

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Димитровградский инженерно-технологический институт –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Т.И. Романовская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.01.01- Ядерная физика

**Направление подготовки** \_\_\_\_\_ 141501 Ядерные реакторы и материалы \_\_\_\_\_

**Квалификация выпускника** \_\_\_\_\_ Инженер-физик \_\_\_\_\_

**Специализация** \_\_\_\_\_ Ядерные реакторы \_\_\_\_\_

**Форма обучения** \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

**Выпускающая кафедра** \_\_\_\_\_ Ядерных реакторов и материалов \_\_\_\_\_

**Кафедра-разработчик рабочей программы** \_\_\_\_\_ Кафедра ядерных реакторов и материалов \_\_\_\_\_

Семестр	Трудоёмкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экза., час./зачёт)
5	144 (4)	18	36	-	54	Экзамен 36
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>36</b>

Димитровград  
2022 г.

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## Цели освоения дисциплины

Целями изучения дисциплины «Ядерная физика» являются: ознакомление студентов с современной физической картиной мира, с основными концепциями, моделями, теориями, описывающими поведение объектов в микромире на основе современных достижений науки; приобретение навыков экспериментального исследования физических процессов, освоение методов получения и обработки эмпирической информации; изучение теоретических методов анализа физических явлений, расчётных процедур и алгоритмов, наиболее широко применяемых в ядерной физике.

В результате изучения ядерной физики студент должен знать и уметь использовать физические основы релятивистской механики, физику волн материи, включая интерференцию и дифракцию, электричество и магнетизм, включая электромагнитную теорию Максвелла и основы атомной физики.

**Задачи:** изучение студентами основных понятий, определений и законов классической механики, статистической физики, классической электродинамики; формирование у студента способности применять знания, получаемые при изучении курса, к решению практически физических задач; обучение студентов самостоятельной работе с учебной литературой; подготовка студентов к изучению специальных курсов реакторной физики и курсов теоретической физики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Ядерная физика» относится к вариативной части общепрофессионального модуля учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

**Знание:** современных тенденций развития физики, основ математики, устройство приборов и видов носителей данных, основных понятий физики; социальной значимости своей будущей профессии, обладает высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности; сущности и значения информации в развитии современного общества,

**Умения:** проектировать и реализовывать эксперименты, обосновывать принимаемые проектные решения, составлять отчёт о проведённом исследовании; способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях,

**Владение:** основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; методиками использования физических явлений для решения практических задач, базовыми технологиями и инструментами.

Таблица 2.1.

### Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные и профессиональные компетенции

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общекультурные компетенции			
ОК-1	Студент способен представить современную картину мира на основе целостной системы естественно-научных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры.	Математика, философия	Физика ядерных реакторов Теплотехника Электротехника
ОК-4	Студент свободно	Русский язык и культура	Физика ядерных реакторов

	владеет литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, навыками публичной и научной речи. Умеет создавать и редактировать тексты профессионального назначения, владеет одним из иностранных языков как средством делового общения.	речи	Теплотехника Электротехника
ОК-12	Способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях.	Вычислительная техника	Физика ядерных реакторов Теплотехника Электротехника
Профессиональные компетенции			
ПК-2	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	Вычислительная техника	Физика ядерных реакторов Теплотехника Электротехника
ПК-8	Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, имеет навыки работы с компьютером как средством управления информацией.	Вычислительная техника	Физика ядерных реакторов Теплотехника Электротехника

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности).

Таблица 3.1

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина*		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
Код компетенции	Содержание компетенции	Знать: Уметь: Владеть:
ПК-3	Выпускник способен к работе в многонациональном коллективе, способен в ка-	<i>Знать:</i> - основные законы всех разделов ядерной физики.

	<p>честве лидера группы сотрудников формировать цели команды, принимать решения в ситуациях риска, учитывая цену ошибки, вести обучение и оказывать помощь сотрудникам.</p>	<p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики;</li> <li>- проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики.</li> </ul>
ПК-4	<p>Выпускник способен на научной основе организовать свой труд, самостоятельно оценить результаты своей деятельности; владеет навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований.</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы всех разделов ядерной физики.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики;</li> <li>- проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики.</li> </ul>
ПК-6	<p>Выпускник способен самостоятельно или в составе группы вести научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания.</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы всех разделов ядерной физики.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики;</li> <li>- проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики.</li> </ul>
ПК-22	<p>Выпускник способен к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам.</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы всех разделов ядерной физики.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики;</li> <li>- проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики.</li> </ul>
ПК-23	<p>Выпускник готов к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы всех разделов ядерной физики.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной</li> </ul>

		физики; - проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами; <i>Владеть:</i> - методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики.
ПСК-1.1	Выпускник способен проводить анализ данных о свойствах ядер для определения нейтронно-физических свойств материалов и их радиоактивности.	<i>Знать:</i> - основные законы всех разделов ядерной физики. <i>Уметь:</i> - решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики; - проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами; <i>Владеть:</i> - методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики.
ПСК-1.2	Выпускник способен использовать и формировать современные библиотеки ядерных констант, теплофизических данных.	<i>Знать:</i> - основные законы всех разделов ядерной физики. <i>Уметь:</i> - решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики; - проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами; <i>Владеть:</i> - методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики.

\*Перечень компетенций сформирован в соответствии с матрицей компетенций образовательной программы, содержание компетенций определяется образовательной программой в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ по специальности «Ядерные реакторы и материалы».

\*\*Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине сформирован в соответствии с картами компетенций образовательной программы и является основой для разработки фонда оценочных средств дисциплины.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоёмкость (объём) дисциплины составляет 4 зачётные единицы (ЗЕТ), 144 академических часа.

Таблица 4.1

Объём дисциплины по видам учебных занятий в соответствии с учебным планом

Вид учебной работы	Всего, зачётных единиц (акад. часов)	Семестр*
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
Контактная работа с преподавателем:	54	54

занятия лекционного типа	18	18
занятия семинарского типа	18	18
в том числе: практические занятия	18	18
лабораторные работы	18	18
Самостоятельная работа обучающихся**:	36	36
Изучение теоретического курса	9	9
Подготовка к лабораторным работам	9	9
Подготовка к аудиторным задачам	9	9
Домашние задачи	9	9
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	54	54

Таблица 4.2

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ модуля образовательной программы*	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
1	1	Фундаментальные частицы	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
	2	Распады и реакции	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
	3	Элементарные частицы	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
2	4	Структура ядер	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
	5	Устойчивость ядер	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, ПК-4, ПК-6,

								ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
	6	Виды распада	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, Пк-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
3	7	Ядерные реакции	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, Пк-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
	8	Реакции с нейтронами	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, Пк-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
	9	Виды реакций	2	2	2	4	10	ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, ПК-3, Пк-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
ИТОГО:			18	18	18	36	90	

\*Указан номер в связи с модульным принципом построения дисциплины учебного плана

#### 4.2. Содержание дисциплины

ДЕ1. Введение. Ядерная физика, предмет и методы изучения. Фундаментальные частицы. Классификация частиц. Лептоны. Кварки. Квантовые числа. Фундаментальные взаимодействия. Сильное взаимодействие. Электрослабое взаимодействие. Гравитационное взаимодействие. Объединение взаимодействий.

ДЕ2. Распады фундаментальных частиц. Спонтанность распада. Законы сохранения зарядов при распаде. Закон сохранения энергии при распаде. Закон сохранения момента импульса при распаде. Статистическое описание распадов. Период полураспада. Среднее время жизни. Активность. Объёмная активность. Массовая активность. Распады лептонов и кварков. Реакции фундаментальных частиц. Понятие реакции. Символическая запись. Законы сохранения зарядов. Законы сохранения энергии в реакциях. Закон сохранения импульса. Энергия порога. Закон сохранения момента импульса. Статистическое описание реакций. Микроскопическое сечение. Макроскопическое сечение. Длина свободного пробега. Дифференциальное сечение. Рассеяние фотона на фотоне. Рассеяние фотона на электроне. Реакция рождения пар при рассеянии на электроне. Рассеяние электрона на электроне. Реакция аннигиляции.

ДЕ3. Элементарные частицы. Систематика элементарных частиц. Барионы, мезоны. Характеристики протона и нейтрона. Электрические и магнитные свойства элементарных частиц. Распады элементарных частиц. Закон сохранения барионного заряда. Распад нейтрона. Взаимодействие между элементарными частицами. Общее о реакциях элементарных частиц. Упругое рассеяние.

Упругое рассеяние твёрдых шариков. Практически важные реакции элементарных частиц. Законы сохранения при высоких энергиях. Фейнмановские диаграммы.

ДЕ4. Структура ядер. Характеристики ядер. Заряд, масса, энергия связи. Стабильность ядер. Радиус ядра. Механический, магнитный и электрический моменты, чётность, изотопический спин. Структура ядра. Ядерные силы. Ядерные модели. Оболочечная модель ядра. Потенциальная яма ядра. Распределение нуклонов по уровням энергии. Энергия ядра как целого. Радиус и плотность ядер. Электрические свойства ядер. Спин ядра и его магнитные свойства. Модель Ферми-газа. Капельная, обобщенная модели.

ДЕ5. Распад ядер. Радиоактивность. Основные законы радиоактивного распада. Энергия связи ядра. Энергия связи нуклонов в ядре. Энергия связи ядерных образований в ядре. Устойчивость ядер. Радиоактивный распад ядер. Бета-распад. Электронный распад. Гамма-распад. Отдача при испускании фотонов ядром. Гамма-распад изомерных ядер. Двойной электронный распад. Позитронный распад. Способность ядер к бета-распаду. Нейтронный распад. Протонный распад. Двухнейтронный распад. Двухпротонный распад. Альфа-распад. Кластерный распад. Цепочки распадов. Радиоактивные семейства. Накопление изотопов в радиоактивных цепочках. Спонтанное деление. Спонтанное деление как источник нейтронов. Спонтанное деление из изомерных состояний. Суперасимметричное спонтанное деление.

ДЕ6. Ядерные реакции. Понятие ядерной реакции. Общие характеристики. Законы сохранения. Ядерные реакции при низких энергиях. Реакции через составное ядро. Энергетические уровни промежуточного ядра. Дисперсионная формула сечения ядерной реакции при низких энергиях. Прямые ядерные реакции. Инклюзивные ядерные реакции. Статистическое описание ядерных реакций. Сечение реакции. Полное сечение. Суммарное сечение. Выход ядерной реакции. Время ядерной реакции. Скорость ядерной реакции. Энергия реакции. Порог ядерной реакции. Реакции с нейтрино.

ДЕ7. Реакции с фотонами. Дифракционное рассеяние. Реакции с фотонами как источники нейтронов. Фотоядерная реакция образования пар. Реакции электронов с ядрами. Реакции с протонами. Реакции с дейтерием. Реакции с тритием и гелием-3. Реакции синтеза. Термоядерные реакции. Реакции с альфа-частицами. Реакции с тяжёлыми ионами. Взаимодействие частиц при высоких энергиях. Реакции с нейтронами. Потенциальное упругое рассеяние нейтронов. Внутреннее упругое рассеяние. Неупругое рассеяние. Радиационный захват.  $(n, p)$ -реакция.  $(n, \text{гелий-4})$ -реакция.  $(n, 2n)$ -реакция. Реакция вынужденного деления. Запаздывающие нейтроны. Реакции размножения. Систематизация реакций с нейтронами. Образование элементов в природе. Синтез трансураниевых элементов. Трансмутация. Карта нуклидов. Необычные виды ядер и атомов.

ДЕ8. Взаимодействие излучений с веществом. Реакции электронов с веществом. Характеристики пучков электронов. Обратное рассеяние электронов. Дифракционное рассеяние электронов. Ионизационные потери электронов. Ионизация вещества. Линейная ионизация электронами. Радиационные потери для электронов. Многократное рассеяние электронов в веществе. Траекторный пробег электронов. Проникновение электронов в вещество. Слой половинного поглощения. Нагревание вещества электронами. Каскад превращений в веществе. Особенности реакции позитронов с веществом. Эффект Вавилова-Черенкова. Переходное излучение.

ДЕ9. Реакции ионов с веществом. Характеристики пучков ионов. Обратное рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Ионное распыление. Потери энергии ионов в веществе. Линейная передача энергии. Тормозная способность вещества. Ионизация среды. Радиационные потери. Выделение теплоты. Ионная люминесценция. Вторичные электроны. Перезарядка ионов. Ядерные реакции под действием ионов в веществе. Пробег ионов в веществе. Особенности пробега осколков деления. Каналирование ионов. Последствия реакций ионов с веществом.

ДЕ10. Реакции фотонов с веществом. Характеристики пучков фотонов. Обратное рассеяние фотонов. Дифракционное рассеяние фотонов поверхностью. Ослабление пучка фотонов в веществе. Эффективный атомный номер вещества. Ослабление широкого пучка фотонов. Фактор накопления.

