

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Методические указания по выполнению практических занятий

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Тема 1. Масштабы явлений в микромире.	6
Тема 2. Свойства атомных ядер. Часть 1.....	6
Тема 3. Свойства атомных ядер. Часть 2.....	7
Тема 4. Модели атомных ядер.....	9
Тема 5. Радиоактивный распад. Часть 1.....	10
Тема 6. Радиоактивный распад. Часть 2.....	12
Тема 7. Ядерные реакции.....	14
Тема 8. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	16
Тема 9. Свойства частиц и взаимодействий.	17
Тема 10. Сильные взаимодействия.	18
Тема 11. Электромагнитные и слабые взаимодействия частиц.	20
Тема 12. Современные астрофизические представления.	21

Введение

Процесс решения задач служит одним из средств овладения системой научных знаний по тому или иному учебному предмету. Особенно велика его роль при обучении физике, где задачи выступают действенным средством формирования основополагающих физических знаний и учебных умений. В процессе решения студенты овладевают методами исследования различных явлений природы, знакомятся с новыми прогрессивными идеями и научными открытиями, с новыми профессиями.

Систематическое решение задач способствует развитию мышления студентов, воспитывает трудолюбие, настойчивость и является хорошим средством контроля за знаниями, умениями и навыками.

Основными **целями** изучения курса являются:

- освоение основных положений ядерной физики, физики элементарных частиц, а также их космологические аспекты;
- овладение навыками экспериментальной ядерной физики и физики частиц;
- развитие интеллектуальных и творческих способностей, самостоятельности при решении физических задач и выполнении экспериментальных исследований;
- воспитание убежденности в возможности познания природы, в необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества, уважения к творцам науки и техники.

Достижение поставленных целей осуществляется путем комплексного преподавания дисциплины, что включает в себя:

- ознакомление в рамках лекционного курса с основными представлениями ядерной физики (строение и свойства атомных ядер, радиоактивный распад, ядерные реакции, взаимодействие ядерного излучения с веществом), физики частиц (свойства частиц и взаимодействий, эксперименты в физике высоких энергий), а также современными астрофизическими представлениями (эволюция и состав Вселенной, нуклеосинтез в звездах, космические лучи);
- решение на практических занятиях физических задач по курсу;

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-2_{ук-1} осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации

ИД-3_{ук-1} определяет и оценивает риски возможных вариантов решений проблемной ситуации, выбирает оптимальный вариант её решения.

ИД-1_{опк-1}

использует знания физических законов, процессов, явлений, а также поведение физических объектов при различных внешних условиях, при решении задач в своей профессиональной

деятельности.

ИД-2_{опк-1}

использует математический аппарат и методы математического и численного моделирования

для описания, анализа, теоретического и

экспериментального исследования физических систем, явлений и процессов в своей профессиональной деятельности.

ИД-3_{опк-1}

способен сформулировать и решить задачу в своей профессиональной деятельности, опираясь на свои знания в области физико-математических и естественных наук.

ИД-1_{опк-2}

проводит научные исследования физических объектов и процессов с помощью экспериментальных методов исследования, а также с использованием теоретического анализа и математического и численного моделирования;

ИД-2_{ОПК-2}

проводит обработку полученных экспериментальных данных с использованием методов теории обработки результатов экспериментальных измерений, а также согласно требований нормативных документов

ИД-3_{ОПК-2}

проводит анализ полученных результатов, а также составляет отчет по учебно-исследовательской деятельности, с учетом требований представления результатов исследований, сопоставляя их с известными аналогами

ИД-4_{ОПК-2}

грамотно представляет результаты теоретического и экспериментального исследования в отчетных материалах.

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

В результате освоения дисциплины студент должен продемонстрировать:

Готовность осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации в области оптики для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации

Готовность определять и оценивать риски возможных вариантов решений проблемной ситуации, выбор оптимального варианта её решения.

Готовность применять основные законы физической оптики и активно применять эти знания для решения фундаментальных задач в своей профессиональной деятельности.

Готовность использовать математический аппарат физической оптики для описания экспериментального исследования физических систем в своей профессиональной деятельности.

Способен сформулировать и решить задачу в своей профессиональной деятельности, опираясь на свои знания в области физической оптики.

Готовность проводить научные исследования физических объектов с помощью экспериментальных методов исследования физической оптики.

Готовность проводить обработку полученных экспериментальных данных с использованием методов теории обработки результатов экспериментальных измерений, а также согласно требований нормативных документов.

Готовность проводить анализ полученных результатов, а также составлять отчет по учебно-

исследовательской деятельности, с учетом требований представления результатов исследований, сопоставляя их с известными аналогами.

Готовность грамотно представлять результаты экспериментального исследования в отчетных материалах.

Готовность оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов в области физической оптики по тематике исследования.

Цель данного практикума – описание последовательности, основного содержания, методики выполнения практических занятий по учебному курсу и (или) самостоятельной подготовки к ним. Занятия проводятся в форме практического занятия.

При решении задач практического занятия следует выполнять следующие правила оформления:

1. Условия задач переписываются полностью без сокращений. Обязательно записывается номер задачи с указанием номера практического занятия.

2. Текст и графики должны быть выполнены без помарок и исправлений. Допускается оформление на компьютере.

3. Необходимо указать основные законы и формулы, на которых базируется решение, и дать формулировку этих законов, разъяснив буквенные обозначения формул. Если при решении задач применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь

физический закон или не являющаяся определением физической величины, то следует привести ее вывод.

4. Рекомендуется сделать чертеж, эскизный рисунок или построить график, поясняющий содержание задачи или ход решения.

5. Решения задач должны сопровождаться исчерпывающими, но краткими словесными объяснениями, раскрывающими физический смысл употребляемых формул.

6. Необходимо решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи или введенных самостоятельно.

7. Ответ задачи в общем виде и числовое значение искомой величины с обязательным указанием размерности, предваряемые словом «**ОТВЕТ:**», записываются отдельно после решения. Решения отдельных задач разделяются.

8. В случае если задание при проверке не зачтено, студент обязан представить его на повторную проверку, включив в его те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с незачтенной работой.

9. Студент должен быть готов дать устные пояснения по существу решения задач, входящих в его расчетное задание.

10. При несоответствии оформления работы указанным требованиям она не будет зачтена.

Тема 1. Масштабы явлений в микромире.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Масштабы явлений микромира.
2. Единицы измерения величин в субатомной физике.
3. Константа конверсии.
4. Основные соотношения релятивистской физики.

Задачи для решения на занятии:

1. Рассчитать кинетическую энергию электрона, имеющего длину волны 1 Фм.
2. Сравнить приведенные длины волн электрона и протона с одинаковыми кинетическими энергиями 100 МэВ.
3. Определить полную E и кинетическую энергию T электрона, приведенная длина волны которого равна 10^{-2} Фм.
4. Чему равна скорость частицы v , кинетическая энергия T которой равна ее энергии покоя mc^2 ?

Задачи для самостоятельного решения:

[3] № 5.29-5.34, 5.38-5.42.

Методические рекомендации.

При рассмотрении вопросов данной темы необходимо провести сравнительный анализ масштабов величин используемых в ядерной физике с макроскопическими параметрами физических систем. Поскольку законы ядерной физики в корне отличаются от законов классической физики, необходимо рассмотреть экспериментальные факты, и основные линии дискуссий, которые, в конечном итоге, и привели к пересмотру классических представлений. Необходимо уяснить, что изучение структуры любого тела требует “микроскопов” с длинами волн, меньшими, чем размеры исследуемых объектов. Длина волны как излучения, так и любой частицы связана с импульсом известным соотношением (для частиц с ненулевой массой покоя введенным де-Бройлем). Характерные линейные размеры даже самых “крупных” объектов субатомной физики - атомных ядер с большим количеством нуклонов A , имеют порядок около 10-12 см. Экспериментальное исследование объектов с такими размерами требует создания пучков частиц больших энергий.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 2. Свойства атомных ядер. Часть 1.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Опыт Резерфорда. Размеры ядер.
2. Ядро как совокупность протонов и нейтронов.
3. Распределение заряда в ядре.
4. Масса и энергия связи ядра.
5. Энергия отделения нуклонов и кластеров от ядра.

Задачи для решения на занятии:

1. Золотая пластинка толщиной $l = 1$ мкм облучается пучком α - частиц с плотностью потока $j = 10^5$ частиц/см²·с. Кинетическая энергия α - частиц $T = 5$ МэВ. Сколько α - частиц на единицу телесного угла падает в секунду на детектор, расположенный под углом $\theta = 170^\circ$ к оси пучка? Площадь пятна пучка на мишени $S = 1$ см².
2. Эмпирическая зависимость радиуса ядра R от числа нуклонов A ($A > 10$) $R \approx r_0 A^{1/3}$. Параметр r_0 $1.23 \cdot 10^{-13}$ см = 1.23 Фм приблизительно одинаков для всех ядер. Оценить радиусы атомных ядер ^{27}Al , ^{90}Zr , ^{238}U .
3. Оценить плотность ядерного вещества, концентрацию нуклонов и объемную плотность электрического заряда в ядре.
4. Масса нейтрального атома ^{16}O $m_{\text{ат}}(A, Z) = 15.9949$ а.е.м. Определить удельную энергию связи ε ядра ^{16}O .
5. Найти энергию отделения -частицы от ^{12}C .

Задачи для самостоятельного решения:

[1] №6.280, 6.282, 6.283, 6.284.

Методические рекомендации.

Необходимо отметить, что поскольку распределение плотности заряда и массы близки, но не совпадают друг с другом, отличаются также и зарядовый и массовый радиусы. Однако в приближенных расчетах можно считать эти величины совпадающими, что одновременно означает независимость средней плотности ядра от массового числа. Нужно помнить, что поскольку энергии связи нуклонов в ядре на 5 - 6 порядков превышают энергии связи электронов в атомах, это приближение не скажется на точности дальнейших расчетов энергий связи ядер.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 3. Свойства атомных ядер. Часть 2.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-

вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Спин ядра и моменты импульсов составляющих ядро нуклонов.
2. Четность ядерных состояний.
3. Изоспин нуклонов и ядер. Спектры ядер.
4. Электромагнитные моменты ядра и нуклонов.

