачной для видимого света.

3. В любом агрегатном состоянии, при условии, что оно будет прозрачно для видимого света.

1.76 Для детектирования каких видов ионизирующих излучений применяются сцинтилляционные детекторы?

Ответы:

1. Для всех видов ионизирующих излучений.

2. Только для корпускулярных излучений в виде потоков заряженных частиц.

3. Для всех видов корпускулярных излучений, включая и нейтронное.

4. Только для гамма-излучения.

5. Только для фотонных излучений в видимом диапазоне.

1.77 Какие вещества могут использоваться в качестве твердотельных сцинтилляторов?

Ответы:

1. Только стёкла, прозрачные для видимого света, со сцинтиллирующими добавками.
2. Только прозрачные неорганические кристаллы (кварц, поваренная соль, алмаз и другие драгоценные камни, и прочие прозрачные для видимого света кристаллы).
3. Только органические кристаллы, поскольку при их выращивании из растворов можно вводить в них сцинтиллирующие добавки.
4. И органические кристаллы и органические прозрачные пластики (полистирол, органическое стекло), поскольку и в последние можно добавлять при изготовлении сцинтиллирующие вещества.
5. И неорганические, и органические кристаллы, и стёкла (представляющие собой аморфные твёрдые растворы сложных веществ), и органические пластики.

1.78 От чего зависит эффективность твердотельных сцинтилляционных детекторов?

Ответы:

1. От геометрических размеров сцинтиллятора.
2. От качества светосбора в оптическом тракте.
3. От вида ионизирующего излучения и его энергетического спектра.
4. От геометрии измерений.
5. От конструктивных параметров детектора, вида ионизирующего излучения и его энергетического спектра.

1.79 Что такое разрешение сцинтилляционного детектора и от чего оно зависит?

Ответы:

1. Это способность детектора различать разные длины волн выходящего из сцинтиллятора оптического излучения. Она зависит от полосы оптической прозрачности сцинтиллятора и спектральной чувствительности фотоприёмника (ФЭУ)
2. Это возможность отдельно регистрировать различные виды ионизирующих излучений. Она зависит от соотношения чувствительностей сцинтиллятора к различным видам излучения.
3. Это способность детектора отдельно регистрировать частицы одного и того же вида но разных энергий. Она определяется относительной шириной отклика детектора на моноэнергетическое излучение одного и того же вида и зависит от энергии излучения.
4. Это возможность отдельно регистрировать частицы корпускулярного излучения и фотонов. Она определяется конверсионной способностью детектора к этим видам излучения с тем, чтобы можно было их различать по амплитудам выходных импульсов детектора.

1.80 От чего зависит длительность и форма выходных импульсов сцинтилляционных детекторов?

Ответы:

1. От вида детектируемых частиц.
2. От энергии детектируемых частиц.

3. От типа сцинтиллятора.

4. От постоянной времени входной цепи электронного усилителя

5. От вида детектируемых частиц, типа сцинтиллятора и постоянной времени входной цепи электронного усилителя.

1.81 Чем отличаются полупроводниковые детекторы ионизирующих излучений от обычных полупроводниковых диодов?

Ответы:

1. Большими размерами.

2. Наличием широкой области между n и p слоями, обеднённой носителями зарядов.

3. Использованием других полупроводниковых материалов вместо кремния и германия.

4. Использованием специальной технологии при их производстве.

5. Более сложной комбинацией n-p областей.

1.82 В чём состоит основное преимущество германиевых полупроводниковых детекторов по сравнению со сцинтилляционными?

Ответы:

1. В малых размерах полупроводникового детектора.

2. В более низком напряжении питания полупроводниковых детекторов.

3. В более низкой стоимости полупроводниковых детекторов.

4. В более высокой чувствительности полупроводниковых детекторов.

5. В более высоком энергетическом разрешении полупроводниковых детекторов.

1.83 За счёт чего обеспечивается высокое энергетическое разрешение спектрометра с германиевым детектором по сравнению со сцинтилляционным?

Ответы:

1. За счёт меньших размеров германиевого детектора.

2. За счёт более низкого (примерно на порядок) напряжения питания германиевого детектора.

3. За счёт большей плотности германия по сравнению с материалами, из которых изготавливают сцинтилляторы.

4. За счёт малой энергии образования пары электрон-дырка в германиевом детекторе и охлаждения его до криогенных температур, благодаря чему снижается уровень собственных шумов.

5. За счёт отсутствия в германиевых детекторах ФЭУ, существенно снижающее разрешение детектора.

1.84 Какие методы регистрации ионизирующих излучений относятся к визуальным из ниженазванных?

Ответы:

1. Сцинтилляционные.

2. Фотографические

3. Газоразрядные.

4. Полупроводниковые.

5. Люминесцентные.

1.85 За счёт чего становятся видимыми треки ядерных частиц в камерах Вильсона и диффузионных камерах?