ДЕ11. Реакции нейтронов с веществом. Характеристики пучков нейтронов. Обратное отражение нейтронов. Дифракционное рассеяние нейтронов. Рассеяние нейтронов в веществе. Ионизация нейтронами. Активация нейтронами. Радиационные разрушения нейтронами. Замедление нейтронов. Длина свободного пробега. Нейтронная радиография. Диффузия нейтронов. Длина миграции. Выход нейтронов из вещества.



ДЕ12. Космические лучи. Взаимодействие частиц при высоких энергиях. Методы регистрации элементарных частиц и ядер.

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет 25 %.

Таблица 4.3

### Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоёмкость, акад. часов	
			Всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Фундаментальные частицы. ДЕ1.	2	0,5
2	2	Распады и реакции. ДЕ2. ДЕ3.	2	0,5
3	3	Элементарные частицы. ДЕ4.	2	0,5
4	4	Структура ядер. ДЕ5.	2	0,5
5	5	Устойчивость ядер. ДЕ6.	2	0,5
6	6	Виды распада. ДЕ7. ДЕ8.	2	0,5
7	7	Ядерные реакции. ДЕ9. ДЕ10.	2	0,5
8	8	Реакции с нейтронами. ДЕ11.	2	0,5
9	9	Виды реакций. ДЕ12.	2	0,5
Итого:			18	4,5

Таблица 4.4

### Практические занятия

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоёмкость, акад. часов	
			Всего	В том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Фундаментальные частицы. ДЕ1	2	0,5
2	2	Распады и реакции. ДЕ2. ДЕ3	2	0,5
3	3	Элементарные частицы. ДЕ4	2	0,5
4	4	Структура ядер. ДЕ5	2	0,5
5	5	Устойчивость ядер. ДЕ6	2	0,5
6	6	Виды распада. ДЕ7. ДЕ8	2	0,5
7	7	Ядерные реакции. ДЕ9. ДЕ10.	2	0,5
8	8	Реакции с нейтронами. ДЕ11	2	0,5
9	9	Виды реакций. ДЕ12	2	0,5
Итого:			18	4,5

Таблица 4.5

### Лабораторные работы

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы и перечень дидактических единиц	Трудоёмкость, акад. часов	
			Всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	Тема 1. Структурные свойства ядер	Техника безопасности в лаборатории Распределение вероятностей случайных величин, наблюдаемых в ядерно-физических исследованиях, и оценка их параметров.	3	3
2	Тема 2. Радиоактивный распад	Измерение бета-активности тонкого препарата известного изотопа с помощью тонкого сцинтилляционного детектора или торцового счетчика.	2	2
3	Тема 3. Ядерные реакции	Определение периода полураспада долгоживущего изотопа.	2	2
4	Тема 4. Реакции с нейтронами	Градуировка гамма-спектрометра по энергии фотонов и определение эффективности регистрации сцинтилляционного детектора.	4	4
5	Тема 5. Взаимодействие излучений с веществом. Регистрация излучений	Изучение поглощения гамма-излучения в веществе.	2	2
6	Тема 6. Основы работы реактора	Определение периода полураспада короткоживущего изотопа $^{116m}\text{In}$ . Определение максимальной энергии бета-спектра по толщине слоя половинного поглощения.	4	4
Итого:			17	17

Таблица 4.6

#### Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоёмкость, часов
1	1	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов. Выполнение домашнего задания. ДЕ1. ДЕ2. ДЕ3. ДЕ4. ДЕ5. ДЕ6. ДЕ7. ДЕ8. ДЕ9. ДЕ10. ДЕ11. ДЕ12.	6

2	2	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов. Выполнение домашнего задания. ДЕ1. ДЕ2. ДЕ3. ДЕ4. ДЕ5. ДЕ6. ДЕ7. ДЕ8. ДЕ9. ДЕ10. ДЕ11. ДЕ12.	6
3	3	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов. Выполнение домашнего задания. ДЕ1. ДЕ2. ДЕ3. ДЕ4. ДЕ5. ДЕ6. ДЕ7. ДЕ8. ДЕ9. ДЕ10. ДЕ11. ДЕ12.	6
4	4	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов. Выполнение домашнего задания. ДЕ1. ДЕ2. ДЕ3. ДЕ4. ДЕ5. ДЕ6. ДЕ7. ДЕ8. ДЕ9. ДЕ10. ДЕ11. ДЕ12.	6
5	5	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов. Выполнение домашнего задания. ДЕ1. ДЕ2. ДЕ3. ДЕ4. ДЕ5. ДЕ6. ДЕ7. ДЕ8. ДЕ9. ДЕ10. ДЕ11. ДЕ12.	6
6	6	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов. Выполнение домашнего задания. ДЕ1. ДЕ2. ДЕ3. ДЕ4. ДЕ5. ДЕ6. ДЕ7. ДЕ8. ДЕ9. ДЕ10. ДЕ11. ДЕ12.	6
ИТОГО:			

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### Лекции

Посещение лекций является обязательным. Это связано с тем, что экзамен в конце семестра будет письменным, и на нём студентам будет разрешено пользоваться лекциями и любыми рукописными пособиями. Поэтому особенно важно, чтобы студенты прослушали теоретический материал. Если студент по любой причине пропустит лекцию, то он должен её отработать. Отработка лекции начинается с того, что пропущенная лекция должна быть переписана у того студента, который особенно аккуратно записывает лекции. Студент должен разобраться в материале, изложенном на лекции и должен быть готов ответить на несколько вопросов по существу лекции. Сама отработка пропущенной лекции проходит во время консультации, или, в крайнем случае, во время практических занятий.

Исходя из того, что семестр длится 18 недель и лекции читаются один раз в неделю, то полный план чтения лекций сообщается лектором дополнительно.

Однако на практике часть лекций по разным причинам выпадает. Материал таких лекций студенты вынуждены изучить самостоятельно, пользуясь программой курса физики и рекомендованной литературой.

### Входной контроль

Для того чтобы определить степень подготовленности студентов к изучению физики на первом практическом занятии проводится входной контроль знаний студентов. Он проходит в форме тестирования. Тестовые задания отражают вопросы, знание которых важно для полноценного изучения физики. Результаты входного контроля сообщаются студентам и деканат.

### Тестирование

В целях подготовки к экзамену, который может проходить в форме в форме тестирования, часть практических занятий проводится в форме тестирования. На таком практическом занятии студент получает один из вариантов теста и бланк ответа. На самом тесте никаких пометок делать не разрешается. Свои ответы студент помещает на листе ответа. В конце занятия студент сдаёт преподавателю тест и лист ответа. Преподаватель при наличии возможности проверяет лист ответа непосредственно в ходе занятия. Если листы ответов сдаются в конце занятия, то результаты тестирования преподаватель сообщает на следующем занятии.

Как правило, тесты выполняются последовательно. В порядке исключения преподаватель может выдать тест для его выполнения дома.

Так как изучение физики в семестре разбито на три модуля, привязанные к аттестациям, то к первой аттестации (6 неделя) студенты должны сдать 3 теста; ко второй аттестации студенты должны сдать ещё 3 теста. Затем до конца семестра студенты должны сдать оставшиеся 2 теста.

### Аудиторные задачи

До начала первого занятия по решению аудиторных задач старосты групп разбивают студентов на бригады по два человека, учитывая пожелания студентов. Если число студентов в группе превышает 24 человека, то часть бригад формируется в составе трёх студентов. Если число студентов в группе меньше 24 человек и является нечётным, то одна из бригад формируется в составе одного студента. Каждой бригаде староста группы сообщает номер варианта, который остается неизменным до конца семестра.

В начале первого занятия по решению аудиторных задач староста передаёт преподавателю список студентов по бригадам и с указанием номера варианта задач бригады.

Решения аудиторных задач оформляются в произвольном виде.

Бригада, решившая хотя бы одну задачу, сдаёт её преподавателю. После пояснения хода решения задачи и ответа на дополнительные вопросы. При успешном результате преподаватель отмечает в своём журнале, что бригада данную задачу сдала и может сдавать следующую задачу. Если по каким-либо причинам задачу сдаёт только один студент из бригады, то факт сдачи задачи фиксируется только для него. Другой участник бригады должен в последующем сдавать эту задачу самостоятельно.

### **Семинарские занятия**

Семинар, как один из видов практических занятий в современной высшей школе, является средством формирования, развития и совершенствования у студентов следующих компетенций:

- общекультурных (способность самостоятельно приобретать и самостоятельно использовать в практической деятельности новые знания и умения, углублять своё научное мировоззрение),
- способность расширять и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень,
- способность к коммуникации в научной, производственной и социально-общественной сфере деятельности,
- и профессиональных (способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач),
- способность и готовность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчётов, обзоров, докладов и статей).

Этапы проведения семинарского занятия имеют следующий характер.

Предварительный этап:

- выбор темы доклада, (студент имеет возможность сам предложить тему доклада, связанную с рассматриваемыми в курсе физике вопросами. При отсутствии пожеланий со стороны студента или при отклонении предложенной им темы, тему доклада студенту назначает преподаватель),
- работа с различными источниками информации,
- подготовка конспекта по теме доклада,
- формулирование обобщения содержания доклада (краткая аннотация),
- формулирование основных выводов доклада,
- подготовка списка использованной литературы.

Практическая часть включает в себя:

- выступление студента с докладом (ориентировочная длительность доклада 10 минут; эта длительность приближённо соответствует 5 страницам текста, набранного 14 шрифтом),
- обсуждение доклада, при котором аудитория задаёт минимум 3 вопроса докладчику; преподаватель вправе задать выступившему вопрос «Что должны понять слушатели после Вашего доклада?»; могут прозвучать вопросы к аудитории «Что Вы поняли по предложенной теме?», «Что, на Ваш взгляд, является главным в докладе товарища?»),
- краткое заключение преподавателя.

Студенты, не успевшие выступить на семинарском занятии, готовят реферат по выданной теме. Реферат состоит из титульного листа и текста. Объём реферата занимает не менее 5 страниц формата А4 текста, набранного на компьютере 14 шрифтом Times New Roman. Реферат сдаётся на предварительный просмотр преподавателю, а затем сдаётся в порядке, аналогичном сдаче домашних задач.

### **Коллоквиум**

В течение семестра проводятся коллоквиумы. На коллоквиуме всем студентам за два академических часа предлагается устно ответить на вопросы, задаваемые преподавателем.

Первый коллоквиум проводится на 6-й неделе, второй на 12-й неделе.

На первый коллоквиум выносятся вопросы программы, связанные с содержанием лекций, прочитанных с первой по шестую неделю.

На второй коллоквиум выносятся вопросы программы, связанные с содержанием лекций, прочитанных с седьмой по двенадцатую неделю.

Студентам может быть заранее объявлен минимум вопросов.

Литература для подготовки указана в пособии.

От коллоквиума никто не освобождается, проверке подвергаются все студенты.

Коллоквиум состоит из большого числа вопросов на проверку более глубокого понимания изученного материала (доказательства, примеры и т.п.).

Проведение коллоквиумов не только стимулирует учебную активность студентов, но и придает их работе рассредоточенный характер, а процесс овладения изучаемым материалом идёт по линии его более глубоко осмысления и усвоения.

Коллоквиумы приучают студентов соблюдать закономерности учебно-познавательной деятельности, побуждают их к совершенствованию учебных умений и навыков.

Преподаватель фиксирует количество правильных ответов.

Коллоквиум – это как бы устный предварительный экзамен.

Вопросы предполагают короткие ответы, не требующие длинных выкладок.

Студент, отсутствовавший на коллоквиуме, сдаёт его в письменном виде на одном из последующих занятий.

### **Промежуточный контроль**

В вузе отсутствует система постоянного контроля знаний студентов. Для того чтобы всё же иметь данные о состоянии успеваемости студента, три раза в семестр на 6-й, 12-й и последней неделе проводится промежуточный контроль. В ходе промежуточного контроля лектор оценивает работу студента, выставляя ему балл.

Для получения максимального балла необходимо выполнить все требования, изложенные в программе. Это означает в том числе, что в ходе промежуточного контроля нужно отчитаться за все пропущенные лекции.

### **Домашние задачи**

Для дополнительного закрепления учебного материала студент в течение семестра должен решать задачи не только во время занятий, но и дома. Через две недели после начала семестра староста группы передаёт лектору списки студентов с указанием номера варианта. Номер варианта определяется старостой группы с учётом пожеланий студентов. Если пожеланий от старосты не поступило, то номера вариантов определяются непосредственно лектором, который и будет принимать подготовленные задачи. После этого номер варианта менять не разрешается.

Задачи выполняются на листах белой бумаги формата А4 с титульным листом. Каждая задача оформляется на отдельном листе. Сверху пишется условие задачи, ниже её решение. Если одного листа оказывается недостаточно, то решение продолжается на обороте листа. На титульном листе указывается название института, название «Домашние задачи», фамилия и инициалы студента, номер группы, номер варианта.

В домашних условиях студент решает домашние задачи, разбитые на две части, содержащихся в каждом варианте.

Студенту рекомендуется, как можно раньше, не откладывая до контрольных точек, решать домашние задачи. Рекомендуется решённые домашние задачи предварительно передать преподавателю для проверки. Это позволит подготовиться к вопросам преподавателя при защите домашних задач и своевременно исправить недочёты.