Задачи для решения на занятии:

1. Найти возможные значения полного момента j нейтрона с орбитальным моментом 3. Определить для каждого значения полного момента все возможные значения проекции на выделенную ось.
2. Определить возможные значения спина ядра, состоящего из двух протонов и двух нейтронов в состояниях с орбитальными моментами, равными нулю. Считать все нуклоны находящимися в одном (низшем из возможных) энергетическом состоянии.
3. Доказать, что орбитальный момент дейтрона может принимать только два значения: 0 либо 2.
4. Определить изоспин основного состояния и проекцию изоспина для ядра ^{48}Ca .
5. Рассчитать значения магнитных моментов электрона, протона и нейтрона в системах координат, связанных с каждой из частиц.
6. Определить число линий сверхтонкого расщепления, возникающее за счет взаимодействия магнитного момента ядра с магнитным полем, созданным электронной оболочкой атома. Применить результат к определению спина ядра ^{39}K , если момент электронной оболочки атома кальция равен $5/2$, а число уровней сверхтонкого расщепления равно 4.
7. Известно, что внутренний электрический квадрупольный момент Q_0 ядра ^{175}Lu равен $+5.9 \text{ Фм}^2$. Какую форму имеет это ядро? Чему равен параметр деформации этого ядра?

Задачи для самостоятельного решения:

[2] №10.18, 10.19, 10.23, 10.24.

Методические рекомендации.

Основное и возбужденные состояния ядра и других квантовых систем характеризуется значениями моментов количества движения. Если ядро близко к сферическому, соответствующий ему гамильтониан коммутирует с оператором квадрата момента, что означает, что собственные значения этого оператора являются “хорошими квантовыми числами”, т.е. сохраняются. Как правило, ядерный гамильтониан коммутирует также с оператором проекции момента на одну из осей (в качестве этой оси обычно выбирают ось z). Необходимо подчеркнуть, что результаты сложения квантовых векторов отличаются от результатов сложения векторов в классической физике. **Квантовый вектор** может пробегать лишь дискретный ряд значений (через единицу). Число разных возможных значений вектора F зависит от того, какой из входящих в него векторов больше. Если гамильтониан системы коммутирует с оператором пространственного отражения, четность системы является “хорошим квантовым числом”, т.е. сохраняется. Для сильных и электромагнитных взаимодействий это выполняется, поэтому (с точностью до малых добавок, связанных со слабыми взаимодействиями) ядерные состояния имеют определенную четность.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 4. Модели атомных ядер.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Модель заряженной жидкой капли. Формула Вайцзеккера.
2. Модель оболочек. Физическое обоснование оболочечной модели ядра.
3. Потенциал среднего ядерного поля.
4. Спин-орбитальное взаимодействие.
5. Одночастичные состояния в ядерном потенциале.
6. Модель оболочек для средних и тяжелых ядер. Роль кулоновского взаимодействия.
7. Модель коллективных ядерных колебаний. Вращательные спектры ядер.

Задачи для решения на занятии:

1. Для ядра ^{60}Co оценить вклады отдельных членов формулы Вайцзеккера в суммарную энергию связи.
2. Оценить изменение энергии связи ядра при делении тяжелого ядра на два одинаковых ядра-осколка. Рассмотреть случай $A = 240$, $Z = 92$.
3. Оценить значение зарядового числа Z , при котором ядра становятся нестабильными по отношению к спонтанному распаду.
4. Нейтрон и протон находятся в состояниях с $|l, s, j\rangle_n = |1, 1/2, 3/2\rangle$, $|l, s, j\rangle_p = |1, 1/2, 3/2\rangle$. Какие значения может иметь полный момент системы j ?
5. Два нейтрона находятся в состояниях $|l, s, j\rangle_1 = |1, 1/2, 3/2\rangle$ и $|l, s, j\rangle_2 = |1, 1/2, 3/2\rangle$. Какие значения может иметь полный момент системы j ?
6. Сколько нуклонов может находиться в состоянии $\Lambda = 1$ при $j = l + 1/2$ и $j = l - 1/2$?
7. Провести заполнение оболочек с $\Lambda = 2$. Указать, каким ядрам соответствуют полностью заполненные подоболочки для $\Lambda = 2$.
8. Определить по модели оболочек спины и четности ядер ^{13}C и ^{17}O в основных состояниях. Сравнить результат с экспериментальными данными.
9. Определить спин и четность основного состояния ядра ^7Li .
10. Определить спины и четности возбужденных состояний ядра ^{12}C , которые возникают в результате перехода нуклона из замкнутой подоболочки $1p_{3/2}$ в следующую $1p_{1/2}$ подоболочку.
11. Определить спин и четность низшего по энергии частично-дырочного возбужденного состояния ядра ^{16}O . По экспериментальному спектру энергий возбуждения указать энергию этого состояния.
12. Составить конфигурацию основного состояния магического ядра ^{90}Zr .
13. Указать конфигурационную схему основного состояния ядра ^{91}Nb и сравнить спин и четность, полученные в рамках ОМО, с экспериментальным результатом.
14. Какие спины и четности в рамках ОМО должны иметь ядра ^{89}Y и ^{89}Zr в основном состоянии? Сравнить результат с экспериментальными данными.

1,229	—————	4^+
1,133	—————	0^+
1,127	—————	2^+

————— 2^+

0,000	—————	0^+
Е, МэВ	$^{106}_{46}\text{Pd}$	J^P

Спектр возбужденных состояний
ядра ^{106}Pd .

15. Показать, что спектр возбужденных состояний деформированного ядра ^{180}Hf представляет собой «вращательную полосу».
16. На схеме показан спектр возбужденных состояний ядра ^{106}Pd . Оценить энергию первого возбужденного состояния 2^+ .

Задачи для самостоятельного решения:

[2] №10.31, 10.32, 10.33, 10.34,

Методические рекомендации.

При рассмотрении вопросов данной темы нужно опираться на экспериментально установленное распределение удельных энергий связи ядер по значениям чисел нуклонов в ядре A имеет следующие характерные черты:

1. В широкой области ядер удельная энергия связи ε очень слабо зависит от A ;
2. Для ядер с малыми A удельная энергия имеет “спад”.
3. Для тяжелых ядер средняя удельная энергия связи меньше, чем для средних, причем с ростом A наблюдается снижение ее величины.
4. Для ядер с $Z = N$ удельная энергия выше, чем для других ядер с тем же значением A .
5. Четно-четные (по Z и N) ядра имеют в среднем большие значения ε , чем нечетно-четные, а нечетно-нечетные - меньшие.

Первая из перечисленных (и главная) особенность распределения удельных энергий связи ядер - следствие насыщения ядерных сил. Вторая связана с тем, что связи нуклонов, находящихся на поверхности ядра, с другими нуклонами ядра не полностью насыщены. Чем больший процент нуклонов находится на поверхности ядра, тем больше “убыль” энергии насыщения. (Этими особенностями ядерные силы оказываются подобны силам, действующим между молекулами жидкости). Третья особенность распределения ε объясняется тем, что протоны ядер участвуют не только в сильном (ядерном), но и в электромагнитном взаимодействии. Чем больше протонов, тем выше энергия кулоновского отталкивания. Четвертая и пятая особенности распределения - следствия оболочечной структуры ядра и симметрий, связанных с реализацией в ядре принципа Паули. Учет всех перечисленных свойств приводит к полуэмпирической формуле Вайцзеккера, или модели заряженной жидкой капли. Модель оболочек является в настоящее время наиболее развитой и успешной из ядерных моделей. С ее помощью удастся понять, почему для некоторых ядер удельные энергии связи и, особенно, энергии отделения нуклонов превышают те же величины для ядер с близкими значениями Z и A . Ядра, для которых этот эффект проявляется особенно ярко - т.е. ядра, значительно более устойчивые, чем их “соседи”, - называются **магическими ядрами**. У этих ядер числа протонов Z либо числа нейтронов $N = A - Z$ равны одному из следующих чисел: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 - т.н. **магическим числам**. Ядра, у которых и число протонов и число нейтронов - магические числа, называются дважды магическими и обладают особой устойчивостью. Однако и ряд других ядер, например, среди легких ядер, ядра ^{12}C , ^{28}Si также имеют значительно большие, чем соседние ядра, значения энергий отделения нуклонов.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 5. Радиоактивный распад. Часть 1.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по

теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Статистический характер распада.
2. Закон радиоактивного распада.
3. Период полураспада. Активность.
4. Радиоактивные семейства.
5. Искусственная радиоактивность.

Задачи для решения на занятии:

1. Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 сут, распадется за месяц?
2. При изучении β -распада ^{23}Mg в момент $t=0$ был включен счетчик. К моменту $t_1=2,0$ с он зарегистрировал N_1 β - частиц, а к моменту $t_2=3t_1$ в 2,66 раза больше. Найти среднее время жизни данных ядер.
3. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного иода ^{131}I в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа ^{131}I равен 193 часам.
4. Активность препарата ^{32}P равна 2 мКи. Сколько весит такой препарат?
5. Определить возраст древних деревянных предметов, если удельная активность изотопа ^{14}C у них составляет $\eta=3/5$ удельной активности этого же изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ^{14}C равен 5570 лет.
6. Вычислить удельные активности ^{24}Na и ^{235}U , периоды полураспада которых равны 15 ч и $7,1 \cdot 10^8$ лет.
7. Удельная активность препарата, состоящего из активного кобальта ^{58}Co и неактивного ^{59}Co , составляет $2,2 \cdot 10^{12}$ Бк/г. Период полураспада ^{58}Co равен 71,3 суток. Найти отношение массы активного кобальта в этом препарате к массе препарата.
8. Радиоизотоп ^{32}P , период полураспада которого $T=14,3$ сут, образуется в ядерном реакторе со скоростью $q=2,7 \cdot 10^9$ ядер/с. Через сколько времени после начала образования этого радиоизотопа его активность станет $A=1,0 \cdot 10^9$ Бк?
9. Ядра A_1 с постоянной распада λ_1 превращаются в ядра A_2 с постоянной распада λ_2 . Считая, что в начальный момент препарат содержал только ядра A_1 в количестве N_{10} . Найти:
 - а) закон накопления ядер A_2 со временем;
 - б) промежуток времени, через который количество ядер A_2 достигнет максимума.
10. Решить предыдущую задачу, если $\lambda_1=\lambda_2=\lambda$.
11. Радиоактивные ядра A_1 испытывают превращения по цепочке $A \rightarrow A_2 \rightarrow A_3$ (стабильные) с соответствующими постоянными распада λ_1 и λ_2 . В начальный момент препарат содержал только ядра A_1 в количестве N_{10} . Найти закон накопления стабильных ядер A_3 .
12. Радиоактивные ядра ^{210}Bi распадаются по цепочке $^{210}\text{Bi} \xrightarrow{\lambda_1} ^{210}\text{Po} \xrightarrow{\lambda_2} ^{206}\text{Pb}$ (стабильные), где постоянные распада $\lambda_1=1,6 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ и $\lambda_2=5,8 \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$. Вычислить α - и β -активности препарата ^{210}Bi массы 1,00 мг через месяц после его изготовления.