Ответы:

1. За счёт возникновения электронных лавин вдоль трека частицы, который начинает светиться.
2. За счёт создания мелкодисперсной взвеси люминесцирующих веществ, которые начинают светиться при их возбуждении.
3. За счёт конденсации пересыщенного пара вокруг ионов вдоль траектории движения ядерной частицы.
4. За счёт ионизации газа вдоль траектории канала происходит искровой разряд.

1.86 Чем отличаются камеры Вильсона и диффузионные камеры друг от друга?

Ответы:

1. Различным составом паров.
2. Различной конструкцией (в камере Вильсона есть движущиеся части, в диффузионной камере их нет).
3. Различными способами создания рабочих областей с пересыщенными парами.
4. Различным диапазоном температур и давлений, при которых эти камеры функционируют.

1.87 Каковы основные преимущества диффузионных камер по сравнению с камерами Вильсона?

Ответы:

1. Диффузионные камеры проще по конструкции (нет движущихся частей).
2. Диффузионные камеры имеют более длительное время чувствительности.
3. Диффузионные камеры при тех же габаритах имеют более тонкий чувствительный слой, в котором пар находится в пересыщенном состоянии.
4. Диффузионные камеры могут работать в более широком диапазоне рабочих температур и давлений газовой среды.

1.88 В чём состоит принципиальное отличие пузырьковой камеры от камеры Вильсона и диффузионной камеры?

Ответы:

1. В их конструкциях.
2. В разнице рабочих давлений и температур.
3. В пузырьковой камере нет движущихся частей, а в камере Вильсона есть.
4. В одном случае камеры заполнены перегретым паром, а в другом – перегретой жидкостью.

1.89 Чем отличаются люминесцентные методы регистрации ионизирующих излучений от сцинтилляционных?

Ответы:

1. Тем, что для люминесцентных методов используются вещества с длительным послесвечением после возбуждения, тогда как в сцинтилляторах световые вспышки очень короткие (от единиц наносекунд до единиц микросекунд).
2. Тем, что в люминесцентных детекторах для считывания информации о накопленной дозе используется конструктивно отдельное считывающее устройство.

3. Тем, что люминесцентные методы могут использоваться только в дозиметрах для регистрации дозы излучения накопленной за достаточно длительное время.

4. Тем, что в люминесцентных детекторах в качестве активного вещества используются диэлектрики, в которых образовавшиеся при взаимодействии с ионизирующей частицей (или гамма-квантом) свободные электроны и дырка, находящаяся в запрещённой зоне. При этом свободные электроны могут попадать в ловушки, образованные локальными неоднородностями или примесными атомами, в которых они могут находиться достаточно долго, т.к. для выхода их из ловушки электрон должен получить дополнительную энергию.

1.90 Чем отличаются термолюминесцентные детекторы от фотолюминесцентных?

Ответы:

1. Составом активного вещества детектора.
2. Количеством (концентрацией) электронных ловушек в активном веществе детектора.
3. Рабочим диапазоном температур.
4. Способами считывания информации о накопленной дозе: в термолюминесцентных детекторах освобождение электронов из ловушек и их рекомбинация с дырками, в результате чего и излучаются фотоны, происходит путём нагрева детекторов, а в фотолюминесцентных – путём облучения его ультрафиолетовым излучением.

1.91 Какой метод обладает самым высоким энергетическим разрешением при спектрометрии гамма-излучения?

Ответы:

1. Сцинтилляционный метод с использованием детекторов высокого разрешения на основе бромида лантана.
2. Ионизационный метод с использованием газонаполненных детекторов.
3. Ионизационный метод с использованием полупроводниковых детекторов из особо чистого германия.
4. Магнитный метод.
5. Кристалл-дифракционный метод.

1.92 Что ограничивает энергетический диапазон спектрометров гамма-излучения на основе ионизационных камер и пропорциональных счётчиков?

Ответы:

1. Низкое быстродействие этих детекторов.
2. Неоднозначность зависимости сечения ионизации рабочего газа от энергии гамма-квантов.
3. Низкая плотность газа, из-за чего падает эффективность детектора с ростом энергии гамма-квантов.
4. Необходимость герметичного корпуса детектора, который поглощает низкоэнергичные гамма-кванты.

1.93 Каким образом производится измерение энергии частиц в магнитных спектрометрах бета-излучения?

Ответы:

1. Путём измерения амплитуды выходных импульсов детектора.

2. Путём последовательного смещения положения детектора в зоне постоянно-го магнитного поля, перпендикулярного направлению движения бета-частиц.

3. Путём использования нескольких детекторов, каждый из которых чувствителен к бета-частицам определённых энергий.

4. Путём последовательного изменения напряжённости отклоняющего магнитного поля при фиксированном положении детектора.

1.94 Как работают магнитные гамма-спектрометры, ведь гамма-кванты не отклоняются ни магнитными, ни электрическими полями?

Ответы:

1. Гамма-кванты высоких энергий в поле действия ядерных сил способны превращаться в заряженные частицы, траектории которых, искривляясь в магнитном поле, измеряются для определения энергий этих частиц.