Решённые домашние задачи окончательно сдаются преподавателю в ходе собеседования о ходе их решения на консультациях, сроки и время проведения которых согласовываются с лектором старостой группы. В порядке исключения приём задач может осуществляться во время аудиторных занятий. Студенту настоятельно рекомендуется перед устной сдачей задач повторить смысл всех буквенных обозначений и размерностей соответствующих физических величин.

Так как изучение физики в семестре разбито на три модуля: то к 6-ой неделе студенты должны сдать задачи из первой части домашнего задания, к 12-ой неделе студенты должны сдать задачи из второй части домашнего задания.

### **Текущие консультации**

Консультации проводятся по просьбе старост групп в согласованное с лектором время. Во время консультации студенты имеют возможность выяснить неясные вопросы по изучаемому материалу, отчитаться по пропущенным лекциям, сдать аудиторские задачи. Лектор обязан провести в семестре консультации в размере 5 % от лекционных часов на группу.

#### **Предэкзаменационная консультация**

Эта консультация проводится по расписанию экзаменационной сессии. Во время предэкзаменационной консультации преподаватель рассказывает о порядке проведения экзамена, доводит до сведения студентов количество задач, которое им предстоит решить для получения отличной оценки, а также сообщает, кто из студентов не допущен к сдаче экзамена. Но основной целью предэкзаменационной консультации является разъяснение неясных вопросов, которые накопились у студентов в процессе подготовки к экзамену.

#### **Экзамен**

Экзамен является итоговой проверкой знаний студентов, полученных ими в течение семестра. К экзамену допускаются студенты, полностью выполнившие всю программу семестра. Это означает, что студенты должны получить зачёт по лабораторным работам, отчитаться за все пропущенные лекции, успешно выполнить все аудиторские тесты, сдать все аудиторские задачи, положительно проявить себя на семинарах и коллоквиумах, сдать домашние задачи.

Экзамен может проводиться в форме тестирования. Продолжительность экзамена 80 минут. Каждый студент получает билет в виде теста, содержащего 32 тестовых заданий и лист ответов. Ответы на тестовые задания вносятся на лист ответов. На самих тестах писать или делать какие-либо отметки не разрешается.

Экзамен может проводиться в письменном виде в виде решения качественных и расчётных задач. В этом случае продолжительность экзамена составляет три часа. Решение экзаменационной задачи оценивается по следующим критериям: перевод в СИ; построение чертежа с указанием векторных величин; краткие пояснения по ходу решения; решение в общем виде; проверка по размерности физических величин и числовой ответ.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)**

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Входной контроль** по дисциплине.

- тестирование;

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателями, ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- письменные домашние задания;
- устные опросы;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчётов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующих формах:

- тестирование;
- контрольные работы;
- коллоквиумы;

**Итоговый контроль** по результатам семестра по дисциплине проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и решения задач).

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, перечислены в Приложении.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1

Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Савельев И.В.	Курс физики, т.т. 1-5.	Москва	«Наука»	1993-1998	358
	Савельев И.В.	Курс общей физики т. 1-5	Москва	«Астрель-АСТ»	2002	100
	Зисман Г.А., Тодес О.М.	Курс общей физики. т. 1-3	Москва	«Наука»	1972	50
	Яворский Б.М., Детлаф А.А.	Курс физики т. 1-3.	Москва	«Высшая школа»	1972	137
	Сивухин Д.В.	Общий курс физики т.т. 1-5.	Москва	«Высшая школа»	1983-1990	24
	Гершензон Е.М. и др.	Курс общей физики. т.т. 1-2. Механика.	Москва	«Академия»	2000	12
	Иродов И.Е.	Задачи по общей физике	Москва	«Бином»	1998	40
1	Гольданский В.И., Гальпер А.М., Топоркова Э.П.	Превращение атомных ядер.	Москва	МИФИ	1990.	
	Гольданский В.И., Гальпер А.М., Топоркова Э.П.	Ядерные реакции.	Москва	МИФИ	1992.	
	Гальпер Д.М., Топоркова Э.П.	Физика высоких энергий.	Москва	МИФИ	1994.	
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.,	Фейнмановские лекции по физике.	Москва	«Мир»	1965-1967	вып. 1-9.
	Матвеев А.Н.	Механика и теория относительности	Москва	«Высшая школа»	1986	20
	Астахов А.В., Широков Ю.М.	Курс физики. т. 1-3.	Москва	«Наука»	1977-1981	

	Савельев И.В.	Сборник вопросов и задач по общей физике.	Москва	«Наука»	1982	6
	Чертов А.Г., Воробьев А.А.	Задачник по физике.	Москва	«Физматлит»	2001	256
	Волькенштейн В.С.	Сборник задач по общему курсу физики.	Москва	«Наука»	1990	50
1	Мухин К.Н.	Экспериментальная ядерная физика. Т. 1, 2.	Москва	«Энергоатомиздат»	1983.	
	Широков Ю.М. Юдин Н.П.	Ядерная физика.	Москва	«Наука»	1980	
		Практикум по ядерной физике.	Москва	Изд-во МГУ	1988	
		Сборник лабораторных работ по ядерной физике.	Москва	«Атомиздат»	1979	
		Сборник лабораторных работ по ядерной физике. Части 1, 2, 3.	Москва	МИФИ	1996.	
	Кабардин О.Ф.	Практикум по ядерной физике.	Москва	«Просвещение»	1965	
	Любимов А., Киш Д.	Введение в экспериментальную физику частиц.	Москва	«ФИЗМАТЛИТ»	2001	

В библиотеке вуза студентам обеспечивается доступ к справочной, научной и учебной литературе, монографиям и периодическим научным изданиям по специальности. Формирование и обновление фонда библиотеки осуществляется в соответствии с приказом Минобрнауки России № 1246 от 27.04.2000 г. «Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения» и приказом Минобрнауки России № 1623 от 11.04.2001 г «Об утверждении минимальных нормативов обеспеченности высших учебных заведений учебной базой в части, касающейся библиотечно-информационных ресурсов».

Общий фонд включает учебники и учебные пособия, научную литературу, в которую входят: диссертации, монографии, авторефераты, вся справочная литература, энциклопедии - универсальные и отраслевые, электронные учебники.

Фонд дополнительной литературы помимо учебной, включает официальные, справочно-библиографические и периодические издания. Фонд периодики представлен отраслевыми изданиями, соответствующими профилю вуза. Фонд периодических изданий комплектуется массовыми центральными и местными общественно-политическими изданиями.

Студенты имеют доступ к ЭБС и Интернету, что повышает возможность подготовки к экзаменам и зачетам, а также написания курсовых работ и проектов и дипломных проектов.

ЭБС **НИЯУ-МИФИ** зарегистрирована как база данных. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2012620735.

**Фонд электронно-библиотечной системы образовательных и просветительских изданий**



**IQlib**, www.IQlib.ru, 10000 ключей по тарифу «Активное лето». Договор №21-14-910/56/2014 от 01.09.2014 об информационном обслуживании. Срок договора 01.09.2014-31.08.2015, сумма договора 200000рублей.

**ЭБС издательства «Лань»**, www.e.lanbook.com., неограниченный доступ к ресурсам системы. Договор №20-14-910 от 01.09.2014. Срок договора 01.09.2014-31.08.2015 на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным изданиям, сумма договора 950000рублей.

## **7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

<http://fusedweb.pppl.gov/CPEP/chart.html>  
<http://ncdo.levsha.ru/Pub/047D.files/main.htm>  
<http://nuclphys.npi.msu.su/>  
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/>  
<http://pdg.lbl.gov/>  
<http://ppdg.net>  
<http://stch-chat.chat.ru/Index.html>  
<http://www.bsu.edu.ru:8801/resource/nphys/index.html>  
<http://www.chuvsu.ru/education/nrv/>  
<http://www.fusiongrid.org>  
<http://www.iaea.org>  
<http://www.nds.iaea.org>  
<http://www.nndc.bnl.gov/>  
<http://www.nndc.bnl.gov/nndc/nudat/>  
<http://www.nuclear.ru>  
<http://www.rarf.riken.go.jp/rarf/np/nplab.html>  
<http://www.rosatom.ru>  
<http://www.webelements.com/>  
<http://www.xatom.ru/cniiftom/dor/htm>  
<http://www-sk.icrr.utokyo.ac.jp/doc/sk/>  
<http://pontecorvo.jinr.ru/pswork.html>  
<http://stch-chat.chat.ru/Index.htm>  
<http://www.hep.net> Физика элементарных частиц  
<http://www.ihep.su/>  
<http://www.npi.msu.su/kliv/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Лекционные занятия:

аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Практические занятия (семинарского типа):

презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),

пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, ...),

3. Лабораторные работы:

лаборатория ядерной физики, оснащённая источниками радиоактивного излучения, счётчиками, пересчётными устройствами, специализированные программы обработки экспериментальных результатов.

4. Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащённое компьютером с доступом в Интернет,
- рабочие места студентов, оснащённые компьютерами с доступом в Интернет,
- справочная литература.

## 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине

Ядерная физика

Специальность 141501 – Ядерные реакторы и материалы

Семестр 5

Максимальное количество баллов за работу в течение семестра: 60 баллов.

Итоговый контроль: 40 баллов

Всего часов 144

в том числе:

лекции – 18 часов;

практические занятия – 18 часов;

лабораторные работы – 18 часов;

Самостоятельная работа студентов – 36 часов;

подготовка к экзамену – 54 часов.

Структура текущего и промежуточного контроля по дисциплине

Информация о контр. точках	Баллы за работу в семестре (<= 60)					
	Текущий контроль (<=25) (ТК)				Промежуточный контроль (<=30) (ПК)	
	ТК1-3	ПК1	ТК4-6	ПК2	ТК7-8	ПК3
Неделя сдачи	6	6	12	12	17	17
Макс. балл	9	10	9	10	8	9
Форма контроля	Т1-3	А3, ДЗ	Т	А3, ДЗ	Т	А3

Обозначения: Т – тестирование; А3 – решение задач в аудитории, ДЗ – домашние задачи.

Структура баллов, начисляемых студентам по результатам текущего контроля и промежуточного контроля

№ п/п	Наименование видов учебной работы	Начисляемое количество баллов (долей баллов)	Максимальное количество баллов по данному виду учебной работы
	<b>МОДУЛЬ 1</b>		
1	Тестирование	0,1	2
2	Аудиторные задачи	0,7	2
3	Домашние задачи	0,5	2
4	Лабораторные работы	–	2
	<b>МОДУЛЬ 2</b>		
5	Тестирование	0,1	2
6	Аудиторные задачи	0,7	2
7	Домашние задачи	0,5	2

8	Лабораторные работы	–	2
	<b>МОДУЛЬ 3</b>		2
8	Тестирование	0,1	2
9	Аудиторные задачи	0,7	2
10	Домашние задачи	0,5	2
11	Лабораторные работы	–	2
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ ЗА СЕМЕСТР:</b>		55

**ПЕРЕЧЕНЬ домашних заданий и видов самостоятельной работы студентов**

№ п/п	Темы домашних заданий и самостоятельной работы	Недели семестра, в которых будет выдаваться задание	Недели семестров, в которых будут приниматься отчеты по домашним заданиям и работам
	<b>МОДУЛЬ 1</b>		
	Решение части 1 домашних задач, подготовка к лекциям, к аудиторным занятиям, подготовка к лабораторным работам	1	6
	<b>МОДУЛЬ 2</b>		
	Решение части 2 домашних задач, подготовка к лекциям, к аудиторным занятиям, подготовка к лабораторным работам	1	12
	<b>МОДУЛЬ 2</b>		
	Подготовка к лекциям, к аудиторным занятиям, подготовка к лабораторным работам	1	17

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

УТВЕРЖДАЮ

Декан \_\_\_\_\_ В. Х. Бронз

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой ядерных реакторов и материалов

\_\_\_\_\_  
*личная подпись      расшифровка подписи      дата*

Декан физико-технического факультета

\_\_\_\_\_  
*личная подпись      расшифровка подписи      дата*

Начальник УМУ \_\_\_\_\_

*личная подпись      расшифровка подписи      дата*

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Ядерная физика» является частью блока 1 профессионального модуля дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 141501 – ядерные реакторы и материалы. Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой ядерных реакторов и материалов.

Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций ОК-1, ОК-3, ОК-7, ОК-12, профессиональных компетенций ПК-3, Пк-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2 выпускника.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с исследованием, разработками, направленными на регистрацию информации, разработку теории, созданием и применением ядерных установок; распространением и взаимодействием излучения с объектами живой и неживой природы; обеспечением ядерной и радиационной безопасности и защищенности ядерных материалов и ядерно-физических установок.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме тестирования, промежуточный контроль в форме контрольных работ и итоговый контроль в форме экзамена.

Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 180 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные 18 часов, практические 18 часов, лабораторные 18 часов занятия и 36 часов самостоятельной работы студента.