Задачи для самостоятельного решения:

- [1] №6.241, 6.243, 6.244, 6.245, 6.248, 6.250,
 [2] №11.20, 11.21, 11.23.

Методические рекомендации.

При изучении вопросов данной темы главным является понимание того что закон радиоактивного распада выполняется только для большого числа частиц. Индивидуальное ядро ведет себя совершенно случайным образом.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 6. Радиоактивный распад. Часть 2.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

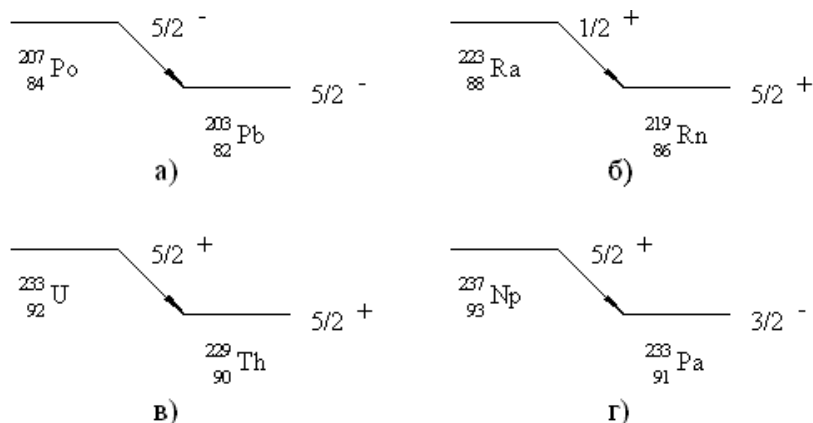
Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Виды распада. α -Распад.
2. Туннельный эффект. Зависимость периода α -распада от энергии α -частиц.
3. β -Распад. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
4. Разрешенные и запрещенные β -переходы.
5. Несохранение четности в β -распаде.
6. γ -Излучение ядер.
7. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия.
8. Внутренняя конверсия. Эффект Мёссбауэра.

Задачи для решения на занятии:

1. Покоившееся ядро ^{200}Po испустило α -частицу с кинетической энергией $T_\alpha=5,77$ МэВ. Найти скорость отдачи дочернего ядра. Какую долю полной энергии, освобождаемой в этом процессе, составляет энергия отдачи дочернего ядра?
2. Определить количество тепла, которое выделяет 1,00 мг препарата ^{210}Po за период, равный среднему времени жизни этих ядер, если испускаемые α -частицы имеют кинетическую энергию 5,3 МэВ и практически все дочерние ядра образуются непосредственно в основном состоянии.
3. Распад ядер ^{226}Th происходит из основного состояния и сопровождается испусканием α -частиц с энергией 6,33; 6,23; 6,10; и 6,03 МэВ. Рассчитать и построить схему уровней дочернего ядра.
4. При распаде ^{212}Po испускаются четыре группы α -частиц: основная с энергией 8,780 МэВ и длиннопробежные с энергиями 9,492; 10,422; и 10,542 МэВ. Рассчитать и построить схему уровней ядра ^{212}Po , если известно, что дочерние ядра во всех случаях возникают непосредственно в основном состоянии.
5. Определить орбитальный момент l , уносимый α -частицей в следующих распадах:



- Найти энергию Q , выделяющуюся при β^- и β^+ -распадах и при К-захвате, если известны массы материнского атома M_M , дочернего атома M_D и электрона m .
- Найти с помощью табличных значений масс нуклидов максимальную кинетическую энергию β -частиц, испускаемых ядрами ^{10}Be , и соответствующую кинетическую энергию дочерних ядер, образующихся непосредственно в основном состоянии.
- Оценить количество тепла, выделенного за сутки в калориметре β^- -активным препаратом ^{24}Na массы $m=1,0$ мг. Считать, что все β -частицы в среднем имеют кинетическую энергию, равную $1/3$ максимально возможной при данном распаде. Период полураспада ^{24}Na равен $T=15$ ч.
- Найти кинетическую энергию ядра отдачи при позитронном распаде ядра ^{13}N , если энергия позитрона максимальна.
- Показать, что в случае α -распада ^{42}Sc имеет место разрешенный переход типа Ферми, а ^{32}P - типа Гамова-Теллера.
- Определить с помощью табличных значений масс нуклидов скорость ядра, возникающего в результате К-захвата в нуклиде ^7Be , если дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии.
- Для ядра ^{17}Ne определить максимальную энергию запаздывающих протонов, вылетающих из ядра ^{17}F , образующегося в результате e -захвата на ядре ^{17}Ne . Энергии связи $E_{\text{св}}(^{17}\text{Ne}) = 112.91$ МэВ, $E_{\text{св}}(^{17}\text{F}) = 128.23$ МэВ и $E_{\text{св}}(^{16}\text{O}) = 126.63$ МэВ.
- Определить типы и мультипольности γ -переходов:
 - $1^- \rightarrow 0^+$,
 - $1^+ \rightarrow 0^+$,
 - $2^- \rightarrow 0^+$,
 - $2^+ \rightarrow 3^-$,
 - $2^+ \rightarrow 3^+$,
 - $2^+ \rightarrow 2^+$.
- Свободное покоившееся ядро ^{191}Ir с энергией возбуждения $E=129$ кэВ перешло в основное состояние, испустив γ -квант. Вычислить относительное изменение энергии γ -кванта, возникающее в результате отдачи ядра.
- На какую минимальную высоту необходимо поднять источник γ -квантов, содержащий возбужденные ядра ^{67}Zn , чтобы при регистрации на поверхности Земли гравитационное смещение линии Мёссбауэра превзошло ширину этой линии? Известно, что регистрируемые γ -кванты имеют энергию $\varepsilon=93$ кэВ и возникают при переходе ядер ^{67}Zn в основное состояние, а среднее время жизни возбужденного состояния $\tau=14$ мкс.

Задачи для самостоятельного решения:

[1] №6.261, 6.262, 6.266, 6.269, 6.272.

[2] №11.30, 11.31, 11.37, 11.38, 11.42, 11.43, 11.47.

Методические рекомендации.

При изучении вопросов данной темы главным является понимание того что закон радиоактивного распада выполняется только для большого числа частиц. Индивидуальное ядро ведет себя совершенно случайным образом.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 7. Ядерные реакции.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц.
2. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций.
3. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций.
4. Механизмы ядерных реакций.
5. Модель составного ядра.
6. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вигнера.
7. Прямые ядерные реакции.
8. Оптическая модель ядра. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами.
9. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами.
10. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы.
11. Реакции синтеза лёгких ядер. Термоядерная энергия.
12. Трансурановые элементы. Сверхтяжёлые ядра.

Задачи для решения на занятии:

1. Известны энергии связи E_1 , E_2 , E_3 и E_4 ядер в реакции $A_1 + A_2 \rightarrow A_3 + A_4$. Найти энергию этой реакции.
2. Считая, что в одном акте деления ядра ^{235}U освобождается энергия 200 МэВ, определить:
 - а) энергию, выделяющуюся при сгорании одного килограмма ^{235}U , и массу каменного угля с теплотворной способностью 30 кДж/г, эквивалентную в тепловом отношении одному килограмму ^{235}U ;
 - б) массу изотопа ^{235}U , подвергшегося делению при взрыве атомной бомбы с тротильным эквивалентом 30 килотонн, если тепловой эквивалент тротила равен 4,1 кДж/г.
3. Определить энергию реакции $^7\text{Li} + p \rightarrow 2\ ^4\text{He}$, если энергия связи на один нуклон в ядрах ^7Li и ^4He равны 5,60 и 7,06 МэВ.
4. Рассчитать пороговую энергию фотонов в реакции фоторасщепления $\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{11}\text{B} + p$.
5. Определить пороги $T_{\text{пор}}$ реакций фоторасщепления ^{12}C :
 $\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{11}\text{C} + n$, $\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{11}\text{B} + p$, $\gamma + ^{14}\text{C} \rightarrow ^{12}\text{C} + n + n$
6. Определить пороги реакций: $^7\text{Li}(p, \alpha)^4\text{He}$ и $^7\text{Li}(p, \gamma)^8\text{Be}$.
7. Возможны ли реакции: $\alpha + ^7\text{Li} \rightarrow ^{10}\text{B} + n$; $\alpha + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + d$ под действием α -частиц с кинетической энергией $T = 10$ МэВ?
8. Какую минимальную кинетическую энергию в практической системе T_{min} должен иметь нейтрон, чтобы стала возможной реакция $^{16}\text{O}(n, \alpha)^{13}\text{C}$?