2. По соотношению Эйнштейна любая частица с массой m несёт энергию $E = mc^2$ и наоборот. Это и используется в магнитных гамма-спектрометрах, где гамма-кванты превращаются в электроны, а из энергии определяется магнитным бета-спектрометром.

3. В магнитных гамма-спектрометрах используется фото-эффект, при котором, гамма-кванты, взаимодействуя с атомами, выбивают электроны с их внутренних оболочек, полностью передавая им свою энергию, которая затем измеряется так же, как в магнитном бета-спектрометре.

4. В магнитных гамма-спектрометрах используется комптон-эффект, при котором, гамма-кванты, взаимодействуя с атомами, выбивают электроны с их внешних оболочек. При этом энергия передаваемая электрону зависит от угла столкновения гамма-кванта с этим электроном. При лобовых столкновениях она почти равна начальной энергии гамма-кванта (за вычетом энергии связи этого электрона с атомом). В магнитных гамма-спектрометрах на пути движения гамма-квантов ставится тонкая металлическая пластина- радиатор, в которой и происходит комптон эффект. Из всех выбитых электронов выделяются лишь те, которые соответствуют лобовым столкновениям. Далее они попадают в поперечное магнитное поле, и производится измерение их энергии как в магнитных бета-спектрометрах.

1.95 Чем отличаются измеренные с помощью спектрометров аппаратурные спектры гамма-излучения радиоактивных нуклидов от их спектров излучения?

Ответы:

1. Спектры гамма-излучения всех радиоактивных нуклидов являются дискретными, а их измеренные аппаратурные спектры – непрерывными.

2. В аппаратурных спектрах происходит искажения спектров гамма-излучения радиоактивных нуклидов за счёт неточности преобразования энергии гамма-квантов в амплитуду выходных импульсов детектора.

3. В аппаратурных спектрах из-за стохастических процессов в детекторе вместо соответствующих гамма-линий дискретных спектров излучения образуются размытые пики.

4. Аппатурные спектры гамма-излучения радиоактивных нуклидов образуются за счёт разных типов взаимодействий гамма-квантов с активным веществом детек-

тора (за счёт фотоэффекта, комптон-эффекта и других), поэтому аппаратурный спектр получается весьма сложным.

1.96 По каким характеристикам аппаратурных гамма-спектров определяют энергии соответствующих гамма-линий спектров излучения радиоактивных нуклидов?

Ответы:

1. По положению парного пика на аппаратурной спектрограмме.
2. По положению пика обратного рассеяния на непрерывном участке аппаратурного спектра.
3. По положению краевого пика комптоновского распределения на непрерывном участке аппаратурного спектра.
4. По центральной энергии фотопика на аппаратурной спектрограмме.
5. По измеренной интегральной скорости счёта при наборе спектра.

1.97 Каким образом проводится калибровка энергетической шкалы ионизационных и сцинтилляционных гамма-спектрометров?

Ответы:

1. Расчётным путём.
2. Экспериментально, измеряя спектры определённых нуклидов.
3. Экспериментально, измеряя спектры образцовых радиоизотопных источников гамма-излучения и сопоставляя номера каналов амплитудного анализатора, соответствующие центральным энергиям фотопиков с энергиями соответствующих гамма-линий спектров излучения используемых образцовых источников.
4. Путём графического построения калибровочной характеристики, представляющей собой зависимость номеров каналов, соответствующих определённым гамма-линиям образцовых источников, от энергий этих гамма-линий.

1.98 Как определяется разрешение ионизационных и сцинтилляционных гамма-спектрометров?

Ответы:

1. Расчётным путём с анализом всех процессов, происходящих в детекторе.
2. Экспериментально, путём анализа формы измеренного гамма-спектра определённого радионуклида.
3. Экспериментально, путём измерения скорости счёта детектора от образцового радиоизотопного источника известной активности.
4. Экспериментально по измеренному спектру источника моноэнергетических гамма-квантов, определяя (в процентах) отношение полной ширины фотопика на половине его высоты к центральной энергии этого фотопика.
5. Экспериментально, по отклику детектора при измерении спектра источника моноэнергетического излучения (например, цезия-137 или марганца-55) по отношению (в процентах) количества импульсов в фотопике к общему количеству импульсов в полученном аппаратурном спектре.

1.99 Каковы основные недостатки полупроводниковых гамма-спектрометров с германиевым детектором?

Ответы:

1. Невысокая эффективность детектора из-за ограниченного объёма активной зоны детектора обеднённой носителями зарядов.

2. Низкая энергия образования пары электрон-дырка, из-за чего импульсы получаются очень слабыми и сравнимы с собственными шумами детектора.

3. Высокая цена детекторов, поскольку технология получения особо чистого германия очень сложна и необходимость охлаждения детектора до криогенных температур (температуры жидкого азота) для устранения влияния собственных тепловых шумов детектора.

4. Сложность расшифровки измеренных им гамма-спектров.

1.100 Какой метод используется для спектрометрии потоков заряженных частиц (альфа-, бета- и протонного излучений)?