### **Методические указания для самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа студентов включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным работам) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическим планом;
- выполнение письменных домашних работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к зачету;
- работу в студенческих научных обществах, кружках, семинарах и др.;
- участие в научной и научно-методической работе кафедры и факультета;
- участие в научных и научно-практических конференциях, семинарах, конгрессах и тому подобное;
- другие виды деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Самостоятельная работа, выполняемая студентами, должна отвечать следующим требованиям:

- быть проделанной лично студентом или являться самостоятельно выполненной частью коллективной работы;
- представлять собой законченную разработку или законченный этап разработки, в которых раскрываются и анализируются актуальные проблемы изучаемой дисциплины и соответствующей сферы практической деятельности;
- демонстрировать достаточную компетентность студента в раскрываемых вопросах;
- иметь учебную, научную и/или практическую направленность и значимость;
- содержать определённые элементы новизны.

Самостоятельная письменная работа готовится в соответствии с государственными стандартами, а также с учётом дополнительных требований кафедры и факультета.

Результаты самостоятельной работы студентов оцениваются преподавателем, деканатом и кафедрой. В качестве форм отчета о самостоятельной работе могут быть представлены:

- оценка устного ответа на вопрос на лабораторных занятиях;
- решение ситуационных задач;
- конспект, выполненный по теме, изучаемой самостоятельно;
- представленные тексты домашней работы и её защита;
- тестирование, выполнение письменной контрольной работы по изучаемой теме;
- модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов по блокам изучаемой дисциплины;
- успешная сдача зачета;
- статьи, тезисы выступления и другие публикации в научном, научно-популярном, учебном издании по итогам самостоятельной работы и научно-исследовательской работы, опубликованные по решению кафедры или факультета.

Чрезвычайно полезно использовать в часы самостоятельной работы программированные материалы и компьютерные обучающие программы. Наблюдения показывают, что, помимо индивидуализации, они, как правило, повышают интерес к предмету и обеспечивают более прочные и глубокие знания.

Самостоятельная работа студента при изучении курса ядерной физики заключается в подготовке к лекциям, в повторении их материала, подготовке к лабораторным работам и их оформлению, выполнению зачетного задания. Как сказано, обширность программы не позволяет рассмотреть все вопросы на лекциях подробно. В связи с этим студент должен самостоятельно, пользуясь рекомендованными учебниками, изучить эти вопросы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Димитровградский инженерно-технологический институт –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

**УТВЕРЖДАЮ:**

Декан \_\_\_\_\_ В.Х. Бронз  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Ядерная физика  
(наименование дисциплины)

Для специальности 14150165 - Ядерные реакторы и материалы  
(код и наименование направления подготовки)

Специализация №1. «Ядерные реакторы».  
(наименование специализации)

инженер-физик  
квалификация (степень) выпускника

Фонд оценочных средств  
разработан

\_\_\_\_\_  
(подпись) Б.Н. Виноградов  
доцент кафедры ядерных реакторов и материалов,  
к.ф.-м.н. доцент

Рекомендован к утверждению на заседании кафедры ядерных реакторов  
и материалов

протокол заседания  
от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Краснощёлов  
(подпись) (Ф.И.О.)

Димитровград 2014г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Модели контролируемых компетенций

1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования

1.3. Основные показатели оценивания компетенций

1.4. Перечень оценочных средств

### 2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

2.1. Оценочные средства для входного контроля

2.2. Оценочные средства для текущего контроля

2.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации



## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1.1. МОДЕЛИ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

Таблица 1

Код компетенции*	Формулировка компетенции
<b>ПК</b>	<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>
ПК-3	Способностью использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения.
ПК-4	Способностью применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области.
ПК-6	Способностью самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования.
ПК-22	Готовностью к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем.
ПК-23	Способностью к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и/или программных средств.
ПСК-1.1	Способностью проводить анализ данных о свойствах ядер для определения нейтронно-физических свойств материалов и их радиоактивности.
ПСК-1.2	Способностью использовать и формировать современные библиотеки ядерных констант, теплофизических данных.

\*Код контролируемой компетенции указан в соответствии ФГОС/ОС.

Согласно рабочему учебному плану специальности, в формировании данных компетенций участвуют дисциплины и виды практик:

ПК-3 Физика. Атомная физика. Ядерная физика. Техническая термодинамика. Гидродинамика и теплообмен. Теория переноса нейтронов. Инженерные расчеты и проектирование ядерных установок. Теория переноса излучения. Физическая теория реакторов. Учебная практика. Производственная практика, Преддипломная практика. Итоговая государственная аттестация.

ПК-4 Физика. Физический практикум. Атомная физика. Химия и химический практикум. Теоретическая механика. Экология. Квантовая механика и статистическая физика. Сопротивление материалов. Численные методы. Основы электротехники. Электротехника и электроника. Компьютерный практикум. Ядерная физика. Материаловедение: материалы ядерных установок. Исследовательские реакторы. Методы и приборы физических измерений. Курсовой проект: проектирование и выбор оборудования ядерных энергетических установок, безопасность и экономичность ядерных энергетических установок. Основы алгоритмических языков программирования. Асимптотические методы в физике. Надёжность и безопасность ядерных энергетических установок. Учебная практика. Преддипломная практика. Итоговая государственная аттестация.

ПК-6 Физика. Физический практикум. Атомная физика. Химия и химический практикум. Теоретическая механика. Экология. Квантовая механика и статистическая физика. Сопротивление материалов. Численные методы. Основы электротехники. Электротехника и электроника. Компьютерный практикум. Ядерная физика. Материаловедение: материалы ядерных установок, Исследовательские реакторы, Методы и приборы физических измерений. Курсовой проект: проектирование и выбор оборудования ядерных энергетических установок, безопасность и экономичность ядерных энергетических установок. Основы алгоритмических языков программирования. Асимптотические методы в физике. Динамика и безопасность ядерных энергетических установок. Надёжность и безопасность ядерных энергетических установок. Методы проектирования. Преддипломная практика. НИР. Итоговая государственная аттестация.

ПК-22 Физика. Физический практикум. Атомная физика. Химия и химический практикум. Сопротивление материалов. Основы электротехники. Электротехника и электроника. Ядерная физика. Материаловедение: материалы ядерных установок. Исследовательские реакторы. Методы и приборы физических измерений. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебная практика. Производственная практика. Преддипломная практика. Итоговая государственная аттестация.

ПК-23 Физика. Физический практикум. Атомная физика, Ядерная физика. Исследовательские реакторы. Методы и приборы физических измерений. Метрология, стандартизация и сертификация. Энергооборудование ядерных энергетических установок. Учебная практика. Производственная практика. Преддипломная практика. Итоговая государственная аттестация.

ПСК-1.1 Ядерная физика. Преддипломная практика. НИР. Итоговая государственная аттестация.

ПСК-1.2 Ядерная физика. Преддипломная практика. Итоговая государственная аттестация.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

**знать:**

З.1 - основные законы всех разделов ядерной физики;

**уметь:**

У1 - решать теоретические задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики;

У2 - проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами;

**владеть:**

В1 - методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики;

В2 - методами анализа данных о свойствах ядер для определения нейтронно-физических свойств материалов и их радиоактивности.

Формами аттестации по дисциплине являются: 5 семестр – экзамен.

Сформированность данных компетенций проверяется в итоговой аттестации при выполнении и защиты выпускной квалификационной работы.

## 1.2. ПРОГРАММА ОЦЕНИВАНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ЭТАПАМ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Таблица 2

№ п/п	Контролируемые Разделы дисциплины *	Код контролируемой компетенции (или ее части)***	Наименование оценочного средства **		
			Текущий контроль	Рубежный контроль	Промежуточная аттестация

1	Фундаментальные частицы	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	1ЛР	1А3	ПЭ по билетам
2	Распады и реакции	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	2ЛР	1А3	ПЭ по билетам
3	Элементарные частицы	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	3ЛР	1ИДЗ	ПЭ по билетам
4	Структура ядер	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	4ЛР	1А3	ПЭ по билетам
5	Устойчивость ядер	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	5ЛР	1А3	ПЭ по билетам
6	Виды распада	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	6ЛР	2ИДЗ	ПЭ по билетам
7	Ядерные реакции	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	7ЛР	1А3	ПЭ по билетам
8	Реакции с нейтронами	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	8ЛР	1А3	ПЭ по билетам
9	Виды реакций	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2	9ЛР	1А3	ПЭ по билетам

\*Наименование тем приведено в соответствии с рабочей программой дисциплины.

\*\*\*Код контролируемой компетенции указан в соответствии ФГОС/ОС.

А3 аудиторные задачи, ЛР – лабораторная работа; ИДЗ – индивидуальное домашнее задание; ПЭ – письменный экзамен.

### 1.3. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ:

Соотнесение формируемых компетенций со знаниями, умениями и навыками приведено в следующей таблице:

Таблица 3

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)	
ПК-3	3.1	У1, У2	В1, В2	1ЛР, 1А3, 2ЛР, 1А3, 3ЛР, 1ИДЗ, 4ЛР, 1А3, 5ЛР,

				1А3, 6ЛР, 2ИДЗ, 7ЛР, 1А3, 8ЛР, 1А3, 9ЛР, 1А3
ПК-4	3.1	У1, У2	В1, В2	1ЛР, 1А3, 2ЛР, 1А3, 3ЛР, 1ИДЗ, 4ЛР, 1А3, 5ЛР, 1А3, 6ЛР, 2ИДЗ, 7ЛР, 1А3, 8ЛР, 1А3, 9ЛР, 1А3
ПК-6	3.1	У1, У2	В1, В2	1ЛР, 1А3, 2ЛР, 1А3, 3ЛР, 1ИДЗ, 4ЛР, 1А3, 5ЛР, 1А3, 6ЛР, 2ИДЗ, 7ЛР, 1А3, 8ЛР, 1А3, 9ЛР, 1А3
ПК-22	3.1	У1, У2	В1, В2	1ЛР, 1А3, 2ЛР, 1А3, 3ЛР, 1ИДЗ, 4ЛР, 1А3, 5ЛР, 1А3, 6ЛР, 2ИДЗ, 7ЛР, 1А3, 8ЛР, 1А3, 9ЛР, 1А3
ПК-23	3.1	У1, У2	В1, В2	1ЛР, 1А3, 2ЛР, 1А3, 3ЛР, 1ИДЗ, 4ЛР, 1А3, 5ЛР, 1А3, 6ЛР, 2ИДЗ, 7ЛР, 1А3, 8ЛР, 1А3, 9ЛР, 1А3
ПСК-1.1	3.1	У1, У2	В1, В2	1ЛР, 1А3, 2ЛР, 1А3, 3ЛР, 1ИДЗ, 4ЛР, 1А3, 5ЛР, 1А3, 6ЛР, 2ИДЗ, 7ЛР, 1А3, 8ЛР, 1А3, 9ЛР, 1А3
ПСК-1.2	3.1	У1, У2	В1, В2	1ЛР, 1А3, 2ЛР, 1А3, 3ЛР, 1ИДЗ, 4ЛР, 1А3, 5ЛР, 1А3, 6ЛР, 2ИДЗ, 7ЛР, 1А3, 8ЛР, 1А3, 9ЛР, 1А3

Основные показатели оценивания знаний, умений и навыков, необходимых для формирования компетенций, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Формируемые компетенции
З1 – знать основные законы всех разделов ядерной физики	Знает и понимает основные понятия ядерной физики	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
У1 – уметь решать теоретические	Умеет применять на практике зна-	ПК-3, ПК-4,

задачи, используя основные законы всех разделов ядерной физики	ния, приобретенные на лекциях и полученные из учебников и Интернета	ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
У2 – проводить расчёты, связанные с физическими экспериментами	Обладает умением обрабатывать эмпирические и экспериментальные данные полученные в эксперименте	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
В1 – владеть методами теоретического и экспериментального исследования во всех разделах ядерной физики	Владеет методами теоретического расчета и обработки результатов эксперимента	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2
В2 – владеть методами анализа данных о свойствах ядер для определения нейтронно-физических свойств материалов и их радиоактивности	Владеет методами оценки правильности теоретических расчетов и результатов эксперимента	ПК-3, ПК-4, ПК-6, ПК-22, ПК-23, ПСК-1.1, ПСК-1.2

#### 1.4. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Характеристика оценочных средств по дисциплине представлена в таблице 5.

Таблица 5

№	Наименование оценочного средства*	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Аудиторные задачи	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме	Комплект контрольных заданий по вариантам
2	Лабораторные работы	Конечный продукт, получаемый в результате выполнения комплекса учебных заданий в соответствии с заданным алгоритмом проведения работ. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Комплект лабораторных работ.
3	Индивидуальные домашние задания	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

\*Взяты из таблицы 2

## 2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Типовые контрольные задания представлены в соответствии с перечнем оценочных средств по дисциплине в следующей структуре:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

- сами оценочные средства с выделением правильных ответов (для тестов и контрольных работ);
- критерии и шкалы оценивания.