9. Найти энергию реакции $^{14}\text{N}(\alpha, p)^{17}\text{O}$, если кинетическая энергия налетающей α -частицы $T_\alpha = 4,0$ МэВ и протон, вылетевший под углом $\theta = 60^\circ$ к направлению движения α -частицы, имеет кинетическую энергию $T_p = 2,09$ МэВ.
10. Альфа-частица с кинетической энергией $T = 5,3$ МэВ возбуждает реакцию $^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$, энергия которой $Q = +5,7$ МэВ. Найти кинетическую энергию нейтрона, вылетевшего под прямым углом к направлению движения α -частицы.
11. Протоны с кинетической энергией $T = 1,0$ МэВ бомбардируют литиевую мишень, возбуждая реакцию $p + ^7\text{Li} \rightarrow 2\ ^4\text{He}$. Найти кинетическую энергию каждой α -частицы и угол между направлениями их разлета, если разлет произошел симметрично по отношению к направлению налетающих протонов.
12. Определить возможные значения орбитального момента дейтрона в реакции срыва, если орбитальный момент протона равен 0.
13. С какими орбитальными моментами l_p могут вылетать протоны в реакции $^{12}\text{C}(\gamma, p)^{11}\text{B}$, если: 1) конечное ядро образуется в основном состоянии, а поглотился E2- фотон; 2) конечное ядро образуется в состоянии $1/2^+$, а поглотился M1- фотон; 3) конечное ядро образуется в основном состоянии, а поглотился E1- фотон?
14. В результате поглощения ядром ^4He -кванта вылетает нейтрон с орбитальным моментом $l_n = 2$. Определить мультипольность -кванта, если конечное ядро образуется в основном состоянии.
15. Определить орбитальный момент дейтрона l_d в реакции подхвата $^{15}\text{N}(n, d)^{14}\text{C}$, если орбитальный момент нейтрона $l_n = 0$.
16. Рассчитать интегральное эффективное сечение поглощения быстрых нейтронов ядрами свинца.
17. Вычислить сечение рассеяния -частицы с энергией 3 МэВ в кулоновском поле ядра ^{238}U в интервале углов от 150° до 170° .
18. Определить активность препарата золота - 198, наведенную при облучении образца золота - 197 массой 0.1 г в потоке тепловых нейтронов $10^{12}\text{ см}^{-2}\text{ сек}^{-1}$ в течение 1 часа. Эффективное сечение активации золота тепловыми нейтронами составляет 97 барн.
19. Рассчитать интенсивность пучка нейтронов J , которым облучали пластинку ^{55}Mn толщиной $d = 0.1$ см в течении $t_{\text{акт}} = 15$ мин, если спустя $t_{\text{охл}} = 150$ мин после окончания облучения ее активность I составила 2100 Бк. Период полураспада ^{56}Mn 2.58 ч, сечение активации $\sigma = 0.48$ б, плотность вещества пластины $\rho = 7.42\text{ г/см}^3$.
20. Оценить сечение образования составного ядра при взаимодействии нейтронов с кинетической энергией $T_n = 1$ эВ с ядрами золота ^{197}Au .
21. Оценить нейтронную ширину Γ_n изолированного уровня 0^+ ядра ^{108}Rh (энергия уровня $E_0 = 1.21$ эВ, полная ширина $\Gamma = 0.21$ эВ), если при резонансном поглощении нейтронов с образованием этого уровня составного ядра сечение поглощения для энергии нейтронов $T_n = 1$ эВ $\sigma = 2700$ б. Спин ядра-мишени $I(^{107}\text{Rh}) = 1/2$.

Задачи для самостоятельного решения:

[1] №6.287, 6.288, 6.291, 6.292, 6.293, 6.297, 6.298, 6.301, 6.302, 6.306-6.310.

Методические рекомендации.

При расчете кинематических характеристик реакций удобно использовать т.н. релятивистский инвариант $E^2 - P^2c^2 = m^2c^4 = \text{inv}$, или $E^2 - P^2 = m^2$ в системе $\hbar = c = 1$; E - полная энергия системы, P - суммарный импульс. Для расчета порога реакции TA следует записать законы сохранения энергии и импульса в двух системах отсчета – практической системе, связанной с покоящейся частицей B , и в системе центра масс, или центра инерции. Порог реакции соответствует значению кинетической энергии частицы A в случае, когда кинетические энергии продуктов реакции минимальны. В системе центра масс в этом случае равны нулю кинетические энергии всех образовавшихся в результате реакции частиц. Одновременно равны нулю импульсы этих частиц. (Приравнять нулю импульсы

и кинетические энергии продуктов реакции возможно только в системе центра инерции, в которой суммарный импульс по определению равен нулю).

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 8. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Взаимодействие заряженных частиц со средой.
2. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов.
3. Пробеги заряженных частиц.
4. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов.
5. Прохождение γ -излучения через вещество.
6. Биологическое действие излучения и защита от него.

Задачи для решения на занятии:

1. Вычислить ионизационные потери энергии дейтрона с кинетической энергией 4,0 МэВ на единице пути в азоте при нормальных условиях.
2. Найти с помощью эмпирических формул:
 - а) число пар ионов, которые образует α -частица с начальной кинетической энергией 5,5 МэВ на первом сантиметре своего пути в воздухе (энергию образования одной пары ионов считать равной 34 эВ);
 - б) относительное число пар ионов, которое образует протон с начальной кинетической энергией $T=2,5$ МэВ на первой половине среднего пробега в воздухе.
3. Определить пробег α -частицы в свинце, если ее энергия соответствует пробегу 17 мкм в алюминии.
4. Вычислить радиационные потери энергии электрона с кинетической энергией 20 МэВ на единицу пути в алюминии. Во сколько раз радиационные потери энергии электрона в свинце больше, чем в алюминии?
5. Пучок электронов с кинетической энергией 0,50 МэВ падает нормально на алюминиевую фольгу толщиной 50 мг/см². Оценить с помощью эмпирических формул средний пробег электронов, прошедших через фольгу, в воздухе.
6. Какой толщины следует взять алюминиевую пластинку, чтобы она ослабляла узкий пучок рентгеновского излучения с энергией 200 кэВ в такой же степени, как свинцовая пластинка толщиной 1,0 мм?
7. Для длинноволнового рентгеновского излучения дифференциальное сечение рассеяния фотона на свободном электроном описывается формулой:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2} r_e^2 (1 + \cos^2 \theta),$$

где r_e – классический радиус электрона,; θ - угол рассеяния фотонов. Найти с помощью этой формулы: а) полное сечение рассеяния; б) относительное число фотонов, рассеянных под углами $\theta < 60^\circ$.

Задачи для самостоятельного решения:

[2] №12.9, 12.13, 12.29, 12.40.

Методические рекомендации.

При рассмотрении вопросов данной темы особое внимание нужно уделить биологическому действию излучения и защиты от него, так как этот вопрос достаточно скудно освещается в учебниках ядерной физики. Необходимо уделить внимание последовательности действия излучений на биологическое вещество, а именно:

1. Заряженные частицы при прохождении через вещество теряют энергию за счет электромагнитных взаимодействий с атомами вещества, что приводит к ионизации. Электромагнитные кванты (гамма, рентген) при взаимодействии с веществом передают энергию (частично или полностью) атомам и электронам вещества, итогом процесса взаимодействия также является появление ионов (положительных и отрицательных) вместо нейтральных атомов и молекул.
2. Свободные электроны и ионизированные атомы участвуют в сложной цепи реакций, в результате которых образуются новые молекулы, в т.ч. чрезвычайно реакционноспособные “свободные радикалы”.
3. Свободные радикалы вызывают химическую модификацию молекул, необходимых для нормального функционирования клетки.
4. Гибель клеток или такие в них изменения, которые приводят к развитию рака.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 9. Свойства частиц и взаимодействий.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Четыре типа фундаментальных взаимодействий.
2. Константы и радиусы взаимодействий.
3. Принципы описания взаимодействий частиц в квантовой теории поля.
4. Переносчики взаимодействий. Понятие о диаграммах Фейнмана.
5. Классификация частиц. Фундаментальные частицы.
6. Основные узлы фундаментальных взаимодействий.
7. Кварковые диаграммы.
8. Квантовые числа частиц и законы сохранения. Античастицы.

Задачи для решения на занятии:

1. π^0 -мезон, кинетическая энергия которого равна энергии покоя, распадается на два γ -кванта, энергии которых равны. Каков угол между направлениями движения γ -квантов?
2. Определить минимальное (т.е. пороговое) значение кинетической энергии пиона в системе покоя протона в реакции
 $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+$,
 $(\bar{u}d) + (uud) \rightarrow (dds) + (u\bar{s})$.
 Проверить выполнение дискретных законов сохранения той же реакции. Построить кварковую диаграмму реакции.
3. Проанализировать закон сохранения момента количества движения в реакции $\pi^+ + p \rightarrow \Delta^{++}$.
4. Оценить отношение вероятностей процессов трехфотонной и двухфотонной аннигиляции пары электрон-позитрон.
5. Нарисовать основные диаграммы Фейнмана для следующих процессов: 1) рассеяние электрона на электроне; 2) эффект Комптона; 3) электрон-позитронная аннигиляция; 4) фотоэффект в кулоновском поле ядра; 5) образование электрон-позитронной пары в кулоновском поле ядра. Какие виртуальные частицы участвуют в этих процессах?
6. Нарисовать кварковые диаграммы распадов
 1) $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$; 2) $\pi^0 \rightarrow e^+ + e^-$; 3) $\rho^0(770) \rightarrow e^+ + e^-$; 4) $\eta'(958) \rightarrow 3\pi^0$. Какие взаимодействия ответственны за эти распады?

Задачи для самостоятельного решения:

[2] №16.42-16.45.

Методические рекомендации.

Вопросы, рассматриваемые в данной теме, являются непосредственным продолжением курса атомной физики и квантовой теории. И трудность заключается только в переносе аналогии на новые объекты. Квантовая механика изоспина построена по аналогии с квантовой механикой момента количества движения, точнее - собственных моментов количества движения - спинов - в обычном пространстве. Величина изоспина адрона указывает на то, сколько у данного адрона состояний с различными проекциями изоспина. С точки зрения сильных взаимодействий протон и нейтрон являются двумя разными состояниями нуклона с изоспином 1/2 и двумя разными проекциями (изоспиновый дублет). Точно так же слабые взаимодействия являются, как и электромагнитные, обменными взаимодействиями. Но осуществляются они благодаря обмену тяжелыми промежуточными бозонами.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 10. Сильные взаимодействия.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

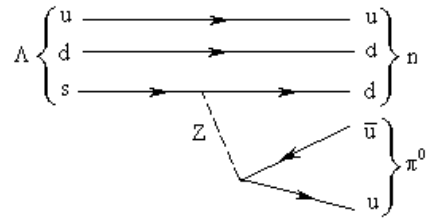
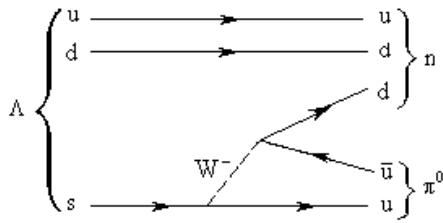
Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Классификация адронов. Барионы и мезоны.
2. Возбужденные состояния адронов.
3. Резонансы. Супермультиплеты адронов.
4. Странность и другие адронные квантовые числа.
5. Глубоконеупругие процессы.
6. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов.
7. Тяжелые кварки c , b и t . Цвет кварков и глюонов.
8. Потенциал сильного взаимодействия.
9. Асимптотическая свобода и невылетание кварков (конфайнмент).