Ответы:

1. Ионизационный метод с использованием газонаполненных детекторов.

2. Сцинтилляционный метод с использованием газообразных, жидких и твёрдых сцинтилляторов.

3. Метод измерения искривления движения заряженных частиц в приложенном электрическом или магнитном поле.

4. Ионизационный метод с использованием твердотельных полупроводниковых детекторов.

5. Метод, основанный на амплитудном анализе выходных импульсов с использованием газонаполненных, полупроводниковых или сцинтилляционных детекторов.

1.101 Почему нельзя использовать метод амплитудного анализа выходных импульсов детектора, успешно используемый в спектрометрах всех других видов излучения, для построения спектрометра нейтронного излучения?

Ответы:

1. Потому что нейтроны в силу своей электрической нейтральности не ионизируют и не возбуждают атомы активного вещества детектора.

2. Потому что нейтроны, сталкиваясь с ядрами атомов активного вещества детектора, инициируют ядерные реакции, в результате которых происходит превращение этих ядер в другие, а по энергиям продуктов реакции не удаётся однозначно определять энергию вызвавшего её нейтрона.

3. Хотя существует много типов нейтронных детекторов, в которых используется косвенная ионизация атомов активного вещества детектора, и построенных на их основе нейтронных радиометров, но использовать те же детекторы для построения спектрометров не удаётся, т.к. амплитуды выходных импульсов в них не связаны с энергиями породивших их нейтронов.

4. Потому что нейтроны непосредственно не ионизируют атомы, а при столкновении их с ядрами атомов могут происходить с различной вероятностью самые разнообразные процессы, по-разному влияющие на амплитуду импульсов детектора.

1.102 В чём заключается основная проблема времяпролётного метода спектрометрии нейтронов?

Ответы:

1. В сложности установок для измерения скорости нейтронов.

2. В длительности и сложности процедур измерений скорости нейтронов на времяпролётных установках.

3. В необходимости вакууммирования выводных каналов нейтронных потоков длиной от 10 до 100 метров.

4. В необходимости использования мощных источников нейтронов (ядерных реакторов или ускорителей заряженных частиц).

5. Для измерения скорости отдельного нейтрона (которая определяет его кинетическую энергию по соотношению $E = mv^2/2$) необходимо знать момент его старта и момент его финиша в конце известной пролётной базы. Момент финиша легко определить по моменту его регистрации детектором. А определение момента старта представляет основную проблему данного метода.

1.103 Почему при использовании активационного метода нейтронной спектрометрии приходится использовать наборы активационных индикаторов на основе целого ряда особо чистых изотопов?

Ответы:

1. Активационный метод основан на превращении устойчивых изотопов при бомбардировке их нейтронами в радиоактивные изотопы с последующим измерением активности образцов, помещаемых на определённое время в измеряемый нейтронный поток. Индикаторы должны изготавливаться из особо чистых веществ, содержащих единственный изотоп, чтобы по продуктам реакции с нейтронами можно было бы определить энергию нейтронов.

2. Наборы из нескольких индикаторов нужны для того, чтобы можно было получать усреднённые результаты для лучшей статистической достоверности.

3. Каждый из индикаторов в наборе должен быть наиболее чувствителен к нейтронам определённых энергий, а подбираться они должны таким образом, чтобы их области максимальной чувствительности совместно перекрывали бы весь возможный энергетический диапазон измеряемых нейтронных потоков. Только в этом случае, по измеренным наведённым активностям индикаторов можно вычислительным путём восстановить энергетический спектр исследуемого нейтронного потока.

4. Каждый из индикаторов в наборе должен характеризоваться специфической реакцией с нейтронами с получением определённых радиоактивных продуктов реакции. Далее с помощью гамма-спектрометров определяют удельную концентрацию каждого продукта реакции и по этим результатам вычислительным путём определяют спектр исследуемого нейтронного потока.

1.104 В чём состоят основные недостатки времяпролётного и активационного методов нейтронной спектрометрии?

Ответы:

1. В высокой сложности и дороговизне их использования.

2. В необходимости высокой квалификации исполнителей.

3. Времяпролётные установки чрезвычайно сложны и дороги, а технология изготовления активационных индикаторов тоже сложна, и они пригодны лишь для одноразового использования.

4. Времяпролётный метод не пригоден для анализа спектрального состава произвольных нейтронных потоков, т.к. в качестве источников нейтронов используется

либо ядерный реактор, либо ускоритель заряженных частиц с мишенью, являющейся непосредственным источником нейтронов, при её бомбардировке заряженными частицами высоких энергий. Кроме того, и времяпролётный и активационный методы непригодны для измерений спектров нейтронных потоков в реальном времени.

5. Оба эти метода характеризуются большими погрешностями измерений. В первом случае они связаны с погрешностями измерений весьма высоких скоростей нейтронов на ограниченной пролётной базе, а во втором случае с неопределённостью результатов вычислительного восстановления спектра по измеренным активационным интегралам индикаторов.