## 2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Приведены тесты и методика оценивания.

### Тест входного контроля

0.1. Какое определение соответствует термину «Ядерная физика»?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) это раздел физики, изучающий нейтроны и их поведение при проведении различных реакций и в свободном состоянии; 2) это раздел физики, изучающий структуру и свойства атомных ядер, а также их столкновения (ядерные реакции); 3) это комплекс операций на предприятиях ядерной энергетики.

### 1. Начальный уровень

1.1. В ядре атома химического элемента 16 протонов и 22 нейтрона.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) этот химический элемент – стронций; 2) этот химический элемент – сера; 3) этот химический элемент – титан.

1.2. Полное превращение элементов впервые наблюдалось в реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow ?$ , в результате которых появилось два одинаковых ядра. Что это за ядра?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) водород; 2) гелий; 3) бериллий

1.3. Что называется критической массой в ядерном реакторе?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) минимальная масса ядерного топлива, при которой в реакторе может быть осуществлена цепная реакция; 2) масса ядерного топлива в реакторе, при которой он может работать без взрыва; 3) дополнительная масса ядерного топлива, вносимая в реактор для его запуска.

1.4. Элемент  ${}^A_Z\text{X}$  испытал  $\alpha$ -распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{A-4}_{Z+1}\text{Y}$ ; 2)  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ ; 3)  ${}^A_{Z-1}\text{Y}$

1.5. Чему равно число протонов (Z) и число нейтронов (N) в изотопе фтора  ${}^{19}_9\text{F}$ ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $Z = 9, N = 19$ ; 2)  $Z = 19, N = 9$ ; 3)  $Z = 9, N = 10$

1.6. Какой вид радиоактивного излучения наиболее опасен при облучении человека?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) гамма-излучение; 2) бета-излучение; 3) альфа-излучение.

1.7. Элемент  ${}^A_Z\text{X}$  испытал  $\beta$ -распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ ; 2)  ${}^A_{Z-1}\text{Y}$ ; 3)  ${}^A_{Z+1}\text{Y}$ .

1.8. В каких из следующих реакций нарушен закон сохранения заряда?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$ ; 2)  ${}^3_2\text{He} + {}^2_3\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$ ; 3)  ${}^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{14}_8\text{O}$ .

1.9. В ядерном реакторе в качестве замедлителя используют графит и воду. Что они должны замедлять и зачем?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Замедляют осколки ядер, образовавшихся в результате деления урана, для практического использования их кинетической энергии; 2) Замедляют осуществление цепной реакции деления, чтобы легче было управлять реактором; 3) Замедляют нейтроны для увеличения вероятности осуществления ядерной реакции деления.

1.10. Какое из трёх типов излучений:  $\alpha$ ,  $\beta$  или  $\gamma$  обладают наибольшей проникающей способностью?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\alpha$ ; 2)  $\beta$ ; 3)  $\gamma$ .

1.11. В каком из приведённых ниже уравнений ядерных реакций нарушен закон сохранения барионного заряда?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ ; 2)  ${}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^4_2\text{He}$ ; 3)  ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ .

1.12. Какая реакция более выгодна с точки зрения получения энергии?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) реакция синтеза ядер водорода  ${}^1_1\text{H}$  и дейтерия  ${}^2_1\text{H}$ ; 2) реакция объединения двух ядер натрия  ${}^{28}_{11}\text{Na}$ ; 3) реакция, происходящая при бомбардировке ядер алюминия  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  альфа-частицами.

1.13. Определите второй продукт ядерной реакции:  ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + ?$

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) протон; 2) нейтрон; 3) альфа-частица.

1.14. В состав атома входят перечисленные ниже частицы.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) только протоны; 2) протоны и электроны; 3) нуклоны и электроны.

1.15. В какой из приведённых ниже реакций имеет место термоядерный синтез?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{88}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$ ; 2)  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ ; 3)  ${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{27}_{14}\text{Si} + {}^1_0\text{n}$ .

1.16. При делении одного ядра урана освобождается примерно 200 МэВ энергии. На какой вид энергии приходится максимальная доля освобождающейся при этом энергии? Выберите правильное утверждение.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) на кинетическую энергию свободных нейтронов; 2) на кинетическую энергию осколков деления; 3) на энергию гамма-излучения.

## 2. Средний уровень

2.1. Каков принцип действия камеры Вильсона?

2.2. Сколько нуклонов в ядре атома серебра  ${}^{107}_{47}\text{Ag}$ ? Сколько в нем протонов? нейтронов?

2.3. Что наводит на нас мысль, что в ядре, кроме электрических сил, действуют ядерные силы?

2.4. Изменяется ли химическая природа элемента при испускании  $\gamma$  - лучей его ядрами?

2.5. Назовите химический элемент, в атомном ядре которого содержится нуклонов: а)  $6p + 6n$ ; б)  $54p + 77n$ ; в)  $88p + 138n$ .

2.6. Какие преимущества имеют атомные электростанции перед тепловыми станциями? Почему?

2.7. Каков принцип действия пузырьковой камеры?

2.8. Назовите три принципиальные проблемы современной атомной энергетики.

2.9. Чем обусловлена потеря энергии  $\alpha$  - частицей при её движении в воздухе?

2.10. Могут ли от ядер отделяться частицы большей массы, чем  $\alpha$  - частицы?

2.11. Что такое поглощённая доза излучения? Как она влияет на организм человека?

2.12. Каков принцип действия счетчика Гейгера?

2.13. Может ли нейтрон в составе ядра превратиться в протон?

2.14. Как вы считаете: переход от химической энергетики к ядерной упростит или осложнит борьбу за сохранение природы?

2.15. Какое из трёх  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  - излучений не отклоняется магнитным и электрическим полями? Почему?

2.16. Может ли при радиоактивном распаде ядра наблюдаться:

а) увеличение его и заряда и массы; б) увеличение заряда и уменьшение массы; в) уменьшение заряда при увеличении массы; г) уменьшение и заряда и массы?

2.17. Почему открыть нейтрон было значительно сложнее, чем открыть протон?

## 3. Достаточный уровень

3.1. Ядро урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, при этом освободилось два нейтрона. Один осколок оказался ядром ксенона  ${}^{140}_{54}\text{Xe}$ . Что собой представляет второй осколок? Напишите уравнение реакции.

- 3.2. Как повлияет на состав электронной оболочки атома внутриядерное превращение  $n \rightarrow p$ ?  
 $p \rightarrow n$ ?
- 3.3. Суммарная масса покоя продуктов ядерной реакции оказалось на 0,025 а. е. м. больше, чем суммарная масса покоя вступивших в реакцию ядер и частиц. Каков энергетический выход данной ядерной реакции?
- 3.4. Нуклоны способны притягиваться друг к другу. Почему же все ядра до сих пор не слились в одно гигантское ядро?
- 3.5. В земной атмосфере все время происходит ядерная реакция, при которой космические нейтроны захватываются ядрами молекул земной атмосферы. При этом ядра азота превращаются в радиоактивный углерод  $^{14}_6C$ . Напишите уравнение этой реакции.
- 3.6. При образовании ядра атома гелия из двух ядер дейтерия освобождается 23,8 МэВ энергии. Насколько уменьшилась при этом масса системы?
- 3.7. И атом водорода, и нейтрон могут распадаться на протон и электрон. Почему же атом водорода не считают элементарной частицей, а нейтрон причисляют к ним?
- 3.8. При естественном радиоактивном распаде радия из ядра испускается  $\alpha$  - частица. Напишите уравнение распада для этого случая. В ядро какого элемента превращается при этом ядро атома радия?
- 3.9. Почему открыть нейтрон было значительно сложнее, чем открыть протон? Ответ обоснуйте.
- 3.10. Почему не все виды радиоактивности сопровождаются изменением химических свойств вещества?
- 3.11. При бомбардировке изотопа алюминия  $^{27}_{13}Al$   $\alpha$  - частицами получается радиоактивный изотоп фосфора  $^{30}_{15}P$ , который затем распадается с выделением позитронов. Напишите уравнения реакции и распада.

#### 4. Высокий уровень

- 4.1. Бомбардируя ядра одного химического элемента ядрами другого (соответствующим образом подобранного), можно получить (в принципе) любой элемент. Почему это открытие не используют для промышленного получения золота или платины?
- 4.2. При бомбардировке  $\alpha$  - частицами алюминия образуются новое ядро и нейтрон. Запишите уравнение ядерной реакции и определите, ядро какого элемента при этом образуется?
- 4.3. При обстреле ядер фтора  $^{19}_9F$  протонами образуется кислород  $^{16}_8O$ . Сколько энергии освобождается при этой реакции и какие ещё ядра образуются?
- 4.4. При бомбардировке железа  $^{56}_{26}Fe$  нейтронами образуется  $\beta$  - радиоактивный изотоп марганца с атомной массой 56. Напишите уравнение реакции получения искусственно радиоактивного марганца и уравнение происходящего с ним  $\beta$  - распада.
- 4.5. При обстреле ядер бора  $^{11}_5B$  протонами получается бериллий  $^9_4Be$ . Какие ядра ещё получаются при этой реакции и сколько энергии освобождается?
- 4.6. Почему нейтроны негативно влияют на организм, хотя они и не обуславливают радиацию?
- 4.7. Радиоактивный марганец  $^{54}_{25}Mn$  получают двумя путями. Первый путь состоит в получении изотопа железа  $^{56}_{26}Fe$  ядрами дейтерия, второй – в облучении изотопа железа  $^{54}_{26}Fe$  нейтронами. Напишите ядерные реакции.
- 4.8. При бомбардировке алюминия  $^{27}_{13}Al$   $\alpha$  - частицами образуется фосфор  $^{30}_{15}P$ . Запишите эту реакцию и подсчитайте выделенную энергию.
- 4.9. Почему летящий протон оставляет в камере Вильсона видимый след, а летящий нейтрон не оставляет?



- 4.10. При облучении изотопа меди  $^{63}_{29}\text{Cu}$  протонами реакция может идти несколькими путями: с выделением одного нейтрона; с выделением двух нейтронов; с выделением протона и нейтрона. Ядра каких элементов образуются в каждом случае? Напишите ядерные реакции.
- 4.11. При облучении изотопа азота  $^{15}_7\text{N}$  протонами образуется углерод и  $\alpha$  - частица. Найдите полезный энергетический выход ядерной реакции, если для её осуществления энергия протона должна быть 1,2 МэВ.
- 4.12. Почему для термоядерного синтеза используются лёгкие атомные ядра? Ответ обоснуйте.
- 4.13. При бомбардировке азота  $^{14}_7\text{N}$  нейтронами из образовавшегося ядра выбрасывается протон. Напишите уравнение реакции. Полученное ядро изотопа углерода оказывается  $\beta$  - радиоактивным. Напишите уравнение распада.
- 4.14. При бомбардировке с помощью  $\alpha$  - частиц бора  $^{10}_5\text{B}$  наблюдается вылет нейтронов. Напишите уравнение ядерной реакции, приводящей к вылету одного нейтрона. Каков энергетический выход этой реакции?
- 4.15. Почему мощность атомных бомб не может быть сколь угодно большой?
- 4.16. Когда бор  $^{11}_5\text{B}$  захватывает быстро движущийся протон, то в камере Вильсона, где протекает этот процесс, образуются три почти одинаковых трека, расходящихся веером в разные стороны. Какие частицы образовали эти треки? Запишите ядерную реакцию.
- 4.17. При бомбардировке нейтронами изотопа бора  $^{11}_5\text{B}$  образуются  $\alpha$  - частицы. Напишите уравнение этой ядерной реакции и найдите её энергетический выход.

#### Методика оценивания

Максимальный балл за входной контроль 10 баллов.

8-10 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи с подробными пояснениями вывода конечной формулы.

6-8 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы.

4-6 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи, но не дал пояснений по ходу решения.

Менее 4 баллов выставляется, если студент не решил или неправильно решил хотя бы одну задачу.

## 2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Приведены задания по всем видам текущего контроля: тесты, темы лабораторных работ и методика оценивания.

### 2.2.1 Лабораторные работы

#### 5 семестр

#### Лабораторная работа № 1

Техника безопасности в лаборатории. Распределение вероятностей случайных величин, наблюдаемых в ядерно-физических исследованиях, и оценка их параметров.

Продолжительность работы: 3 часа.

Цель работы: Изучение статистических распределений, используемых в ядерно-физических исследованиях.

Содержание работы:

1. Понятие распределения вероятностей.
2. Нормирование распределения вероятностей.
3. Нахождение средних значений.
4. Построение графиков распределений.

#### Лабораторная работа № 2

Измерение бета-активности тонкого препарата известного изотопа с помощью тонкого сцинтилляционного детектора или торцового счетчика.

Продолжительность работы: 2 часа.

Цель работы: Освоить методы измерения бета-активности.

Содержание работы:

1. Освоение теории метода.
2. Ознакомление с используемой установкой.
3. Выполнение измерений с записью результатов.
4. Статистическая обработка результатов измерений.
5. Графическое и текстовое оформление результатов измерений.

#### **Лабораторная работа № 3**

Определение периода полураспада долгоживущего изотопа.

Продолжительность работы: 2 часа.

Цель работы: Освоить методы определения периода полураспада долгоживущих радиоактивных изотопов.