Задачи для решения на занятии:

1. Определить частицы X , образующиеся в реакциях сильного взаимодействия:
1) $\pi^- + p \rightarrow K^- + p + X$; 2) $K^- + p \rightarrow \Omega + K^0 + X$; 3) $p + \bar{p} \rightarrow \Xi^- + \pi^+ + X$.
2. Могут ли следующие реакции: 1) $\pi^- + p \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^-$; 2) $\pi^- + p \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^-$; 3) $K^+ + n \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$ происходить в результате сильного взаимодействия.
3. Какие из приведенных ниже реакций под действием антинейтрино возможны, какие запрещены и почему:
1) $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + \mu^+$; 2) $\nu_e + n \rightarrow p + \mu^-$; 3) $\bar{\nu}_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$.
4. Построить из кварков следующие частицы: p , n , Λ , Σ^0 , Ξ^0 , Ω^- .
5. Определить значения спинов, четностей и изоспинов основных состояний гиперядер ${}^5_\Lambda \text{He}$ и ${}^6_{\Lambda\Lambda} \text{He}$.
6. Нарисовать кварковые диаграммы взаимодействий p - p , n - n , p - n .
7. Показать, что без введения квантового числа "цвет", принимающего три значения, кварковая структура Δ^{++} , Δ^- , Ω^- противоречит принципу Паули.
8. Проверить выполнение законов сохранения и построить кварковые диаграммы реакций, происходящих в результате сильного взаимодействия: 1) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$; 2) $p + \bar{p} \rightarrow \bar{\Omega}^- + \Omega^-$; 3) $\pi^+ + n \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^+$.
9. Какие из перечисленных ниже четырех способов распада K^+ -мезона возможны? Для разрешенных нарисовать диаграммы, для запрещенных указать причину запрета.
1) $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + e^-$; 2) $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \bar{\nu}_e$; 3) $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$; 4) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$.
10. Диаграммы показывают два варианта взаимодействия красного и зеленого кварков. Определить, за счет какого взаимодействия произошла реакция в каждом случае и что было виртуальной частицей.

К		К		К		З
З		?		З		К
11. Могут ли топ-кварк (t) и его антикварк ($\bar{t}$) образовать связанную систему $t\bar{t}$ - топоний, аналогичную чармонию ($c\bar{c}$) и ботомонию ($b\bar{b}$)?
12. Показать, что в супермультиплете легчайших барионов $1/2^+$ не может быть частиц, состоящих из кварков одинакового аромата uuu , ddd , sss .
13. Σ^0 -гиперон распадается следующим образом: $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma$. Как меняются кварковые состояния при этом распаде? Определить тип и мультипольность испущенного фотона. Как направлен спин Λ , если спин Σ^0 направлен вверх?
14. Показать, что кварк, испустив глюон, не может перейти в антикварк.
15. Одна из следующих двух диаграмм, описывающих распад $\Lambda \rightarrow n + \pi^0$ неправильна. Какая?



16. Одна из реакций ассоциированного рождения странных частиц $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$ происходит за счет сильного взаимодействия, т.е. за время $\sim 10^{-23}$. Каждая из рожденных странных частиц Λ и K^0 распадается за счет слабых сил за время $\sim 10^{-10}$ сек. Из этих данных получите отношение констант слабого и сильного взаимодействий α_w/α_s .

Задачи для самостоятельного решения:

[1] №.6.339-6.341.

Методические рекомендации.

Для всех реакций сильного взаимодействия выполняются без исключений следующие законы сохранения: энергии, импульса, момента импульса, электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда, странности, Charm, Bottomness, Topness, изоспина, Р-четности, С-четности, CP-четности, Т-четности и CPT-четности. Это одновременно означает наибольшую, по сравнению с другими взаимодействиями, степень симметрий этих взаимодействий.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 11. Электромагнитные и слабые взаимодействия частиц.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Основные характеристики слабого взаимодействия.
2. Распады мюона и t -лептона.
3. Лептоны и лептонные квантовые числа.
4. Промежуточные бозоны W , Z .
5. Законы сохранения в слабых взаимодействиях.
6. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино.
7. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино.
8. Превращения лептонов и кварков. Р-четность и С-четность. CP-четность

Задачи для решения на занятии:

1. Из характеристик переносчиков слабого взаимодействия $W^\pm$ и Z бозонов определить радиус слабых сил.
2. Оценить минимальные энергии пучков электронов и позитронов в коллайдере, при которых возможно рождение пар W^+, W^- .

3. Построить диаграмму Фейнмана распада нейтрона.
4. Изобразить ДФ распада мюона $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$.
5. Изобразить диаграмму Фейнмана для распадов нейтрального и заряженного пионов. Оценить отношение констант слабого и электромагнитного взаимодействий, учитывая, что средние время жизни нейтрального и заряженных -мезонов: $\tau(\pi^0) = 8,4 \cdot 10^{-17} \text{ с}$; $\tau(\pi^+) = \tau(\pi^-) = 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ с}$.
6. Построить диаграмму Фейнмана распада -бариона. Какие законы сохранения нарушаются в этом распаде?
7. Построить диаграмму Фейнмана для наблюдаемого распада $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$. Объяснить, почему не наблюдается распад $\Sigma^+ \rightarrow n + e^+ + \nu_e$.
8. Найти собственную четность протона и нейтрона.
9. Какие из приведенных ниже слабых распадов адронов запрещены, а какие разрешены?
1) $K^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$; 2) $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$; 3) $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^- + e^+ + \nu_e$.
10. Показать, что спиральность частицы $\hbar$ инвариантна по отношению к обращению времени.
11. π^+ -мезон распадается в состоянии покоя. Нарисовать импульсы и спины частиц, образующихся в результате распада π^+ -мезона $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$. Совершить C-, P-, CP-, T- и CPT-преобразования этого распада.
12. Исходя из экспериментального значения угла Вайнберга $\sin^2 \theta_w = 0,226 \pm 0,005$ оценить величину слабого заряда g_w и сравнить ее с величиной электрического заряда e .
13. Возможен ли опыт по визуальному наблюдению промежуточных бозонов $W^\pm$, например, в пузырьковой, искровой, дрейфовой камере, ядерных фотоэмульсиях или другом трековом приборе?

Задачи для самостоятельного решения:

[2] № 16.44.

Методические рекомендации.

Диаграммы Фейнмана являются не только иллюстрацией, но и основой методики расчета вероятности электромагнитных процессов. Электромагнитные процессы подчиняются почти всем законам сохранения (кроме закона сохранения изоспина). Вероятности электромагнитных процессов, например распадов частиц с вылетом γ -квантов, меньше вероятностей распадов по сильным взаимодействиям. Анализ диаграмм Фейнмана для электромагнитных взаимодействий адронов показывает, что при электромагнитных распадах не происходит превращения одного кварка в другой. Аннигиляция электрон-позитронной пары в два γ -кванта также не изменяет природу частицы в вершине (узле) диаграммы. Взаимопревращение кварков друг в друга и одних лептонов в другие происходит за счет слабого взаимодействия.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 12. Современные астрофизические представления.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как

коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Эволюция и состав Вселенной.
2. Реликтовое излучение.
3. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной.
4. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов.
5. Нейтринная астрономия.
6. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры.
7. Космические лучи - состав, энергия и происхождение. Радиационные пояса Земли.

Задачи для решения на занятии:

1. Оценить поток солнечных нейтрино на поверхности Земли.
2. Почему реакции синтеза ядер в звездах начинаются с реакции $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu_e$, идущей за счет слабого взаимодействия, а не с реакции $p + n \rightarrow d + \gamma$, идущей за счет электромагнитного взаимодействия, или других реакций, идущих в результате сильного взаимодействия?
3. Удельная мощность падающего на Землю солнечного излучения составляет $w_{\text{уд}} = 0,14 \text{ Вт/см}^2$. С какой скоростью солнце теряет свою массу? Если эта скорость сохранится и в будущем, то сколько времени еще будет существовать Солнце?
4. Определить, какую часть своей массы δM потеряло Солнце за последние $t = 10^6$ лет (светимость Солнца $W = 4 \cdot 10^{33} \text{ эрг/с}$, масса Солнца $M = 2 \cdot 10^{33} \text{ г}$).
5. Гравитационный радиус объекта, имеющего массу M , определяется соотношением $r_G = 2GM/c^2$, где G - гравитационная постоянная. Определить величину гравитационных радиусов Земли, Солнца.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии — решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Методическая литература

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. СПб.: Лань, 2010.
2. Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика. СПб.: Лань, 2011.
3. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике М.: Издательство физико-математической литературы, 2009.
4. Материалы сайта www.nuclphys.sinp.msu.ru

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

**Методические указания для обучающихся по организации и проведению
самостоятельной работы**

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
План-график выполнения самостоятельной работы	4
Методические рекомендации по изучению теоретического материала, подготовке к практическим занятиям	6
Методические указания по подготовке к экзамену	12

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач. Конечной целью самостоятельной работы является организация самостоятельной познавательной деятельности, формирование умения самостоятельно анализировать информацию, выделять главное и второстепенное.

Основными формами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика атомного ядра и элементарных частиц» являются:

- подготовка к практическим занятиям.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
Подготовка к практическому занятию «Масштабы явлений в микромире».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Свойства атомных ядер. Часть 1».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Свойства атомных ядер. Часть 2».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Модели атомных ядер».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию	Письменный отчет по занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие

занятию «Радиоактивный распад. Часть 1».	практическому занятию	собеседования	занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Радиоактивный распад. Часть 2».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Ядерные реакции».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Взаимодействие ядерного излучения с веществом».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Свойства частиц и взаимодействий».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Сильные взаимодействия».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Электромагнитные и слабые взаимодействия частиц».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к практическому занятию «Современные астрофизические представления».	Письменный отчет по практическому занятию	Вопросы для собеседования	Практическое занятие №1
Подготовка к коллоквиуму №1.	Письменный ответ на вопросы коллоквиума	Вопросы для коллоквиума №1	Коллоквиум №1
Подготовка к коллоквиуму №2.	Письменный ответ на вопросы коллоквиума	Вопросы для коллоквиума №2	Коллоквиум №2
Подготовка к контрольной работе № 1.	Письменное решение задач контрольной работы	Разноуровневые задания	Контрольная работа №1
Подготовка к контрольной работе № 2.	Письменное решение задач контрольной работы	Разноуровневые задания	Контрольная работа №2
Подготовка к экзамену	Экзамен	Вопросы к экзамену	

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с практическими занятиями, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Масштабы явлений в микромире.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
2	Свойства атомных ядер.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
3	Модели атомных ядер.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
4	Радиоактивность.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
5	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
6	Ядерные реакции.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
7	Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
8	Свойства частиц и взаимодействий.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
9	Эксперименты в физике высоких энергий.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
10	Электромагнитное взаимодействие.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
11	Сильные взаимодействия.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
12	Слабые взаимодействия.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
13	Дискретные симметрии.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
14	Объединение взаимодействий.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9
15	Современные астрофизические представления.	1-2	3	4-6	1, 3, 7 - 9