1.105 Какие нейтронные детекторы используются в многошаровом методе нейтронной спектрометрии Боннера?

Ответы:

1. Только газонаполненные детекторы на основе гелия-3 или трёхфтористого бора-10, т.к. они чувствительны преимущественно к нейтронам тепловых энергий.

2. Только сцинтилляционные детекторы на основе упругого рассеяния нейтронов в водородсодержащей среде, т.к. сечение взаимодействия упругого рассеяния с ядрами атомов водорода стабильно в широком интервале энергий нейтронов.

3. Только пороговые детекторы с различными значениями энергетических порогов.

4. Любые нейтронные детекторы.

1.106 Сколько необходимо иметь шаров-замедлителей нейтронов разных диаметров для достоверного определения спектра исследуемого нейтронного потока?

Ответы:

1. Минимум 4.

2. Восемь, девятое измерение производится с голым детектором, что соответствует девяти децимальным интервалам энергии нейтронных потоков, имеющих место в ядерной энергетике.

3. Двенадцать – именно столько было в оригинальном многошаровом спектрометре Боннера.

4. Чем больше, тем лучше, т.к. чем больше шаров-замедлителей тем детальнее и точнее можно восстановить спектр исследуемого нейтронного потока.

5. Максимальное число шаров – замедлителей нейтронов в данном методе ограничивается необходимостью получения с каждым из них существенной деформации исследуемого спектра.

1.107 Что препятствует построению промышленных нейтронных спектрометров реального времени на основе однокристалльных органических детекторов?

Ответы:

1. В этих детекторах используется реакция упругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов водорода в кристалле стибьбена. Поскольку энергия выбиваемых нейтронами протонов зависит от угла столкновения нейтрона с ядром атома водорода, а все углы равновероятны, то от моноэнергетических нейтронов должно получаться равномерное распределение от нуля до полной энергии нейтрона (сто соответствует лобовому столкновению). Однако реально такая зависимость существенно искажа-

ется в силу многих причин, учесть которые весьма сложно. Это приводит к низкой достоверности восстанавливаемого спектра.

2. Реакция упругого рассеяния нейтронов на ядрах атомов водорода имеет постоянное сечение лишь до энергий в 100 кэВ. При больших энергиях нейтронов сечение этой реакции монотонно падает. Это не позволяет восстановить спектр с высокой достоверностью.

3. Из-за ограниченных размеров сцинтиллятора и высокой проникающей способности нейтронов высоких энергий изменяется эффективность детектора, что ограничивает энергетический диапазон таких спектрометров.

4. Трудно вырастить однородные кристаллы стибьена необходимых размеров и, кроме того, их трудно обрабатывать. Поэтому для промышленного применения они малопригодны.

1.108 В чём состоит суть калориметрического метода измерения энергии ионизирующих излучений?

Ответы:

1. Метод состоит в измерении изменений окраски активного вещества детектора под действием ионизирующих излучений.

2. Метод состоит в измерении изменений оптической прозрачности некоторых жидкостей под действием ионизирующих излучений.

3. Метод состоит в измерении количества тепла, выделившегося в активном веществе детектора под воздействием ионизирующих излучений с помощью двух калориметрических камер, помещённых в общий термостат, одна из которых является градуировочной, а другая – измерительной.

4. Метод состоит в измерении потока инфракрасного (теплового) излучения от активного вещества детектора под воздействием ионизирующих излучений.

1.109 В каких случаях используется калориметрический метод измерений ионизирующих излучений?

Ответы:

1. Калориметрический метод используется в переносных дозиметрах для измерения мощности суммарной дозы всех видов ионизирующих излучений.

2. Калориметрический метод используется для измерения суммарной энергии потоков заряженных частиц.

3. Калориметрический метод используется для измерения средней энергии различных видов ионизирующих излучений.

4. Калориметрический метод используется для измерения активности альфа-излучающих источников. При этом сам источник помещается в заполненную жидкостью измерительную калориметрическую камеру. В этом случае вся энергия альфа-частиц, благодаря их малому пробегу в плотных веществах в конечном итоге превращается в тепло, нагревая жидкость в этой камере.

5. Калориметрический метод может использоваться для измерения суммарной активности препаратов с любыми типами распада, если он помещается в измерительной камере, поскольку поправки на энергию, уносимую из измерительной камеры сильно проникающими нейтронным и гамма-излучением можно вычислить по схемам распада и поглощающей способности рабочей жидкости.

2 Вопросы в открытой форме.

2.1 Электромагнитное излучение, частотный диапазон которого лежит ниже рентгеновского излучения, но выше видимого света, называется ... излучением.

2.2 Излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома; характеризующиеся меньшими энергиями квантов электромагнитного излучения, чем гамма-кванты, называется ...

2.3 Спектры тормозного излучения являются ...

2.4 Произведение энергии γ -квантов на их число, падающее каждую секунду на единицу поверхности, нормальной к потоку гамма-квантов называется ...