Содержание работы:

1. Освоение теории метода.
2. Ознакомление с используемой установкой.
3. Выполнение измерений с записью результатов.
4. Статистическая обработка результатов измерений.
5. Графическое и текстовое оформление результатов измерений.

#### **Лабораторная работа № 4**

Градуировка гамма-спектрометра по энергии фотонов и определение эффективности регистрации сцинтилляционного детектора.

Продолжительность работы: 4 часа.

Цель работы: Освоение методов градуировки устройств регистрации радиоактивных излучений.

Содержание работы:

1. Освоение теории метода.
2. Ознакомление с используемой установкой.
3. Выполнение измерений с записью результатов.
4. Статистическая обработка результатов измерений.
5. Графическое и текстовое оформление результатов измерений.

#### **Лабораторная работа № 5**

Изучение поглощения гамма-излучения в веществе.

Продолжительность работы: 2 часа.

Цель работы: Освоить методы изучения поглощения гамма-излучения в веществе.

Содержание работы:

1. Освоение теории метода.
2. Ознакомление с используемой установкой.
3. Выполнение измерений с записью результатов.
4. Статистическая обработка результатов измерений.
5. Графическое и текстовое оформление результатов измерений.

#### **Лабораторная работа № 6**

Определение периода полураспада короткоживущего изотопа  $^{116m}\text{In}$ . Определение максимальной энергии бета-спектра по толщине слоя половинного поглощения.

Продолжительность работы: 2 часа.

Цель работы: Освоить методы определения периода полураспада короткоживущих радиоактивных изотопов и определения максимальной энергии бета-спектра.

Содержание работы:

1. Освоение теории метода.
2. Ознакомление с используемой установкой.
3. Выполнение измерений с записью результатов.

4. Статистическая обработка результатов измерений.
5. Графическое и текстовое оформление результатов измерений.

**Критерии оценивания и шкала оценки (максимальное количество баллов – 4 б.):**

**4 балла** - правильно произведены расчеты, построены графики, сделаны соответствующие выводы, составленный отчет о работе соответствует методическим рекомендациям; правильные и полные ответы на вопросы преподавателя.

**3 балла** – правильно произведены расчёты, построены графики, сделаны соответствующие выводы, имеются незначительные замечания в отчёте о работе и ответам на вопросы преподавателя.

**2 балла** - имеются замечания по выполнению работы, составлению отчёта и ответам на вопросы преподавателя.

**1 балл** - имеются существенные замечания по выполнению работы, составлению отчёта и ответам на вопросы преподавателя.

**0 баллов** - задание не выполнено по причине отсутствия знаний студента по теме.

### 2.2.2 Аудиторные задачи

Продолжительность работы: 2 часа.

Цель работы:

Содержание работы:

**Критерии оценивания и шкала оценки (максимальное количество баллов – 2 б.):**

**2 балла** - правильно произведены расчёты, построены графики, сделаны соответствующие выводы, составленный отчет о работе соответствует методическим рекомендациям; правильные и полные ответы на вопросы преподавателя.

**1,5 балла** – правильно произведены расчёты, построены графики, сделаны соответствующие выводы, имеются незначительные замечания в отчёте о работе и ответам на вопросы преподавателя.

**1 балл** - имеются замечания по выполнению работы, составлению отчёта и ответам на вопросы преподавателя.

**0,5 балла** - имеются существенные замечания по выполнению работы, составлению отчёта и ответам на вопросы преподавателя.

**0 баллов** - задание не выполнено по причине отсутствия знаний студента по теме.

### Аудиторные задачи

#### Тема: Релятивистская механика

#### Вариант № 1

1. При какой скорости кинетическая энергия частицы равна 1 % энергии покоя этой частицы? Почему в задаче не задан вид частицы?
2. Какую дополнительную энергию необходимо сообщить электрону с импульсом  $8 \cdot 10^{-27}$  Н·с для того, чтобы его энергия стала 4 аДж?
3. Модуль орбитального момента импульса тела изменяется по закону  $L = 2t$ , кг·м<sup>2</sup>/с. Чему равен момент силы?
4. Частица с известной массой, летящая со скоростью 240 Мм/с, испытывает абсолютно неупругое соударение с идентичной частицей, движущейся в том же направлении со скоростью 210 Мм/с. Найдите скорость частицы, образовавшейся в результате удара.
5. Граната, летящая со скоростью 15 м/с, разорвалась на два осколка 6 и 14 кг. Скорость большого осколка возросла до 24 м/с по направлению первоначального движения гранаты. Найдите модуль и направление скорости меньшего осколка.

#### Вариант № 2

1. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в два раза?
2. Определите скорость, приобретаемую первоначально покоившемся свободным атомом ртути при поглощении им фотона резонансной энергии (резонансной называется энергия, отвечающая переходу атома на первый возбужденный уровень). Первый потенциал возбуждения атомов ртути равен 4,9 В.
3. Тело раскручивается с постоянным угловым ускорением  $2 \text{ рад/с}^2$ . Сколько полных оборотов сделает тело за 10 с, если начальная угловая скорость была равна нулю? Какова будет угловая скорость тела в этот момент?
4. Шарик массой 20 г упруго ударяется о стенку под углом  $30^\circ$ . Скорость шарика до удара и после него имеет один и тот же модуль 1 м/с. Угол падения равен углу отражения. Определите модуль и направление вектора изменения импульса движения; шарика.
5. Снаряд, выпущенный из орудия, со скоростью 200 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту, в верхней точке траектории разбивается на два осколка, первый из которых непосредственно после взрыва движется вверх со скоростью 100 м/с. Рассчитайте модуль и направление скорости второго осколка по отношению к горизонту. Соппротивлением воздуха пренебрегите.

#### Вариант № 3

1. Скорость электрона составляет 270 Мм/с в вакууме. Вычислите относительную погрешность, которая будет сделана, если кинетическую энергию частицы вычислить по формуле нерелятивистской механики.
2. Какую скорость приобретает первоначально покоившейся атом водорода при испускании фотона, соответствующего головной линии серий Лаймана и Бальмера?
3. Ядро гелия-3 движется в плоскости  $xy$ . В некоторый момент времени оно находится в точке (2 нм, 4 нм) и имеет скорость  $v = (3\vec{i} + 2\vec{j})$ . Определите для этого момента времени момент импульса относительно начала координат.
4. Рассчитайте полный импульс, получаемый стенкой площадью  $20 \text{ см}^2$  за 10 с, если известно, что за 1 с каждый квадратный сантиметр стенки получает  $5 \cdot 10^5$  ударов со стороны частиц газа, имеющих массу  $10^{-25}$  г и летящих со скоростью  $10^3$  м/с перпендикулярно стенке.
5. Снаряд, выпущенный из орудия под углом  $45^\circ$  к горизонту, в верхней точке траектории разбивается на два осколка, первый из которых непосредственно после взрыва движется вертикально вверх. Укажите возможные направления движения второго осколка.

#### Вариант № 4

1. Электрон движется со скоростью 240 Мм/с. Определите импульс электрона.
2. Ядро водород-2 движется с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$  вдоль оси абсцисс. Ядро гелий-4 движется с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$  вдоль оси ординат. Найдите ускорение центра масс.
3. Найдите собственный момент импульса Земли относительно её полярной оси. Считайте Землю правильным шаром радиусом 6000 км, имеющим плотность  $5500 \text{ кг/м}^3$ .
4. Две частицы с массами  $m$  и  $2m$ , имеющие импульсы  $P$  и  $P/2$ , движутся по взаимно перпендикулярным направлениям. После соударения частицы обмениваются импульсами. Определите потерю механической энергии при соударении.
5. Граната массой 3 кг летела в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с и разорвалась на три осколка. Направление вектора скорости осколка массой 0,5 кг противоположно первоначальному направлению полёта гранаты, а модуль его скорости 20 м/с. Второй осколок массой 1 кг летит со скоростью, модуль которой 30 м/с, под углом альфа равным  $30^\circ$  к первоначальному направлению движения гранаты. Найдите модуль и направление скорости третьего осколка.

#### Вариант № 5

1. Релятивистский импульс частицы равен произведению массы на электродинамическую постоянную. Определите скорость частицы.
2. Приведите таблицу соответствия кинематических характеристик, описывающих вращательное и поступательное движения.

3. Определите орбитальный момент импульса Земли, связанный с её движением вокруг Солнца.
4. Два тела движутся со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  навстречу друг другу и соударяются неупруго. Во сколько раз кинетическая энергия первого тела была больше кинетической энергии второго, если после удара они движутся вместе со скоростью  $v$ ?
5. Взорвавшийся снаряд распался на три осколка, разлетевшихся под углом  $120^\circ$  с импульсами  $|P_1| > |P_2| = |P_3|$ . В каком направлении двигался снаряд?

Вариант № 6

1. Импульс протона равен массе протона, умноженной на электродинамическую постоянную. Чему равна кинетическая энергия протона?
2. Ядро гелия-4 движется по прямой линии с постоянной скоростью  $10 \vec{j}$  Мм/с. Определите модуль и направление момента импульса ядра относительно: начала координат, точки  $(-10 \text{ нм}, 0)$ , точки  $(+20 \text{ нм}, 0)$ .
3. Определите собственный момент импульса стального шарика диаметром 10 мм, вращающегося с угловой частотой 100 1/с.
4. Два электрона, находящиеся на большом расстоянии друг от друга, сближаются с относительной начальной скоростью 10 Мм/с. Определите минимальное расстояние, на которое они могут подойти друг к другу.
5. Снаряд, запущенный вертикально вверх, разрывается в самой верхней точке подъёма на два одинаковых осколка, один из которых летит вверх, а другой вниз. С какой скоростью упадет на землю второй осколок, если первый падает на неё со скоростью  $v$ ?

Вариант № 7

1. С какой скоростью движется частица, если её полная энергия в три раза больше энергии покоя?
2. Ядро гелия-4 движется в плоскости  $xu$  с постоянной скоростью 2 Мм/с параллельно оси абсцисс по линии  $y = -3 \text{ нм}$ . Чему равен момент импульса ядра относительно начала координат и относительно точки с координатами  $(0, -5 \text{ нм})$ ?
3. Средняя угловая скорость Земли вокруг Солнца 2 рад/с. Найдите массу Солнца, считая расстояние от Земли до Солнца известным.
4. В поле неподвижного положительного точечного заряда 1 нКл по направлению к нему движется положительный ион массой  $10^{-26} \text{ кг}$  с зарядом 0,18 аКл. Когда скорость иона составляет 100 км/с, его кинетическая и потенциальная энергия равны. На какое максимальное расстояние ион приблизится к заряду?
5. Частица распадается на две частицы массами 1 нг и 2 нг, имеющие скорости 10 Мм/с и 5 Мм/с, угол между которыми равен  $\frac{\pi}{3}$ . Чему равен импульс частицы до распада?

Вариант № 8

1. Релятивистский импульс частицы равен произведению массы на электродинамическую постоянную. Определите скорость частицы.
2. В неподвижной системе отсчёта удаляются друг от друга две частицы с одинаковыми по абсолютному значению скоростями. Их относительная скорость в той же системе отсчёта равна 150 Мм/с. Определите скорости частиц.
3. Ядро гелия-3 движется в плоскости  $xu$ . В некоторый момент времени оно находится в точке  $(2 \text{ нм}, 4 \text{ нм})$  и имеет скорость  $\vec{v} = 3\vec{i} + 2\vec{j}$ . Определите для этого момента времени момент импульса относительно начала координат.
4. Два протона с одинаковыми скоростями 10 Мм/с движутся навстречу друг другу. На какое минимальное расстояние они могут сблизиться?
5. Снаряд, выпущенный из орудия со скоростью 300 м/с под углом  $\pi/3$  к горизонту, в верхней точке траектории разрывается на два осколка. Первый осколок непосредственно после взры-

ва движется вертикально вверх со скоростью 150 м/с. Определите модуль и направление скорости второго осколка. Соппротивлением воздуха пренебрегите.

#### Вариант № 9

1. Мезон, входящий в состав космических лучей движется со скоростью 285 Мм/с. Какой промежуток времени по часам земного наблюдателя соответствует одной секунде собственного времени мезона?
2. Электрон упруго соударяется с атомом водорода, находившимся в момент удара в покое. Все движения обеих частиц происходят по одной прямой. Какая доля кинетической энергии передалась атому водорода?
3. Электрон и позитрон движутся по окружности вокруг своего неподвижного центра масс. Найдите отношение потенциальной и кинетической энергий частиц.
4. Нейтральная частица летит со скоростью 270 Мм/с. Вдогонку ей на расстоянии 3 м летит другая частица со скоростью 285 Мм/с. Через сколько времени произойдет соударение? Какова скорость второй частицы в системе отсчёта, связанной с первой частицей?
5. При горизонтальном полете со скоростью 250 м/с снаряд массой 8 кг разорвался на две части. Большая часть массой 6 кг получила скорость 400 м/с в направлении полета снаряда. Определите абсолютное значение и направление скорости меньшей части снаряда.