Тематика практических занятий 7 семестр

Тема 1. Масштабы явлений в микромире.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Масштабы явлений микромира.
2. Единицы измерения величин в субатомной физике.
3. Константа конверсии.
4. Основные соотношения релятивистской физики.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 2. Свойства атомных ядер. Часть 1.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Опыт Резерфорда. Размеры ядер.
2. Ядро как совокупность протонов и нейтронов.
3. Распределение заряда в ядре.
4. Масса и энергия связи ядра.
5. Энергия отделения нуклонов и кластеров от ядра.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 3. Свойства атомных ядер. Часть 2.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при менения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Спин ядра и моменты импульсов составляющих ядро нуклонов.
2. Четность ядерных состояний.
3. Изоспин нуклонов и ядер. Спектры ядер.
4. Электромагнитные моменты ядра и нуклонов.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 4. Модели атомных ядер.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Модель заряженной жидкой капли. Формула Вайцеккера.
2. Модель оболочек. Физическое обоснование оболочечной модели ядра.
3. Потенциал среднего ядерного поля.
4. Спин-орбитальное взаимодействие.
5. Одночастичные состояния в ядерном потенциале.
6. Модель оболочек для средних и тяжелых ядер. Роль кулоновского взаимодействия.
7. Модель коллективных ядерных колебаний. Вращательные спектры ядер.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты

изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 5. Радиоактивный распад. Часть 1.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Статистический характер распада.
2. Закон радиоактивного распада.
3. Период полураспада. Активность.
4. Радиоактивные семейства.
5. Искусственная радиоактивность.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 6. Радиоактивный распад. Часть 2.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-

вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Виды распада. α -Распад.
2. Туннельный эффект. Зависимость периода α -распада от энергии α -частиц.
3. β -Распад. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
4. Разрешенные и запрещенные β -переходы.
5. Несохранение четности в β -распаде.
6. γ -Излучение ядер.
7. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия.
8. Внутренняя конверсия. Эффект Мёссбауэра.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 7. Ядерные реакции.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц.
2. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций.
3. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций.
4. Механизмы ядерных реакций.
5. Модель составного ядра.
6. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вигнера.
7. Прямые ядерные реакции.
8. Оптическая модель ядра. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами.
9. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами.
10. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы.
11. Реакции синтеза лёгких ядер. Термоядерная энергия.
12. Трансурановые элементы. Сверхтяжёлые ядра.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 8. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Взаимодействие заряженных частиц со средой.
2. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов.
3. Пробеги заряженных частиц.
4. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов.
5. Прохождение γ -излучения через вещество.
6. Биологическое действие излучения и защита от него.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 9. Свойства частиц и взаимодействий.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Четыре типа фундаментальных взаимодействий.
2. Константы и радиусы взаимодействий.
3. Принципы описания взаимодействий частиц в квантовой теории поля.
4. Переносчики взаимодействий. Понятие о диаграммах Фейнмана.
5. Классификация частиц. Фундаментальные частицы.
6. Основные узлы фундаментальных взаимодействий.
7. Кварковые диаграммы.
8. Квантовые числа частиц и законы сохранения. Античастицы.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 10. Сильные взаимодействия.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Классификация адронов. Барионы и мезоны.
2. Возбужденные состояния адронов.
3. Резонансы. Супермультиплеты адронов.
4. Странность и другие адронные квантовые числа.
5. Глубоконеупругие процессы.

6. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов.
7. Тяжелые кварки s , b и t . Цвет кварков и глюонов.
8. Потенциал сильного взаимодействия.
9. Асимптотическая свобода и невыедание кварков (конфайнмент).

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 11. Электромагнитные и слабые взаимодействия частиц.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Основные характеристики слабого взаимодействия.
2. Распады мюона и t -лептона.
3. Лептоны и лептонные квантовые числа.
4. Промежуточные бозоны W , Z .
5. Законы сохранения в слабых взаимодействиях.
6. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино.
7. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино.
8. Превращения лептонов и кварков. P -четность и C -четность. CP -четность.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в

письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

Тема 12. Современные астрофизические представления.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области атомной физики, формирование умений и навыков при применении их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Эволюция и состав Вселенной.
2. Реликтовое излучение.
3. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной.
4. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов.
5. Нейтринная астрономия.
6. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры.
7. Космические лучи - состав, энергия и происхождение. Радиационные пояса Земли.

Методические рекомендации.

При подготовке к занятию необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Перед занятием необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты изучаемой проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время дискуссии. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Промежуточная аттестация студентов является формой оценки качества освоения студентом образовательной программы, его уровня знаний, умений и навыков при сдаче студентом установленных рабочим учебным планом зачетов и экзаменов. Экзамены являются заключительным этапом изучения всей дисциплины или ее части и преследуют цель проверить полученные студентом теоретические знания. Экзамены принимаются преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине, а в его отсутствие – преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре. Экзамены принимаются по билетам в устной или письменной форме, в том числе с применением технических средств. Экзаменационные билеты утверждаются заведующим кафедрой. Результаты приема экзамена, как правило, оцениваются: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Главная **задача** проведения экзамена – проверка знаний, навыков и умений студента, по прослушанной дисциплине.

Основными функциями экзамена являются:

- обучающая;
- оценивающая;
- воспитательная.

Обучающее значение экзамена проявляется, прежде всего, в том, что в ходе экзаменационной сессии студент обращается к пройденному материалу, сосредоточенному в конспектах лекций, учебниках и других источниках информации.

Повторяя, обобщая, закрепляя и дополняя полученные знания, поднимает их на качественно-новый уровень – уровень системы совокупных данных, что позволяет ему понять логику всего предмета в целом. Новые знания студент получает в ходе самостоятельного изучения того, что не было изложено в лекциях и на семинарских занятиях.

Оценивающая функция экзамена состоит в том, что он подводит итоги не только конкретным знаниям студентов, но и в определенной мере всей системе учебной работы по курсу.

Если экзамен проводится объективно, доброжелательно, с уважительным отношением к личности и мнению студента, то он имеет и большое воспитательное значение. В этом случае экзамены стимулируют у студентов трудолюбие, принципиальность, ответственное отношение к делу, развивают чувство справедливости, собственного достоинства, уважения к науке и преподаванию.

Экзамен как особая форма учебного процесса имеет свои особенности, специфические черты и некоторые аспекты, которые необходимо студенту знать и учитывать в своей работе. Это, прежде всего:

- что и как запоминать при подготовке к экзамену;
- по каким источникам и как готовиться;
- на чем сосредоточить основное внимание;
- каким образом в максимальной степени использовать программу курса;
- что и как записать, а что выучить дословно и т. п.

Прежде всего, у студентов возникает вопрос – нужно ли заучивать учебный материал? Однозначного ответа здесь нет. Можно сказать и да, и нет. Все зависит от того, что именно заучивать. Запомнить, прежде всего, необходимо определение понятий и их основные положения. Именно в них указываются признаки, отражающие сущность данного явления и позволяющие отличить данное понятие и явление от других.

В то же время на экзамене, как правило, проверяется не столько уровень запоминания студентом учебного материала, сколько то, насколько успешно он оперирует теми или иными научными понятиями и категориями, систематизирует факты, как умеет мыслить, аргументировано отстаивать определенную позицию, объясняет и пересказывает заученную информацию.

При подготовке к экзамену следует запоминать и заучивать информацию с расчетом на

помощь определенных подсобных учебно-методических средств и пособий, учебной программы курса. Правильно используя программу при подготовке к ответу (она должна быть на столе у каждого), студент получает информационный минимум для своего выступления.

Программу курса необходимо максимально использовать как в ходе подготовки, так и на самом экзамене. Ведь она включает в себя разделы, темы и основные проблемы, в рамках которых и формируются вопросы для экзамена.

Заранее просмотрев программу, можно лучше сориентироваться, чем она поможет на экзамене, в какой последовательности лучше учить ответы на вопросы. Найдя свой экзаменационный вопрос в программе, студент учитывает то, где он расположен и как сформулирован, как он соотносится и связан с другими вопросами, что позволяет ему мобилизовать все свои знания этой проблемы и гораздо увереннее и грамотнее построить свой ответ.

Такой подход не только позволяет облегчить, разгрузить сам процесс запоминания, но и содействует развитию гибкости мышления, сообразительности, ассоциативности, творческому отношению к изучению конкретного учебного материала.

Кроме этого, необходимо применять для запоминания материала и метод использования ассоциаций, то есть ту связь, которая образуется при определенных условиях между двумя или более понятиями, представлениями, определениями и т. д. Это такой психологический процесс, в результате которого одни понятия или представления вызывают появление в уме других. Чем с большим количеством фактов мы ассоциируем данный факт, тем более прочно он задержан нашей памятью.

Оптимальным для подготовки к экзамену является вариант, когда студент начинает подготовку к нему с первых занятий по данному курсу. Такие возможности ему создаются преподавателем. Однако далеко не все студенты эти возможности используют. Большинство из них выбирают метод атаки, штурма, когда факты закрепляются в памяти в течение немногих дней или даже часов для того, чтобы сдать.

В этом случае факты не могут образовать в уме прочные ассоциации с другими понятиями и поэтому такие знания, как правило, менее прочные и надежные, более бессистемные и формальные. Материал же, набираемый памятью постепенно, связанный с ассоциациями с другими событиями, неоднократно подвергаемый обсуждению, имеет иной, более высокий качественный уровень, сохраняется в памяти длительное время и может быть востребован в любой обстановке.

При подготовке к экзамену по наиболее сложным вопросам, ключевым проблемам и важнейшим понятиям необходимо сделать краткие письменные записи в виде тезисов, планов, определений. Запись включает дополнительные моторные ресурсы памяти.

Особое внимание в ходе подготовки к экзамену следует уделять конспектам лекций, ибо они обладают рядом преимуществ по сравнению с печатной продукцией. Как правило, они более детальные, иллюстрированные, что позволяет оценивать современную ситуацию, отражать самую свежую научную и оперативную информацию, отвечать на вопросы, интересующие аудиторию, в данный момент, тогда как при написании и опубликовании печатной продукции проходит определенное время, и материал быстро устаревает.

В то же время подготовка по одним конспектам лекций недостаточна, необходимо использовать и иную учебную литературу. Дать однозначную рекомендацию, по каким учебникам лучше готовиться к экзамену, нельзя, потому что идеальных учебников не бывает.