2.5 Выбивание γ -квантом электронов из внутренних электронных оболочек атомов (чаще всего из К-оболочки), приводящее к его ионизации и появлению свободного электрона характерно для ...

2.6 Максимальное количество электронов, которое может находиться в К-й оболочке атомов, равно ...

2.7 Максимальное количество электронов, которое может находиться в L-й оболочке атомов, равно ...

2.8 Атом изотопа Pb-206 (порядковый номер свинца в таблице Менделеева 82) содержит ... электронов.

2.9 Атом изотопа Mn-55 (порядковый номер марганца в таблице Менделеева 25) содержит ... электронов.

2.10 На ... электронной оболочке атома, расположенные на ней электроны имеют наибольшую энергию связи с ядром атома.

2.11 У атома может быть ... возбуждённых состояний.

2.12 При возвращении из возбуждённого состояния в устойчивое атомами и молекулами испускаются ...

2.13 При β -распаде порядковый номер элемента в таблице Менделеева изменяется на ...

2.14 Порядковый номер элемента в таблице Менделеева при альфа-распаде изменяется на ...

2.15 Массовое число элемента при альфа-распаде ... на 4 единицы.

3 Вопросы на установление последовательности.

3.1 Установите хронологическую последовательность:

1. Открытие рентгеновского излучения (Рентген);
2. Открытие явления радиоактивности (Беккерель);
3. Изобретение счетчика Гейгера (Гейгер);
4. Изобретение сцинтилляционного счетчика;
5. Изобретение спинарискоса (Крукс).

4 Вопросы на установление соответствия.

4.1 Установите соответствие.

1. Альфа-распад	а) порядковый номер изотопа увеличивается на единицу
2. Бета-распад (при избытке нейтронов)	б) порядковый номер изотопа уменьшается сразу на 2 единицы, а массовое число – на 4 единицы
3. Бета-распад (при избытке протонов)	в) порядковый номер изотопа уменьшается на единицу

4.2 Установите соответствие.

1. Рентгеновское излучение	а) электромагнитное излучение с длиной волны от 390 до 770 нм.
2. Гамма-излучение	б) излучение, состоящее из тормозного и/или характеристического излучений; энергетический диапазон излучения лежит ниже энергетического диапазона γ -излучения.
3. Видимое световое излучение	в) излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер или аннигиляции частиц.

4.3 Установите соответствие.

1. Единицы измерения активности источника ионизирующих излучений	а) Грей
2. Единицы измерения поглощённой дозы ионизирующего излучения.	б) Бэр
3. Единицы измерения эквивалентной дозы ионизирующего излучения.	в) Беккерель

4.4 Установите соответствие.

1. Единицы измерения активности источника ионизирующих излучений	а) Рад
2. Единицы измерения поглощённой дозы ионизирующего излучения.	б) Зиверт
3. Единицы измерения эквивалентной дозы ионизирующего излучения.	в) Кюри

4.5 Установите соответствие.

1. Виды и источники ионизирующих излучений, характеризующиеся дискретным энергетическим спектром	а) Бета-излучение, нейтронное излучение радиоизотопных источников и рентгеновское тормозное излучение, возникающее при торможении заряженных частиц в веществе
--	--

2. Виды и источники ионизирующих излучений, характеризующиеся непрерывным энергетическим спектром	б) Гамма-излучение и альфа-излучение радиоизотопных источников радиоизотопных источников
3. Виды ионизирующего излучения, характеризующиеся высокой проникающей способностью	в) Рентгеновское, гамма- и нейтронное излучение

4.6 Установите соответствие.

1. Гашение электрического разряда в счётчиках Гейгера-Мюллера после прохождения ионизирующей частицы обеспечивается	а) За счёт суммарного действия и механизма порождения высокоэнергичных фотонов при ионизации атомов газа в области возникновения первичной электронной лавины (поскольку процесс ионизации газа всегда сопровождается процессом возбуждения атомов, которые, освобождаясь от избыточной энергии излучают фотоны рентгеновского или ультрафиолетового диапазона), и за счёт механизма выбивания из катода свободных электронов положительными ионами.
2. В счётчиках Гейгера-Мюллера происходит распространение электронных лавин вдоль всей нити анода, а в пропорциональных счётчиках этого не происходит	б) из-за того, что для гашения разряда балластное сопротивление, включаемое последовательно с анодом, приходится делать очень высокоомным (до 10^9 ом), в результате чего разряд электрической ёмкости счётчика происходит очень медленно и, соответственно, так же медленно происходит восстановление электрического поля в прианодном пространстве. Если в это время в счётчик попадёт следующая частица, то первичные электроны, появившиеся в результате ионизации газа этой частицей, уже не способны будут инициировать электронные лавины. Импульс от этой частицы получается слабым (с амплитудой в тысячи раз меньшей) и не регистрируется электронной схемой.
3. В счётчиках Гейгера-Мюллера без самогашения разряда, имеет место мёртвое время, существенно снижающее его быстродействие (до 10^3 имп./с)	в) за счёт включения последовательно с анодом высокоомного резистора, в результате чего при прохождении большого импульса тока на нём падает большая часть напряжения питания и электрическое поле вблизи анода становится уже недостаточным для ударной ионизации газа и созда-

	ния электронных лавин
--	-----------------------

4.7 Установите соответствие.

