

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

## 6 Семестр

### Раздел 1 Основные представления микрофизики. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.

#### 1.1 Контрольная работа (к.р) - 8 Неделя

##### Контрольная работа № 1

###### Вариант № 1.

1. Какие частицы являются переносчиком взаимодействия для трех видов взаимодействия? Оцените радиусы этих взаимодействий.
2. Напишите кварки, составляющие протон, нейтрон, пион.
3. От каких параметров налетающих частиц и характеристик среды зависят удельные ионизационные потери?
4. Какое ядро получится в результате ядерной реакции  ${}^5_3\text{Li} + {}^{56}_{26}\text{Fe} \rightarrow n + p + X$
5. Нарисуйте кривую Брэгга (для энергии T). Что отложено по осям x и y? Изобразите кривую Брега для энергии T/2.
6. Из каких соображений выбирается величина энергии бомбардирующих электронов-зондов для поиска частиц внутри нуклона размером порядка  $R=10^{-16}\text{см}$ ? Чему равна эта энергия?
7. Оцените толщину мишени из Pb для полной остановки пионов (масса 140 МэВ) с начальной энергией 10 ГэВ, если они будут терять свою энергию только за счет ионизации вещества-мишени.
8. Как от параметров частицы и среды зависит среднеквадратичный угол многократного рассеяния?
9. Изобразите на одном графике удельных ионизационных потерь для  $p^+$ ,  $\alpha^{++}$ ,  $\pi^+$  -мезонов.
10. При какой минимальной кинетической энергии пиона (масса 140 МэВ) будет наблюдаться черенковское излучение в плексигласе ( $n = 1.5$ ). Под каким углом к траектории пиона будет направлено излучение, если энергия пиона в 5 раз превышает пороговую энергию.

###### Вариант № 2.

1. Что такое 1 атомная ед. энергии? Вычислите ее величину (эрг, МэВ).
2. Доказать, что массивная частица ( $m \neq 0$ ) всегда движется со скоростью  $\beta < 1$ , а гамма квант (в вакууме) – со скоростью  $\beta=1$ .
$$n \rightarrow p^+ + e^- + \gamma$$
$$n \rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}$$
$$n \rightarrow e^+ + e^- + \tilde{\nu}$$
$$n \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$
3. Какие из реакций распада нейтрона разрешены:
4. Объясните поведение графика удельных ионизационных потерь, в зависимости от энергии налетающей частицы. Почему кривая удельных ионизационных потерь выходит на константу при больших энергиях ?
5. Напишите кварки, составляющие: *нейтрон*,  $\pi^+$ .
6. Изобразите на одном графике удельных ионизационных потерь для  $p^+$ ,  $\alpha^{++}$ ,  $\pi^+$  -мезонов.
7. Что такое кривая и пик Брега? Как кривая Брега связана с графиком удельных ионизационных потерь?
8. Во сколько раз отличаются удельные ионизационные потери протона (p) и дейтона (p,n) при энергии 10 МэВ в тонком слое вещества  ${}^{26}_{13}\text{Al}$

9. Свободный электрон движется с кинетической энергией  $T_e = 100$  кэВ. Оцените длину волны де-Бройля этого электрона.
10. Вычислите пороговое значения энергии налетающего протона ( $T$ ) для реакции рождения пиона на покоящемся протоне в процессе:  $p + p \rightarrow n + p + \pi$

## Раздел 2 Взаимодействие э/м излучения с веществом. Модели ядер.

### 2.1 Контрольная работа (к.р) - 15 Неделя

#### Контрольная работа № 2.

##### Вариант № 1.

1. Как зависит вероятность тормозного излучения от характеристик налетающей частицы и характеристик мишени ?
2. Изобразите графики удельных радиационных потерь энергии электронов в алюминии и свинце.
3. Возможен ли фотоэффект на свободном электроне? Докажите из кинематики 4-импульсов.
4. Изобразите график зависимости сечения фотоэффекта от энергии  $\gamma$  кванта. Как зависит сечение фотоэффекта от заряда ядра мишени?
5. Что такое характеристическое излучение и электроны Оже.
6. Ядро гелия  ${}^4_2\text{He}$  с кинетической энергией 3000 МэВ попадает в перпендикулярное магнитное поле с напряженностью 5 кГс. Оцените радиус круговой орбиты движения протона в этом поле.
7. Электроны с энергией 100 МэВ падают на свинцовую пластинку толщиной 2 см. Вычислить потерянную энергию электронов внутри пластинки.
8. Гамма квант с энергией 10 ГэВ падает на свинцовую мишень. Оцените характеристики возникающего электромагнитного каскада.
9. Как в капельной модели отражена симметрия между числом протонов и нейтронов?
10. Воспользовавшись оболочечной моделью, рассмотрите заполнение оболочек протонов и нейтронов в ядре Азот-15 и определите спин и четность основного состояния ядра азота.