#### Вариант № 10

1. Плотность неподвижного протона вы можете легко сосчитать. Чему будет равна плотность протона, движущегося со скоростью 150 Мм/с.
2. Протон движется под действием некоторой силы согласно уравнению  $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $A = 10$  м,  $B = -2$  м/с,  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>,  $D = -0,2$  м/с<sup>3</sup>. Найдите мощность, затраченную на движение частицы в моменты времени 2 с и 5 с.
3. Два ядра, вращаясь вокруг начала координат в одной плоскости, в некоторый момент времени оказались на расстоянии 500 нм от начала координат. Одно ядро водород-2, а другое водород-3, но скорость их оказалась одинаковой по 5 Мм/с. Определите момент импульса системы в этот момент времени.
4. Частица 1 испытала абсолютно упругое столкновение с покоящейся частицей 2. Найдите отношение их масс, если столкновение лобовое и частицы разлетелись в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями.
5. Орудие, жёстко закреплённое на железнодорожной платформе, производит выстрел вдоль полотна железной дороги под углом 30° к линии горизонта. Определите скорость отката платформы, если снаряд вылетает со скоростью 480 м/с. Масса платформы с орудием и снарядами равна 18 Мг, масса снаряда 60 кг.

#### Вариант № 11

1. Во сколько раз увеличивается продолжительность существования нестабильной частицы (по часам неподвижного наблюдателя), если она, начинает двигаться со скоростью 297 Мм/с?
2. Нейтрон движется по оси ординат согласно уравнению  $y = 5t^2$ . Определите момент импульса нейтрона относительно начала координат в момент времени 2 с.
3. Определите собственный момент импульса Земли, связанный с её вращением вокруг своей оси.
4. Ядро гелия-4 испытало абсолютно упругое столкновение с покоившимся ядром кислорода-16. Какую относительную часть кинетической энергии потеряла налетающая частица, если она отскочила под прямым углом к своему первоначальному направлению движения и если столкновение центральное.
5. Пушка стоит на гладкой горизонтальной платформе. Она делает выстрел под углом 30° к горизонту. Масса снаряда равна 30 кг. Начальная скорость равна 200 м/с. Масса пушки равна 500 кг. Какую скорость приобретёт пушка при выстреле.

#### Вариант № 12

1. Два ускорителя выбрасывают навстречу друг другу частицы, кинетическая энергия которых в два раза превосходит их энергии покоя. Определите относительную скорость сближения частиц.
2. Плотность тока в пучке электронов равна  $10 \text{ МА/м}^2$ . Скорость электронов  $10 \text{ Мм/с}$ . Определите объёмный заряд в пучке.
3. Электрон под действием центральных сил описывает замкнутую траекторию. Покажите, что отношение магнитного дипольного момента заряда на орбите к моменту импульса есть постоянная величина, не зависящая от формы орбиты. Чему равна эта постоянная?
4. Определите максимальную долю кинетической энергии, которую может передать частица массой  $200 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , сталкиваясь упруго с частицей массой  $600 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , которая до столкновения покоилась.
5. В экспериментальной установке ядро на высоте  $1 \text{ м}$  от дна установки распадается на два осколка. Скорость первого осколка  $60 \text{ Мм/с}$  и направлена вертикально вверх, скорость второго  $40 \text{ Мм/с}$  и направлена вертикально вниз. На каком расстоянии друг от друга окажутся осколки через  $0,5 \text{ нс}$ ?

### Тема: Движение в полях

#### Вариант № 1

1. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $600 \text{ кВ}$ , приобрела скорость  $5,4 \text{ Мм/с}$ . Определите массовый заряд частицы.
2. Электрон с начальной скоростью  $3 \text{ Мм/с}$  влетел в однородное электрическое поле напряжённостью  $150 \text{ В/м}$ . Начальная скорость перпендикулярна линиям напряжённости электрического поля. Найдите силу, действующую на электрон, ускорение электрона и скорость электрона через  $0,1 \text{ мкс}$ .
3. Протон и  $\alpha$ -частица влетают в однородное магнитное поле. Скорость частиц направлена перпендикулярно силовым линиям поля. Во сколько раз период обращения протона в магнитном поле больше периода обращения  $\alpha$ -частицы?
4. Протон влетает со скоростью  $100 \text{ км/с}$  в область пространства, где имеется электрическое поле с модулем напряжённости  $210 \text{ В/м}$  и магнитное поле с модулем индукции  $3,8 \text{ мТл}$ . Напряжённость электрического поля и индукция магнитного поля совпадают по направлению. Определите ускорение протона для начального момента движения в этих полях, если один раз направление скорости совпадает с направлением напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля, а другой раз перпендикулярно этому направлению.
5. Наибольшая энергия фотонов сплошного спектра рентгеновских лучей, полученного в результате торможения электронов на антикатоде рентгеновской трубки,  $400 \text{ аДж}$ . Какова наибольшая скорость электронов?

#### Вариант № 2

1. Электрон, летевший горизонтально со скоростью  $1,6 \text{ Мм/с}$ , влетел в однородное электрическое поле с напряжённостью  $9 \text{ кВ/м}$ , направленной вертикально вверх. Какова будет по модулю и направлению скорость электрона через  $1 \text{ нс}$ ?
2. Протон с кинетической энергией  $160 \text{ фДж}$  влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Модуль индукции равен  $1 \text{ Тл}$ . Какова должна быть минимальная протяжённость поля в направлении, по которому летел протон, когда он находился вне поля, чтобы оно изменило направление движения протона на противоположное?
3. Два однозарядных иона, пройдя одинаковую ускоряющую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса которого  $26,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , описал дугу окружности радиусом  $40 \text{ мм}$ . Определите массу другого иона, который описал дугу окружности радиусом  $49 \text{ мм}$ .
4. Электрон с энергией  $1 \text{ фДж}$ , двигающийся горизонтально, летит в пространство, где имеется электрическое поле с направленной вертикально напряжённостью  $10 \text{ кВ/м}$ . Какой должна быть индукция магнитного поля, чтобы электрон продолжал двигаться по горизонтали? Весьма малыми гравитационными силами можно пренебречь.

5. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $20,1$  мТл со скоростью  $8$  Мм/с. Направление скорости составляет  $1,05$  рад с направлением индукции поля. Определите радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле.

Вариант № 3

1. Электрон проходит разность потенциалов в  $100$  кВ. Чему равна полная релятивистская энергия электрона?
2. Электрон влетает в пространство между двумя плоскими параллельными пластинами с первоначальной скоростью  $3$  Мм/с, параллельной пластинам. Длина пластин  $200$  мм. Электрон вылетает под углом  $523$  мрад к пластинам. Найдите напряжённость электрического поля в пространстве между пластинами.
3. Напряжённость магнитного поля  $3$  кА/м. Определите радиус окружности, по которой движется электрон, и орбитальный момент импульса электрона. Скорость электрона равна  $30$  Мм/с.
4. В однородном магнитном поле с индукцией  $2$  Тл движется протон. Траектории его движения представляет собой винтовую линию с радиусом  $100$  мм и шагом  $600$  мм. Определите кинетическую энергию протона.
5. Рентгеновская трубка, работающая под напряжением  $50$  кВ и потребляющая ток  $2$  мА, излучает  $5 \cdot 10^{13}$  фотонов в секунду. Считая среднюю длину волны излучения равной  $0,1$  нм, найдите КПД трубки, то есть определите, сколько процентов мощности рентгеновского излучения составляет от мощности потребляемого тока.

Вариант № 4

1. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон для того, чтобы его скорость составила  $285$  Мм/с?
2. Пучок электронов влетает в пространство между плоскими параллельными пластинами под углом  $785$  мрад. Скорость электронов  $8,4$  Мм/с. Разность потенциалов между пластинами  $300$  В. Какова должна быть длина пластин для того, чтобы пучок электронов покидал пространство между пластинами параллельно им? Расстояние между пластинами равно  $30$  мм.
3. Заряженная частица, обладающая скоростью  $2$  км/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $0,52$  Тл. Найдите отношение заряда частицы к её массе, если частица в поле описала дугу окружности радиусом  $40$  мм. По этому отношению определите, какая это частица.
4. Альфа-частица, находясь в однородном магнитном поле индукцией  $1$  Тл, движется по окружности. Определите силу эквивалентного кругового тока, создаваемого движением альфа-частицы.
5. Какова наименьшая длина волны рентгеновского излучения, возникающая в рентгеновской трубке с ускоряющим напряжением  $30$  кВ?

Вариант № 5

1. Какая ускоряющая разность потенциалов требуется для того, чтобы сообщить скорость  $30$  Мм/с один раз электрону, а другой раз протону?
2. Электрон движется между плоскими горизонтальными пластинами параллельно его пластинам с начальной скоростью  $56$  Мм/с. Напряжённость электрического поля между пластинами равна  $3,7$  кВ/м. Длина пластин равна  $200$  мм. Насколько сместится электрон в вертикальном направлении под действием электрического поля за время его движения в конденсаторе?
3. Найдите кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом  $0,60$  м в магнитном поле, индукция которого  $1$  Тл.
4. Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $800$  В, влетает в однородные поля, напряжённость и индукция которых перпендикулярны. Индукция магнитного поля равна  $50$  мТл. Определите напряжённость электрического поля, если протон движется в скрещенных полях прямолинейно.



5. Определите энергию  $K_{\alpha}$ -линии характеристического рентгеновского спектра, полученного в рентгеновской трубке с молибденовым антикатодом. Можно ли получить эту линию спектра, подав на рентгеновскую трубку напряжение 4 кВ?

Вариант № 6

1. Ион атома водорода  $H^+$  прошёл разность потенциалов 100 В, ион атома калия  $K^+$  – 200 В. Найдите отношение скоростей этих ионов.

2. Два ядра  ${}^4_2He$  и  ${}^{14}_7N$  влетают в пространство между параллельно пластинами с одинаковыми скоростями. Сравните их отклонения, перпендикулярные пластинам.

3. Два иона, имеющие одинаковый заряд, но различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом 50 мм, второй ион – по окружности радиусом 25 мм. Найдите отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

4. Альфа-частица прошла ускоряющую разность потенциалов 104 В. После этого она влетела в скрещённые под прямым углом электрическое поле с модулем напряжённости 10 кВ/м и магнитное поле с модулем индукции 0,1 Тл поля. Найдите отношение заряда альфа-частицы к её массе, если двигаясь перпендикулярно напряжённости и индукции, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.

5. В рентгеновской трубке пучок электронов с плотностью тока 200 кА/м<sup>2</sup> попадает на участок скошенного торца металлического стержня. Площадь этого участка 100 мм<sup>2</sup>. Ось пучка образует угол 523 мрад с поверхностью торца. Определите ток в стержне.

Вариант № 7

1. В плоском безвоздушном конденсаторе из состояния покоя одновременно начинают двигаться ядра: 1)  ${}^3_1H$  (ядро трития), 2)  ${}^4_2He$  ( $\alpha$ -частица), 3)  ${}^{238}_{92}U$ . Какая из частиц под действием поля за одинаковое время пробежит бóльший путь?

2. Электрон с начальной скоростью 3 Мм/с влетел в однородное электрическое поле с напряжённостью 150 В/м. Начальная скорость электрона перпендикулярна линиям напряжённости электрического поля. Найдите силу, действующую на электрон; ускорение, приобретаемое электроном; скорость электрона через 100 пс.

3. При движении в камере масс-спектрографа радиус кривизны траектории неизвестных ионов оказался в 4 раза больше радиуса кривизны траектории ионов  $He^{2+}$ . Чему равно отношение массы неизвестного иона к массе иона  $He^{2+}$ ? Скорость и заряды ионов одинаковые.

4. Однородные магнитные и электрические поля имеют индукцию и напряжённость, направленные взаимно перпендикулярно. Напряжённость электрического поля 50 кВ/м, а индукция магнитного поля 1 мТл. Определите, с какой скоростью и в каком направлении должен лететь электрон, чтобы двигаться прямолинейно.

5. При изучении характеристического спектра рентгеновской трубки установлено, что разность энергий  $K_{\alpha}$ - и  $K_{\beta}$ -фотонов составляет 660 аДж. Определите порядковый номер вещества антикатада трубки.

Вариант № 8

1. Электрон влетает в электрическое поле со скоростью 2 Мм/с и движется вдоль силовых линий поля, которое тормозит его движение. Какой путь пролетит электрон до остановки, за сколько времени он пролетит этот путь, если напряжённость поля равна 240 В/м?

2. В зазор между плоскими пластинами влетает электрон, прошедший перед этим ускоряющую разность потенциалов 26 кВ. Скорость электрона, первоначально направлена параллельно пластинам. Длина пластин 80 мм, расстояние между ними 10 мм. Разность потенциалов между пластинами 200 В. Насколько сместится электрон при выходе из зазора между пластинами?

3. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией 50 мТл. Определите момент импульса, которым обладала частица при движении в магнитном поле, если её траектория представляла дугу окружности радиусом 0,2 мм.
4. В однородном магнитном поле с индукцией 100 мкТл движется по винтовой линии электрон. Определите скорость электрона, если шаг винтовой линии равен 200 мм, а радиус 50 мм.
5. Как изменится энергия рентгеновских фотонов, возникающих в рентгеновской трубке, если увеличить накал катода в рентгеновской трубке? Под каким напряжением находится анод рентгеновской трубки, если электроны ударяются об него, имея скорость 120 Мм/с?