1. Эффективность твердотельных сцинтилляционных детекторов зависит	а) От вида детектируемых частиц, типа сцинтиллятора и постоянной времени входной цепи электронного усилителя
2. Разрешение сцинтилляционного детектора зависит	б) От относительной ширины отклика детектора на моноэнергетическое излучение одного и того же вида и зависит от энергии излучения.
3. Длительность и форма выходных импульсов сцинтилляционных детекторов зависит	в) От конструктивных параметров детектора, вида ионизирующего излучения и его энергетического спектра

4.8 Установите соответствие по количеству электронов в атомах изотопов

1. Mn-55	82
2. Pb-206	25
3. Co-60	27

Шкала оценивания результатов тестирования: в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения - 60 баллов (установлено положением П 02.016).

Максимальный балл за тестирование представляет собой разность двух чисел: максимального балла по промежуточной аттестации для данной формы обучения (36 или 60) и максимального балла за решение компетентностно-ориентированной задачи (6).

Балл, полученный обучающимся за тестирование, суммируется с баллом, выставленным ему за решение компетентностно-ориентированной задачи.

Общий балл по промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной (для экзамена) и дихотомической (для зачета) шкале следующим образом:

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо
69-50	удовлетворительно

49 и менее	неудовлетворительно
------------	---------------------

ИЛИ

Соответствие 100-балльной и дихотомической шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по дихотомической шкале</i>
100-50	зачтено
49 и менее	не зачтено

Критерии оценивания результатов тестирования:

Каждый вопрос (задание) в тестовой форме оценивается по дихотомической шкале: выполнено - **2 балла**, не выполнено - **0 баллов**.

2.3 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ

Компетентностно-ориентированная задача № 1

Нарисуйте структурную схему и опишите принцип работы ионизационной камеры. Объясните физические явления, происходящие в ионизационной камере.

Компетентностно-ориентированная задача № 2.

Опишите процесс бета-распада: испускаемые частицы; изменение порядкового номера изотопа и массового числа; энергия, выделяемая при β -распаде.

Компетентностно-ориентированная задача № 3.

Опишите процесс альфа-распада: испускаемые частицы; изменение порядкового номера изотопа; энергия, выделяемая при β -распаде.

Компетентностно-ориентированная задача № 4.

Нарисуйте обобщённую схему β -распада, поясните обозначения на схеме.

Компетентностно-ориентированная задача № 5.

Перечислите фотонные виды ионизирующего излучения, охарактеризуйте каждый из них.

Компетентностно-ориентированная задача № 6.

Перечислите корпускулярные виды ионизирующего излучения, охарактеризуйте каждый из них.

Компетентностно-ориентированная задача № 7.

Рассчитайте полутолщину слоя поглотителя (материал – свинец), если $\mu=0,53$ см⁻¹.

Компетентностно-ориентированная задача № 8.

Рассчитайте плотность электронов P свинца, если $\rho = 11,34$ кг/дм³.

Компетентностно-ориентированная задача № 9.

Рассчитайте массовый коэффициент ослабления свинца, если $\mu=0,53$ см⁻¹ и $\rho=11,34$ кг/дм³.

Компетентностно-ориентированная задача № 10.

Рассчитайте массовый коэффициент ослабления свинца через сечение реакции $\sigma = 23,4$ б.

Компетентностно-ориентированная задача № 11.

Определить число N слоев половинного ослабления, уменьшающих интенсивность I узкого пучка γ -излучения в $k=100$ раз.

Компетентностно-ориентированная задача № 12.

Определить для бетона толщину слоя половинного ослабления $x_{1/2}$ узкого пучка γ -излучения с энергией фотонов $\varepsilon=0,6$ МэВ.

Компетентностно-ориентированная задача № 13.

На какую глубину нужно погрузить в воду источник узкого пучка γ -излучения (энергия ε гамма-фотонов равна 1,6 МэВ), чтобы интенсивность I пучка, выходящего из воды, была уменьшена в $k=1000$ раз?

Компетентностно-ориентированная задача № 14.

Интенсивность I узкого пучка γ -излучения после прохождения через слой свинца толщиной $x=4$ см уменьшилась в $k=8$ раз. Определить энергию ε гамма-фотонов и толщину $x_{1/2}$ слоя половинного ослабления.

Компетентностно-ориентированная задача № 15.

Через свинец проходит узкий пучок γ -излучения. При каком значении энергии ε гамма-фотонов толщина $x_{1/2}$ слоя половинного ослабления будет максимальной? Определить максимальную толщину x_{\max} слоя половинного ослабления для свинца.

Компетентностно-ориентированная задача № 16.