Они пишутся представителями различных научных школ и направлений, по-разному освещают, интерпретируют социальные процессы в обществе, в каждом из них есть плюсы и минусы, сильные и слабые стороны, достоинства и недостатки, одни проблемы раскрываются более глубоко и основательно, другие поверхностно или вообще не раскрываются. Поэтому для сравнения учебной информации и раскрытия всего многообразия данного явления желательно использовать два и более учебных пособия.

Не следует бояться дополнительных и уточняющих вопросов на экзамене. Они, как правило, задаются или помимо экзаменационного вопроса для выявления общей

подготовленности студента, или в рамках билета для уточнения высказанной студентом мысли.

Среди основных критериев оценки ответа студента можно выделить следующие:

- правильность ответа на вопрос, то есть верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов;
- полнота и одновременно лаконичность ответа;
- новизна учебной информации, степень использования последних научных достижений и нормативных источников;
- умение связать теорию с практикой и творчески применить знания к оценке сложившейся ситуации;
- логика и аргументированность изложения;
- грамотное комментирование, приведение примеров и аналогий;
- культура речи.

Все это позволяет преподавателю оценивать как знания, так и форму изложения материала.

Оценка знаний производится по 4-х балльной системе и на основании критериев, определенных в соответствующих документах по регламентации учебного процесса в вузах:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полно раскрыл содержание вопроса в объеме, предусмотренном программой; продемонстрировал умение иллюстрировать теорию конкретными примерами, отвечал самостоятельно, без наводящих вопросов. Возможны одна — две неточности, которые студент легко исправил после замечания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если ответ удовлетворяет основным требованиям оценки 5, но при этом, имеется один из недостатков и в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержания ответа, допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные после замечания экзаменатора, допущены ошибка или более двух недочетов, при освещении второстепенных вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в ответе неполно раскрыто содержание материала, не продемонстрировано общее понимание вопроса, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий или выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов, при достаточном знании теории студент не всегда может применять эти знания на практике.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если выставляется при условии, если ответ не раскрывает основное содержание вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части данного вопроса, допущены ошибки в определении понятий при использовании терминологии предмета, не исправленные при нескольких наводящих вопросах.

Примерная тематика заданий для самостоятельной работы студентов

Вопросы к экзамену (7 семестр)

1. Опыт Резерфорда. Рассеяние электронов на ядрах. Форм – фактор. Распределение заряда в ядре. Распределение заряда в нуклоне и размер нуклона.
2. NZ-диаграмма стабильных и долгоживущих ядер. Масса и энергия связи ядра.
3. Модель жидкой капли. Формула Вайцзеккера.
4. Четность. Орбитальная и внутренняя четность. Четность системы частиц.
5. Классические статические электромагнитные моменты ядер. Квантовомеханические моменты ядер.
6. Общие закономерности радиоактивного распада. Виды распада.
7. Сложный радиоактивный распад. Радиоактивное равновесие.
8. α -радиоактивность. Прохождение α -частиц через барьер. Центробежный барьер.
9. β -распад. Нейтрино. Слабое взаимодействие. Промежуточные бозоны.
10. γ -распад. Классификация фотонов. Правила отбора для электромагнитных переходов. Переходы Ферми и Гамова-Теллера.
11. Дейтрон. Зависимость ядерных сил от спина. Их нецентральность. Волновая функция дейтрона.

12. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия. Мезонная теория.
13. Изоспин частиц и ядер.
14. Процессы взаимодействия γ – излучения с веществом: фотоэффект, комптоновское рассеяние, эффект образования пар.
15. Взаимодействие заряженных частиц со средой.
16. Ядерные реакции. Кинематика ядерных реакций. Порог.
17. Механизмы ядерных реакций Составное ядро. Сечение образования составного ядра. Формула Брейта-Вигнера.
18. Деление и синтез ядер.
19. Физика нейтронов. Взаимодействие нейтронов с веществом. Методы регистрации. Замедление нейтронов.
20. Модель ядерных оболочек. Квантовые характеристики основных состояний ядер в одночастичной модели оболочек.
21. Многочастичная модель оболочек. Коллективные возбуждения ядер. Вращательные уровни четно-четных несферических (деформированных) ядер. Колебательные (вибрационные) уровни четно-четных сферических ядер.
22. Систематика частиц. Фундаментальные частицы.
23. Законы сохранения в мире частиц. Барионное и лептонное квантовые числа.
24. Барионы и мезоны. Резонансные частицы.
25. Частицы и античастицы.
26. Странность. Рождение и распад странных частиц.
27. Сильные взаимодействия. Адроны. Правило Накано-Нишиджимы-Гелл-Манна.
28. Кварки. Кварковая структура легчайших барионов и мезонов.
29. Трудности простой кварковой модели. Цвет. Барионы и мезоны как наборы цветных кварков.
30. Глюоны. Квантовая хромодинамика (КХД). Экранировка и антиэкранировка заряда. Асимптотическая свобода. Внутри протона.
31. Эксперименты, подтверждающие наличие кварков в адронах. Тяжелые кварки — c , b , t .
32. Слабые взаимодействия. Лептонные заряды. Типы нейтрино.
33. Слабые распады. Константа слабого взаимодействия. Заряженные и нейтральные слабые токи.
34. Фундаментальные частицы Стандартной модели.
35. Закон сохранения четности. Р-симметрия. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Спиральность.
36. Зарядовое сопряжение. СР-преобразование.
37. Обращение времени. Нарушение СР-инвариантности. СРТ-теорема.
38. Сбегающиеся константы. Великое объединение. Распад протона и другие предсказания теорий Великого объединения. Суперсимметрия.
39. Нуклеосинтез во Вселенной. Ядерные реакции в звездах.
40. Космические лучи. Состав и происхождение.

Вопросы, выносимые на 1 коллоквиум:

1. Этапы развития физики атомного ядра и частиц.
2. Опыт Резерфорда: техника эксперимента, вывод формулы дифференциального сечения рассеяния α -частиц, оценка размеров ядер.
3. Основные характеристики ядер: масса, размеры, электрический заряд, квадрупольный электрический момент, спин ядра.
4. Простой закон радиоактивного распада. Статистический характер радиоактивного распада.
5. Радиоактивные семейства и их характеристика. Искусственная радиоактивность. Виды радиоактивного распада.
6. α -распад. Основные закономерности α -распада. Теория α -распада. Зависимость периода α -распада от энергии частиц.

7. β -распад. Основные закономерности β -распада. Гипотеза Паули и Ферми для объяснения характера β -спектра.
8. Разрешенные и запрещенные β -переходы.
9. γ -излучение ядер. Характер спектров γ -излучения. Ядерная изометрия. Внутренняя конверсия.
10. Система двух нуклонов. Дейтрон – связанное состояние в n - p системе. Нуклон-нуклонные взаимодействия при малых, высоких и сверхвысоких энергиях.
11. Свойства ядерных сил. Спиновая зависимость ядерных сил. Тензорный характер ядерных сил. Принцип изотопической инвариантности ядерных сил. Обменные силы, связь с насыщением. Мезонная теория ядерных сил.
12. Модель жидкой капли. Полуэмпирическая формула энергии связи и массы ядра. Область применения капельной модели. Недостатки капельной модели.
13. Модель ферми-газа – модель независимых нуклонов.
14. Оболочечная модель ядра. Физическое обоснование модели. Магические ядра. Спин-орбитальное взаимодействие. Потенциал среднего ядерного поля. Одночастичные состояния в ядерном потенциале. Конкретные схемы моделей ядерных оболочек. Область применения оболочечной модели и ее ограниченность.
15. Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц, принципы работы ускорителей.
16. Ядерные реакции. Классификация ядерных реакций. Каналы реакций. Сечения реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций.
17. Механизмы ядерных реакций. Прямые ядерные реакции. Реакции срыва. Реакции подхвата. Ядерные реакции с составным ядром.
18. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вигнера.
19. Ядерные реакции под действием γ -квантов.
20. Ядерные реакции под действием заряженных частиц.
21. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы.
22. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия. Проблемы создания управляемого термоядерного реактора.
23. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Общая характеристика взаимодействия заряженных частиц, нейтронов и γ -квантов с веществом.
24. Взаимодействие заряженных частиц со средой. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Радиационные потери заряженных частиц. Пробеги заряженных частиц.
25. Взаимодействие нейтронов с веществом. Источники нейтронов и их характеристика. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами: радиационный захват, реакции с образованием протонов, реакции с образованием α -частиц, реакции деления, реакции с образованием двух и большего числа нуклонов, неупругое рассеяние нейтронов. Классификация нейтронов по энергии. Замедление нейтронов.
26. Взаимодействие γ -излучения с веществом. Фотоэффект. Упругое и неупругое рассеяние γ -квантов. Эффект образования электронно-позитронных пар. Общий характер взаимодействия γ -излучения с веществом. Закон ослабления узкого пучка монохроматического γ -излучения. Геометрия широкого пучка. Фактор накопления.
27. Биологическое действие излучения и защита от него. Основные радиационные характеристики источников излучения. Дозиметрические величины и единицы их измерения. Предельно допустимая доза. Способы защиты от ионизирующего излучения.

Контролируемая самостоятельная работа студентов (КСР):

28. Сложный закон радиоактивного распада. Вековое равновесие.
29. Механизм α -распада. Туннельный переход.
30. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
31. Эффект Мёссбауэра и его применение в науке и технике.

32. Спонтанное деление ядер урана.
33. Детекторы частиц регистрирующие факт пролета частицы: газоразрядные, сцинтилляционные, полупроводниковые. Принцип работы, устройство, основные характеристики, область применения.
34. Трековые детекторы частиц: камера Вильсона, пузырьковая, искровая и эмульсионная камеры.
35. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра. Реакции образования трансурановых элементов.