##### Вариант № 2.

1. Что представляет собой процесс многократного рассеяния?
2. Как зависит сечение тормозного излучения от энергии испущенных гамма квантов и энергии налетающей частицы?
3. Как зависит  $E_{кр}$  и  $x_0$  от характеристик среды и параметров налетающей частиц?
4. Оцените соотношение между ионизационными потерями заряженной частицы и потерями энергии на черенковское излучение? Что такое черенковский счетчик? Два типа счетчиков. Чем они отличаются ?
5. Когда возникает синхротронное излучение? Опишите его основные характеристики?
6. Возможно ли тормозное излучение электрона в вакууме? Докажите из кинематики 4-импульсов.
7. Какова связь сечения комптон-эффекта на электроне и на протоне?
8. Оцените длину свободного пробега гамма кванта с энергией порядка 10 МэВ до взаимодействия в железе, если сечение взаимодействия при этой энергии составляет величину  $5 \times 10^{-23} \text{ см}^2$ .
9. Ядро гелия ( ${}^4_2\text{He}$ ) с кинетической энергией 1000 МэВ проходит через жидководородную камеру толщиной 30 см. Вычислите среднеквадратичный угол многократного рассеяния на выходе камеры.
10. Под каким углом наблюдается черенковское излучение в воде ( $n = 1.33$ ), если протоны имеют кинетическую энергию 0.7 ГэВ?

## 7 Семестр

### Раздел 1 Закономерности ядерных реакций. Нейтронная и прикладная физика

#### 1.1 Контрольная работа (к.р) - 8 Неделя

##### Контрольная работа № 1.

###### Вариант № 1.

1. Что такое энергия реакции ( $Q$ ). Что означает  $Q=0$ ,  $Q>0$ ,  $Q<0$ .
2. Напишите формулу вычисления  $T_a^{порог.}$  для ядерной реакции:  $a+B=c+D$ .
3. Что такое дефект массы. Приведите математическую формулу для вычисления дефекта массы (в энергетических единицах).
4. Что такое длина взаимодействия. Как выражается  $L$  [г/см<sup>2</sup>].
5. На какое минимальное расстояние может приблизиться дейтрон к ядру  ${}_{82}^{203}Pb$ , если энергия дейтона равна 1 МэВ.
6. Написать формулу для фотоядерных реакций.
7. Почему ядерные реакции через образование промежуточного ядра происходят за большое время  $\tau \approx 10^{-23}$  сек. Приведите качественный расчет.
8. Оцените пороговую энергию нейтрона в реакции  $n + {}^{10}B \rightarrow {}^4He + {}^7Li$
9. Допisać реакцию, с минимально допустимым числом частиц в конце  $p + p \rightarrow \tilde{n} + \dots$
10. Ядро гелия сталкивается с ядром железа при энергии 50 МэВ. Оцените максимальное значение орбитального момента, с которым ядро гелия может поглотиться ядром Fe.

###### Вариант № 2.

1. Почему при  $Q>0$  ядерная реакция происходит при маленьких (тепловых значениях) энергии налетающей частицы ( $T_1$ ).
2. Как вычисляется энергия реакции  $Q$ . Приведите три способа.
3. Напишите формулу для вычисления энергии возбуждения промежуточного ядра под действием налетающей частицы.
4. Что означает длина взаимодействия в ядерной реакции. Как выражается  $L$  [см].
5. Оценить минимальную кинетическую энергию ядер свинца для поглощения ядром урана.
6. При какой характерной энергии гамма квантов будет наблюдаться максимум в сечении фотоядерной реакции на тяжелых ядрах (Рядра  $\approx 10$  ферми).
7. Что такое прямая ядерная реакция. Оцените ее характерное время протекания.
8. Допisać реакцию, с минимально допустимым числом частиц в конце  $p + n \rightarrow \tilde{p} + \dots$

9. Ядро дейтерия (дейтон) сталкивается с ядром свинца при энергии 20 МэВ. Оцените максимальное значение орбитального момента, с которым дейтон может поглотиться ядром-мишенью Pb.
10. Ядро лития сталкивается с ядром меди при энергии 50 МэВ. Оцените максимальное значение орбитального момента, с которым ядро гелия может поглотиться ядром-мишенью Fe.