Узкий пучок γ -излучения (энергия ϵ гамма-фотонов равна 2,4 МэВ) проходит через бетонную плиту толщиной $x_1=1$ м. Какой толщины x_2 плита из чугуна дает такое же ослабление данного пучка γ -излучения?

Компетентностно-ориентированная задача № 17.

Чугунная плита уменьшает интенсивность I узкого пучка γ -излучения (энергия ϵ гамма-фотонов равна 2,8 МэВ) в $k=10$ раз. Во сколько раз уменьшит интенсивность этого пучка свинцовая плита такой же толщины?

Компетентностно-ориентированная задача № 18.

При соударении γ -фотона с дейтоном последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию γ -фотона, способного вызывать такое расщепление.

Компетентностно-ориентированная задача № 19.

Определить суммарную кинетическую энергию T ядер, образовавшихся в результате реакции $^{13}\text{C} (d, \alpha) ^{11}\text{B}$, если кинетическая энергия T_1 дейтона равна 1,5 МэВ. Ядро-мишень ^{13}C считать неподвижным.

Компетентностно-ориентированная задача № 20.

Ядро урана $^{235}_{92}\text{U}$, захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, причем освободилось два нейтрона. Одним из осколков оказалось ядро ксенона $^{140}_{54}\text{Xe}$. Определить порядковый номер Z и массовое число A второго осколка.

Компетентностно-ориентированная задача № 21.

Сколько ядер урана-235 должно делиться за время $t=1$ с, чтобы тепловая мощность P ядерного реактора была равной 1 Вт?

Компетентностно-ориентированная задача № 22.

Определить массовый расход m_t ядерного горючего ^{235}U в ядерном реакторе атомной электростанции. Тепловая мощность P электростанции равна 10 МВт. Принять энергию Q , выделяющуюся при одном акте деления, равной 200 МэВ. КПД η электростанции составляет 20%.

Компетентностно-ориентированная задача № 23.

Нарисовать схему включения счётчика ионизирующих излучений и пояснить принцип работы.

Компетентностно-ориентированная задача № 24.

Нарисовать схему включения счётчика Гейгера-Мюллера и его счётную характеристику. Пояснить принцип работы.

Компетентностно-ориентированная задача № 25.

Нарисовать схему сцинтилляционного гамма-спектрометра и пояснить принцип работы.

Компетентностно-ориентированная задача № 26.

Нарисовать схему включения полупроводникового детектора и пояснить принцип работы.

Компетентностно-ориентированная задача № 27.

Найти электрическую мощность P атомной электростанции, расходующей 0,1 кг урана-235 в сутки, если КПД η станции равен 16%.

Компетентностно-ориентированная задача № 28.

Ядро атома азота $^{13}_7\text{N}$ выбросило позитрон. Кинетическая энергия T_e позитрона равна 1 МэВ. Пренебрегая кинетической энергией ядра отдачи, определить кинетическую энергию T_ν нейтрино, выброшенного вместе с позитроном.

Компетентностно-ориентированная задача № 29.

Используя известные значения масс нейтральных атомов ^1_1H , ^2_1H , $^{12}_6\text{C}$ и электрона, определить массы m_p протона, m_d дейтона, m_α ядра $^{12}_6\text{C}$.

Компетентностно-ориентированная задача № 30.

При соударении γ -фотона с дейтоном последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию γ -фотона, способного вызывать такое расщепление.

Шкала оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи: в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 (установлено положением П 02.016).

Максимальное количество баллов за решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Балл, полученный обучающимся за решение компетентностно-ориентированной задачи, суммируется с баллом, выставленным ему по результатам тестирования.

Общий балл промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной (для экзамена) и дихотомической (для зачета) шкале следующим образом:

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо

69-50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

ИЛИ

Соответствие 100-балльной и дихотомической шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по дихотомической шкале</i>
100-50	зачтено
49 и менее	не зачтено

Критерии оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи:

6-5 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует глубокое понимание обучающимся предложенной проблемы и разностороннее ее рассмотрение; свободно конструируемая работа представляет собой логичное, ясное и при этом краткое, точное описание хода решения задачи (последовательности (или выполнения) необходимых трудовых действий) и формулировку доказанного, правильного вывода (ответа); при этом обучающимся предложено несколько вариантов решения или оригинальное, нестандартное решение (или наиболее эффективное, или наиболее рациональное, или оптимальное, или единственно правильное решение); задача решена в установленное преподавателем время или с опережением времени.

4-3 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует понимание обучающимся предложенной проблемы; задача решена типовым способом в установленное преподавателем время; имеют место общие фразы и (или) несущественные недочеты в описании хода решения и (или) вывода (ответа).

2-1 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует поверхностное понимание обучающимся предложенной проблемы; осуществлена попытка шаблонного решения задачи, но при ее решении допущены ошибки и (или) превышено установленное преподавателем время.

0 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует непонимание обучающимся предложенной проблемы, и (или) значительное место занимают общие фразы и голословные рассуждения, и (или) задача не решена.