Вопросы, выносимые на 2 коллоквиум:

1. Четыре типа фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействий. Принципы описания взаимодействий частиц в квантовой теории поля. Переносчики взаимодействий. Понятие о диаграммах Фейнмана.
 2. Классификация частиц. Основные характеристики частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы.
 3. Квантовые числа частиц и законы сохранения. Античастицы. Возбужденные состояния адронов. Резонансы.
 4. Эксперименты в физике высоких энергий. Особенности ускорительной техники, используемой в физике высоких энергий. Ускорители на встречных пучках. Пучки вторичных частиц.
 5. Детекторы частиц, используемые в экспериментах физики высоких энергий. Реакции с частицами. Взаимопревращения и распады частиц.
 6. Экспериментальные взаимодействия. Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Электромагнитное рассеяние лептонов. Взаимодействие фотонов с адронами.
 7. Векторные мезоны. Упругое рассеяние электронов. Формула Мотта. Формфакторы нуклонов и частиц.
 8. Сильные взаимодействия. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Супермультиплеты адронов. Странность и другие адронные квантовые числа.
 9. Глубоконеупругие процессы. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов. Тяжелые кварки c , b и t . Цвет кварков и глюонов.
 10. Потенциал сильного взаимодействия. Асимптотическая свобода и невылетание кварков (конфайнмент).
 11. Слабые взаимодействия. Основные характеристики слабого взаимодействия. Распады мюона и τ -лептона. Лептоны и лептонные квантовые числа.
 12. Промежуточные бозоны W , Z . Законы сохранения в слабых взаимодействиях. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино.
 13. Дискретные симметрии. Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность. Обращение времени. Не сохранение зарядовой и пространственной четности в слабых взаимодействиях.
 14. СРТ – инвариантность. CP – преобразование. K^0 - мезоны. Нарушение CP – симметрии в распаде K^0 - мезонов.
 15. Объединение взаимодействий. Экранировка зарядов в квантовой электродинамике. Зависимость констант взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий.
 16. Великое объединение. Суперобъединение. Поиски нестабильности протона.
- Контролируемая самостоятельная работа студентов (КСР):**
17. Современные астрофизические представления: Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение.
 18. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность физических элементов.

19. Нейтронная астрономия. Сверхновые нейтронные звезды. Черные дыры.
20. Космические лучи – состав, энергия и происхождение.
21. Радиационные пояса Земли.

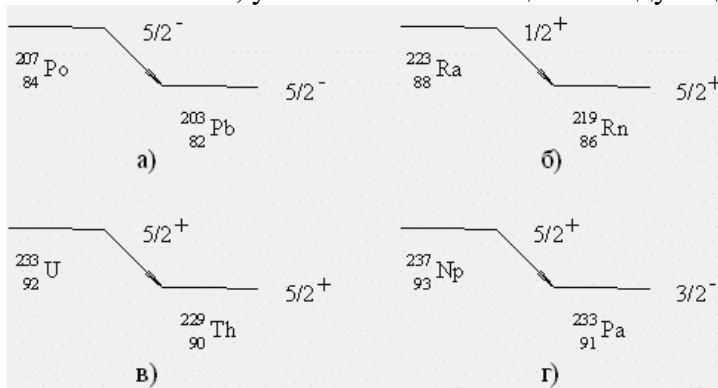
Вопросы для контролируемой самостоятельной работы студентов (КСР):

1. Сложный закон радиоактивного распада. Вековое равновесие.
2. Механизм α -распада. Туннельный переход.
3. Экспериментальное доказательство существования нейтрино.
4. Эффект Мёссбауэра и его применение в науке и технике.
5. Спонтанное деление ядер урана.
6. Детекторы частиц регистрирующие факт пролета частицы: газоразрядные, сцинтилляционные, полупроводниковые. Принцип работы, устройство, основные характеристики, область применения.
7. Трековые детекторы частиц: камера Вильсона, пузырьковая, искровая и эмульсионная камеры.
8. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра. Реакции образования трансурановых элементов.
9. Современные астрофизические представления: Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение. Космологический нуклиосинтез в горячей Вселенной. Нуклиосинтез в звездах. Распространенность физических элементов.
10. Нейтронная астрономия. Сверхновые нейтронные звезды. Черные дыры.
11. Космические лучи – состав, энергия и происхождение.
12. Радиационные пояса Земли.

Задачи к экзамену

1. Протон с кинетической энергией $T = 2$ МэВ налетает на неподвижное ядро ^{197}Au . Определить дифференциальное сечение рассеяния $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ на угол $\theta = 60^\circ$. Как изменится величина дифференциального сечения рассеяния, если в качестве рассеивающего ядра выбрать ^{27}Al ?
2. Золотая пластинка толщиной $l = 0,1$ мм облучается пучком α - частиц с плотностью потока $j = 10^3$ частиц/см² с. Кинетическая энергия α - частиц $T = 5$ МэВ. Сколько α -частиц на единицу телесного угла падает в секунду на детектор, расположенный под углом $\theta = 170^\circ$ к оси пучка? Площадь пятна пучка на мишени $S = 1$ см².
3. При упругом рассеянии электронов с энергией $T = 750$ МэВ на ядрах ^{40}Ca в сечении наблюдается дифракционный минимум под углом $\theta_{\min} = 18^\circ$. Оценить радиус ядра ^{40}Ca .
4. Оценить плотность ядерной материи.
5. Массы нейтрона и протона в энергетических единицах равны соответственно $m_n = 939,6$ МэВ и $m_p = 938,3$ МэВ. Определить массу ядра ^2H в энергетических единицах, если энергия связи дейтрона $E_{\text{св}}(d) = 2,2$ МэВ.
6. Массы нейтральных атомов в а.е.м.: $^{16}\text{O} - 15,9949$, $^{15}\text{O} - 15,0030$, $^{15}\text{N} - 15,0001$. Чему равны энергии отделения нейтрона и протона в ядре ^{16}O ?
7. Считая, что разность энергий связи зеркальных ядер определяется только различием энергий кулоновского отталкивания в этих ядрах, вычислить радиусы зеркальных ядер ^{23}Na и ^{23}Mg .
8. Известно, что внутренний электрический квадрупольный момент Q_0 ядра ^{175}Lu равен $+5,9$ Фм². Какую форму имеет это ядро? Чему равен параметр деформации этого ядра?
9. Определить значения изоспинов I основных состояний ядер изотопов углерода - ^{10}C , ^{11}C , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C .
10. На основании одночастичной модели оболочек определить значения спинов и четностей J^P основных состояний изотопов кислорода - ^{15}O , ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O .
11. Активность препарата ^{32}P , равна 2 мКи. Сколько весит такой препарат? Период полураспада $T_{1/2}$ для ^{32}P равен 14,5 суток.

12. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного иода ^{131}I в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа ^{131}I равен 193 часам.
13. Определить энергию W , выделяемую 1 мг препарата ^{210}Po за время, равное среднему времени жизни, если при одном акте распада выделяется энергия $E = 5,4$ МэВ.
14. Определить орбитальный момент l , уносимый α - частицей в следующих распадах:



15. Используя значения масс атомов, определить верхнюю границу спектра позитронов, испускаемых при β^- - распаде ядра ^{27}Si . Масса атома ^{27}Si равна 25137,961 МэВ, а ^{27}Al - 25133,150 МэВ.
16. Определить энергию отдачи ядра ^7Li , образующегося при e^- - захвате в ядре ^7Be . $E_{\text{св.}}(^7\text{Be}) = 37,6$ МэВ, $E_{\text{св.}}(^7\text{Li}) = 39,3$ МэВ.
17. Энергии связи ядер ^{114}Cd , ^{114}In и ^{114}Sn равны соответственно 972,63 МэВ, 970,42 МэВ и 971,61 МэВ. Определить возможные виды β^- - распада ядра ^{114}In .
18. Определить типы и мультипольности γ -переходов:
 - 1) $1^- \rightarrow 0^+$, 2) $1^+ \rightarrow 0^+$, 3) $2^- \rightarrow 0^+$, 4) $2^+ \rightarrow 3^-$, 5) $2^+ \rightarrow 3^+$, 6) $2^+ \rightarrow 2^+$.
19. Определить пороговое значение энергии γ - кванта в реакции фоторождения π^0 -мезона на протоне - $\gamma + p \rightarrow p + \pi^0$. Масса π^0 -мезона 134,98 МэВ.
20. Рассчитать энергии и пороги реакций $^{32}\text{S}(\gamma, p)^{31}\text{P}$ и $^4\text{H}(\alpha, p)^7\text{Li}$. Массы - протона $m_p = 1,00728$ а.е.м., ядер $M(^4\text{H}) = 4,00151$ а.е.м., $M(^7\text{Li}) = 7,01436$ а.е.м., $M(^{31}\text{P}) = 30,96553$ а.е.м., $M(^{32}\text{S}) = 31,96329$ а.е.м.
21. Исходя из схемы протекания реакции $p + ^{19}\text{F} \rightarrow ^{20}\text{Ne}^*(1^+) \rightarrow ^{16}\text{O}(3^-) + \alpha$, определить орбитальный момент захваченного протона.
22. Исходя из модели оболочек оценить отношение сечений реакций $^{16}\text{O}(p,d)^{15}\text{O}$ с образованием конечного ядра в основном состоянии и в состоянии ($J^P = 3/2^-$). Предполагается прямой механизм реакции.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин, Т. 5, Атомная и ядерная физика. – изд. 3-е., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 784 с.
2. Ахметова Б.Г. Ядерная физика [Электронный ресурс]/ Ахметова Б.Г., Белисарова Ф.Б., Таукенова А.С.— Электрон. текстовые данные.— Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2014.— 212 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58792.html>.— ЭБС «IPRbooks».

Дополнительная литература:

3. Малышев Л.Г. Физика атома и ядра [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Малышев Л.Г., Повзнер А.А.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 144 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68498.html>.— ЭБС «IPRbooks».

Методическая литература:

4. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие для вузов* / Иродов Игорь Евгеньевич. – 8-е изд. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 432 с. : прил.
5. В.Л. Гинзбург, Л.М. Левин, М.С. Рабинович, Д.В. Сивухин, Общий курс физики. Сборник задач. В 5 книгах. Книга 5. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц, Москва, Физматлит, 2006.
6. А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. Задачник по физике. М.: Физматлит, 2009. – 640с.

Интернет-ресурсы:

1. <http://webbook.nist.gov/> – сайт национального института стандартов и технологий;
2. <http://www.e-science.ru/physics/> – раздел Физики Портала Естественных Наук;
3. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/> – проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ;
4. <http://www.sciencephoto.com/> – сайт с историческими и современными фото и видео материалами из различных областей науки и техники;
5. <http://www.youtube.com/user/AKhodus> – обучающие видео по физике;
6. <http://elementy.ru/> – образовательный портал;
7. <http://home.web.cern.ch/> – сайт европейской организации по ядерным исследованиям;
8. <http://cds.cern.ch/collection/CERN%20PhotoLab?ln=ru> – коллекция фотографий ЦЕРН;
9. <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasPublic/HiggsPublicResults> – страница научных результатов коллаборации ATLAS;

Программное обеспечение:

1. Физика микромира;
2. Комплект «Виртуальный практикум по физике + Приложение № 1 к виртуальному практикуму по физике + Приложение № 2 к виртуальному практикуму по физике»;
3. MATLAB Product Family;
4. Mathcad;
5. Phywe Measure. Лицензия при покупке оборудования.