## Раздел 2 2. Закономерности радиоактивных распадов. Различные виды радиоактивности.

### 2.1 Контрольная работа (к.р) - 16 Неделя

#### Контрольная работа № 2.

##### Вариант № 1.

1. Для каких налетающих на ядра частиц можно вводить понятие геометрического сечения.
2. Оцените поведение сечения  $\sigma(n, n)$  из формулы Брейта-Вигнера в зависимости от  $T_n$  при  $T_n \rightarrow 0$ .
3. Напишите энергетическое условие возможности р/а превращения:  
 $(A_1, Z_1) \rightarrow (A_2, Z_2) + (A_3, Z_3)$
4. Напишите (получите) диф. и интегральное уравнения для цепочки р/а превращений  $1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots$ , если при  $t=0$   $N_{01} \neq 0$ ;  $N_{02} = 0$ .
5. Напишите реакцию  $\alpha$  – распада. Напишите энергетическое условие возможности  $\alpha$  – распада.
6. Почему в классической физике нельзя объяснить явление  $\alpha$  – распада ядер?
7. Как определяется четность мультиполей гамма излучения магнитного типа?
8. Алюминиевая фольга толщиной 0.1 мм облучается пучком протонов током 100 мкА. Происходит реакция  ${}^{27}_{13}\text{Al}(p, \alpha)\text{Mg}$ . Сечение реакции 50 барн. Сколько времени надо облучать фольгу, чтобы образовался 1 мкг Mg.
9. Оцените геометрическое сечение поглощения нейтронов в реакции  
 $n + {}^{203}_{92}\text{Pb} \rightarrow {}^{203}_{92}\text{Pb}^*$ , если энергия нейтронов 1 МэВ.
10. Пучек тепловых нейтронов из реактора пролетает расстояние 200 м. Какая доля нейтронов распадается на этом расстоянии.

##### Вариант № 2.

1. В каких случаях можно использовать формулы  $\sigma = \pi \lambda^2$  и  $\sigma = \pi R^2$
2. Оцените поведение сечения  $\sigma(n, \gamma)$  из формулы Брейта-Вигнера в зависимости от  $T_n$  при  $T_n \rightarrow 0$ .
3. Вывести (получить) дифференциальное и интегральное уравнение для р/а распада вещества.
4. Что такое вековое уравнение? Для чего его обычно применяют?
5. Как можно вычислить энергию  $\alpha$  – распада ( $E_\alpha$ ) ?
6. Сколько существует видов  $\beta$  – распада. Напишите примеры реакции  $\beta$  – распада.
7. Какова активность 1 грамма 40-К ? (Кюри, Беккерель).
8. Как определяется четность мультиполей гамма излучения электрического типа?

9. Медная мишень толщиной 0.05 мм облучается пучком протонов током 10 мкА. Происходит реакция  ${}^{63}_{29}\text{Cu}(p, \alpha){}^{60}_{28}\text{Ni}$ . Сечение реакции 100 барн. Сколько времени надо облучать фольгу, чтобы образовался 10 мкг Ni.
10. Пучек закадмиевых нейтронов ( $T_n = 0.1$  эВ) из реактора пролетает расстояние 500 м. Какая доля нейтронов распадается на этом расстоянии.



## 6 Семестр

### Экзамен

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Единицы измерения в ядерной физике.
2. Основные представления ядерной физики.
3. Квантовые числа  $B$ ,  $Q$ ,  $L$  для описания законов сохранения в ядерных реакциях.
4. Релятивистские формулы. Описание и константы в разных видах взаимодействия.
5. Ионизационные потери энергии заряженных частиц.
6. Зависимость уд. ионизационных потерь от параметров частицы и характеристик среды.
7. Эффект плотности для больших энергий.
8. Кривые Брега, Ландау. Стратглинг при пробеге.
9. Пробег частиц разных энергий.
10. Понятие о диаграммах Фейнмана. Описание разных процессов.
11. Многократное рассеяние заряженных частиц.
12. Движение заряженных частиц в поперечном магнитном поле.
13. Черенковское излучение.
14. Синхротронное излучение и его свойства.
15. Взаимодействие гамма-квантов с веществом.
16. Зависимость сечений взаимодействия (фото-, комптон-, рождение пар) от  $E$  и параметров среды.
17. Радиационное торможение заряженных частиц.
18. Зависимость сечения тормозного излучения от  $E$ ,  $m$ ,  $Z$ -частицы и параметров среды.
19. Критическая энергия и рад. ед. длины. Зависимость от характеристик частицы и среды.
20. Каскадные ливни. Критическая энергия. Радиационная единица длины.
21. Вывод формулы  $E_{\gamma}' = f(E_{\gamma}, \theta)$  для Комптон-эффекта.
22. Характеристики атомных ядер.
23. Измерение масс ядер с помощью масс-спектрометра. Изотопы.
24. Электрический заряд. Кварки. Сохранение электрического заряда в яд. реакциях.
25. Методы измерения электрического заряда.
26. Методы измерения размеров ядер. Связь радиуса ядра с массовым числом  $A$ .
27. Форма ядер. Квадрупольный момент. Методика измерения  $Q$ .
28. Закон сохранения пространственной четности в яд. реакциях. Четность сложной системы.
29. Закон сохранения момента количества движения в ядерных реакциях.
30. Энергия связи ядер.
31. Удельная энергия связи. Зависимость уд. энергии от массового числа  $A$ .
32. Выделение энергии в реакциях деления и синтеза.
33. Капельная модель ядра. Формула для вычисления энергии связи ядер  $E_{св}(A, Z)$ .
34. Оболочечная модель ядра.
35. Вычисление спина ядра и четности для основного состояния ядер.

#### **Методика оценки результатов сдачи экзамена**

Максимальная сумма баллов за экзамен – 50.

**“Отлично” (45-50 баллов)** – обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

**“Хорошо” (35-44 баллов)** – обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

**“Удовлетворительно” (30-34 баллов)** - обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

**“Неудовлетворительно” (ниже 30 баллов)** – обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практическими задания, задачи.

## 7 Семестр

### Зачет

#### Вопросы к зачету

1. Правила написания ядерных реакций с учетом сохранения квантовых чисел (B,L,Z).
2. Барьеры при осуществлении ядерных реакций (кулоновский, центробежный, квантовый).
3. Механизмы ядерных реакций, их особенности.
4. Модель промежуточного ядра.
5. Ядерные реакции: порог, энергия возбуждения. Типы реакций.
6. Длина взаимодействия. Каналы реакций.
7. Формула Брейта-Вигнера, ее применение.
8. Особенности поведения сечений реакций в области малых энергий (упругие,  $Q>0$ ,  $Q<0$ ) на примере взаимодействия нейтронов, с использованием формулы Брейта-Вигнера.
9. Получить поведение сечений для реакций  $(n,n)$ ,  $(n,\gamma)$  на основе формулы Брейта-Вигнера при  $T_n \rightarrow 0$ .
10. Геометрическое сечение взаимодействия нейтронов.
11. Модель составного ядра: угловые и энергетические характеристики продуктов реакции.
12. Импульсная диаграмма для упругого рассеяния частиц
13. Ядерные реакции при высоких энергиях. Энергетический порог рождения частиц, например пи-мезонов.
14. Гамма излучение ядер.
15. Правила перехода при гамма излучении.
16. Метастабильное состояние ядер. Явление внутренней конверсии.
17. Альфа радиоактивность: основные закономерности, тонкая структура альфа спектров.
18. Слабое взаимодействие. Три вида бета распада.
19. Энергетическое условие осуществления бета распада. Разрешенные и запрещенные переходы.
20. Бета спектр. Нейтрино при бета распаде.
21. Характеристики нейтронов. Качественные закономерности процессов замедления, диффузии.
22. Особенности процессов замедления нейтронов на легких и тяжелых ядрах.
23. Методы регистрации одиночных нейтронов и больших потоков нейтронов.
24. Получение нейтронов разных энергий.
25. Физика деления ядер.
26. Особенности деления ядер урана-235 и урана-238 под действием нейтронов разных энергий.
27. Запавывающие нейтроны и их роль в управлении реактором.

28. Цепная ядерная реакция. Ядерный реактор.

#### **Методика оценки результатов сдачи зачета**

Максимальная сумма баллов за зачет – 50.

**«ОТЛИЧНО»** (45-50 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопрос, четко формулирует ответ и решает задачу в полном объеме.

**«ХОРОШО»** (35-44 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценный ответ на вопрос; не допускает серьезных ошибок при решении задачи.

**«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (30-34 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов; способен решать задачу не в полном объеме.

**«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (ниже 30 баллов) - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета; не способен ответить на вопрос даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора; не может решить задачу.