#### Вариант № 9

1. Электрон влетает в однородное электрическое поле со скоростью 1 Мм/с и тормозится полем. Какое расстояние он пролетит до полной остановки, если напряжённость поля 20 кВ/м?
2. Электрон влетел в пространство между параллельными пластинами со скоростью 10 Мм/с, направленной параллельно пластинам. Расстояние между пластинами 16 мм, разность потенциалов 30 В, длина пластин 60 мм. Насколько приблизится электрон к положительно заряженной пластине за время движения внутри конденсатора? Электрическое поле между пластинами считайте однородным.
3. Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном поле с индукцией 15 мТл по окружности радиусом 100 мм. Чему равен импульс иона?
4. Селектор скоростей заряженных частиц представляет собой устройство с электрическим и магнитным полем, созданным в одной области пространства. Линии напряжённости перпендикулярны линиям индукции. При некоторых значениях напряжённости и индукции через селектор прямолинейно проходят электроны с кинетической энергией 1 фДж. Протоны какой энергии пройдут прямолинейно через тот же селектор?
5. Наибольшая энергия фотонов сплошного спектра рентгеновского излучения равна 400 фДж. Определите наибольшую скорость электронов, которые тормозятся на антикатоде рентгеновской трубки.

#### Вариант № 10

1. Альфа-частица вылетает из ядра со скоростью 20 Мм/с и попадает в однородное электрическое поле, линии напряжённости которого направлены противоположно направлению движения частицы. Какую разность потенциалов должна пройти частица до остановки? Какая должна быть напряжённость поля, чтобы частица остановилась, пройдя расстояние 2 м?
2. Электрон влетел в пространство между двумя плоскими пластинами, находясь на одинаковом расстоянии от каждой пластины. Скорость электрона 10 Мм/с направлена параллельно пластинам. Расстояние между пластинами равно 20 мм. Длина каждой пластины 100 мм. Какую наименьшую разность потенциалов нужно приложить к пластинам, чтобы электрон не вылетел за пределы пластин?
3. Электрон движется в магнитном поле с индукцией 1 мТл по окружности радиусом 5 мм. Какова кинетическая энергия электрона? Ответ дать в джоулях и электронвольтах.
4. Электрон движется в магнитном поле, индукция которого равна 40 мТл по винтовой линии радиусом 10 мм и шагом 20 мм. С какой скоростью и под каким углом к направлению вектора магнитной индукции электрон влетел в магнитное поле?
5. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от 10 кВ до 20 кВ интервал длин волн между  $K_{\alpha}$ -линией и коротковолновой границей сплошного рентгеновского спектра увеличился в 3 раза. Определите порядковый номер элемента антикатода этой трубки.

#### Вариант № 11

1. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы его продольные размеры стали меньше в два раза?
2. Протон влетает в пространство между горизонтальными плоскими параллельными пластинами с первоначальной скоростью 120 км/с. Первоначальная скорость параллельна пластинам. Напряжённость электрического поля между пластинами равна 3 кВ/м. Длина пластин

100 мм. Во сколько раз скорость протона при вылете из пространства между пластинами будет больше его начальной скорости?

3. Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом 20 мм, прошла свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным 10 мм. Определите относительное изменение энергии частицы.

4. Однородные магнитные и электрические поля имеют индукцию и напряжённость, направленные взаимно перпендикулярно. Напряжённость электрического поля 50 кВ/м, а индукция магнитного поля 1 мТл. Определите, с какой скоростью и в каком направлении должен лететь электрон, чтобы двигаться прямолинейно.

5. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения ( $\lambda_{\text{мин}} = 77,6$  пм). Вычислите по этим данным постоянную Планка.

#### Вариант № 12

1. Электрон влетает в электрическое поле в направлении, противоположном направлению линий напряжённости, имея скорость 2 км/с. Какова будет скорость электрона в конце участка пути, разность потенциалов на котором составляет 15 В?

2. Пучок электронов с кинетической энергией 1,28 фДж движется в пространство между параллельными пластинами длиной 40 мм. Расстояние между пластинами 20 мм. Какую разность потенциалов надо подать на пластины конденсатора, чтобы смещение электронного пучка на выходе из конденсатора оказалось равным 8 мм?

3. Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны траектории в начале и в конце пути?

4. Электрон движется в однородном магнитном поле индукцией 9 мТл по винтовой линии с радиусом 10 мм и с шагом 78 мм. Определите период обращения электрона и его скорость.

5. Найдите длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоду трубки, составляет 0,85 скорости света. /2,7 пм/

#### Тема: Фундаментальные и элементарные частицы

#### Вариант № 1

1. Объясните, почему не наблюдается распад  $\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \gamma$ .

Фотон с энергией 800 фДж превратился в пару электрон-позитрон. Определите кинетическую энергию каждой частицы. Примите, что кинетическая энергия частиц одинакова.

2. В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на угол  $90^\circ$ . Энергия рассеянного фотона равна 0,4 МэВ. Определите энергию фотона до рассеяния.

3. Из каких кварков состоят следующие частицы:  $p$ ,  $n$ ,  $\Lambda^0$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Xi^0$ ,  $\Omega^-$ .

Из характеристик переносчиков слабого взаимодействия  $W^\pm$  и  $Z^0$  бозонов определите радиус слабых сил.

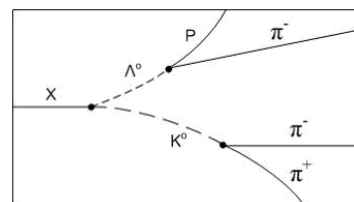
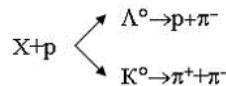
4. По какой из приведённых схем распадается  $\Sigma^+$ -гиперон 1)  $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ ; 2)  $\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+$ ; 3)  $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^+$ ; 4)  $\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^0$ ?

Распад нейтрона происходит по  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ . С требованиями какого закона сохранения связано присутствие в этом распаде электронного антинейтрино?

5. На рисунке показана фотография взаимодействия неизвестной частицы X с протоном в водородной пузырьковой камере, которое идёт по схеме. Спиновое квантовое число  $\pi^-$ -мезона  $s = 0$ . Чему равно спиновое квантовое число налетающей частицы X?

Вариант № 2

1. Отрицательный мюон с кинетической энергией 16 пДж испытывает упругое лобовое столкновение с неподвижным электроном. Найдите кинетическую энергию отдачи электрона. Что такое спиральность частицы?



2. В результате комптоновского эффекта

электрон приобрёл энергию 0,5 МэВ. Определите энергию фотона до рассеяния, если энергия рассеянного кванта равна 8 фДж.

3. Какая из перечисленных 1) барион, 2) лептон, 3) кварк, 4) мезон - частиц является бозоном? Определите магнитные моменты u и d-кварков в ядерных магнетонах, считая, что их масса равна 1/3 массы нуклона.

4. Известно, что продукты распада заряженных пи-мезонов испытывают дальнейший распад.

Запишите цепочку распадов  $\pi^+$ -мезона и  $\pi^-$ -мезона. С каким видом фундаментального взаимодействия связан распад нейтрона?

5. Какая из реакций запрещена законом сохранения спинового момента импульса 1)  $p + \gamma \rightarrow n + e^+$ ; 2)  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ ; 3)  $\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^- + e^+$ ; 4)  $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_e + \mu^-$ ?

Вариант № 3

1. Какие значения принимает спиновое квантовое число частиц-носителей взаимодействия?

Фотон с энергией 416 фДж рождает электрон-позитронную пару. Чему равна кинетическая энергия электрона и позитрона, если избыток энергии поровну разделили между ними?

2. В результате эффекта Комптона на свободном электроне фотон с энергией 81,6 фДж был рассеян на угол 2,09 рад. Определите энергию рассеянного фотона.

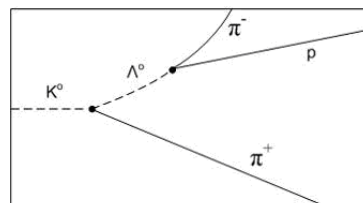
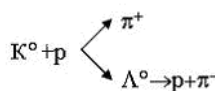
3. Каков кварковый состав бариона, мезона. Чему равны спины и четности протона и нейтрона?

4. Каким законом сохранения запрещён следующий распад:  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$ ?

Определите, какие из приведённых распадов разрешены законом сохранения лептонного заряда:  $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ ,  $K^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$ .

5. На рисунке показана фотография взаимодействия  $K^0$ -мезона с протоном в водородной пузырьковой камере, которое идет по прилагаемой схеме.

Спиновое квантовое число  $\pi$ -мезонов равно нулю  $s = 0$ . Чему равно спиновое квантовое число  $\Lambda^0$ -гиперона?



Вариант № 4

1. Какие из перечисленных частиц а) гипероны; б) мезоны; в) электроны; г) нейтроны; д) протоны в настоящее время считают фундаментальными?

Фотон с энергией 3 МэВ в поле тяжелого ядра превратился пару электрон-позитрон. Принимая, что кинетическая энергия частиц одинакова, определите кинетическую энергию каждой частицы.

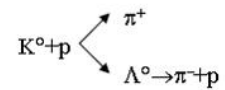
2. В результате эффекта Комптона фотон с энергией 48 фДж испытал рассеяние под углом 2,10 рад. Определите энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию отдачи электрона.

3. Какие из частиц 1) позитрон; 2) таон; 3) протон; 4) электрон не обладают лептонным зарядом?

Протон и антипротон, имеющие массу по  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг каждый, соединяясь, превращается в гамма-фотоны. Запишите уравнение реакции и определите энергию фотонов, предполагая, что скорости протона и антипротона пренебрежимо малы.

4. Найдите максимальную энергию, уносимую электроном при распаде нейтрона. Оцените, какую энергию отдачи получает при этом протон. Нарисуйте кварковую диаграмму распада нейтрона.

5. Взаимодействие  $K^0$ -мезона с протоном в водородной пузырьковой камере идет по прилагаемой схеме. Спиновое квантовое число  $\pi^-$ -мезона равно нулю  $s = 0$ . Каков заряд и спиновое квантовое число  $K^0$ -мезона?



#### Вариант № 5

1. Вычислите максимальную кинетическую энергию электрона, возникающего при распаде остановившегося мюона:  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ .

Фотон с энергией 480 фДж в поле тяжёлого ядра превратился в пару электрон-позитрон. Принимая, что кинетическая энергия частиц одинакова, определите кинетическую энергию каждой частицы.

2. Высокоэнергетический фотон с энергией 163,2 фДж рассеивается на первоначально покоящемся электроне. При этом рассеяние оказывается симметричным, т.е. угол рассеяния равен углу отдачи. Найдите угол рассеяния и энергию рассеянного фотона.

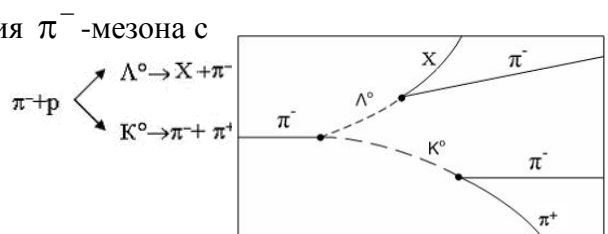
3. Известно, что кварки, входящие в состав барионов, обладают одним из трёх видов цветового заряда: красного, синего и жёлтого. Каким цветом или комбинацией цветов может обладать нуклон?

Какой из законов сохранения запрещает распад  $p \rightarrow e^+ + \nu + \tilde{\nu}$ ?

4. Из-за нарушения какого закона сохранения не может идти распад  $p \rightarrow e^+ + \nu + \tilde{\nu}$ ?

Какая энергия выделяется при распаде  $\pi^+$ -мезона на положительный мюон  $\mu^+$  и мюонное нейтрино  $\nu_\mu$ ?

5. На рисунке показана фотография взаимодействия  $\pi^-$ -мезона с протоном в водородной пузырьковой камере, которое идет по прилагаемой схеме. Спиновое квантовое число  $\pi^-$ -мезона равно нулю  $s = 0$ . Чему равно спиновое квантовое число частицы X?



#### Вариант № 6

1. Как связаны между собой времена жизни двух одинаковых нестабильных частиц, одна из которых при измерении покоится относительно наблюдателя, а другая движется со скоростью, отличающейся на 10 % от скорости света в вакууме?

При аннигиляции медленно движущихся электрона и позитрона образовалось два фотона. Запишите уравнение реакции. Под каким углом друг к другу они разлетаются? Какова энергия при указанных условиях?

2. Импульсы отдачи электрона после рассеяния на нём фотона и фотона, рассеянного на угол 1,57 рад, соответственно равны  $50 \cdot 10^{-24}$  Н·с и  $30 \cdot 10^{-24}$  Н·с. Определите импульс фотона налетающего на электрон при эффекте Комптона.

3. Какая частица имеет энергию покоя 939,57 МэВ?

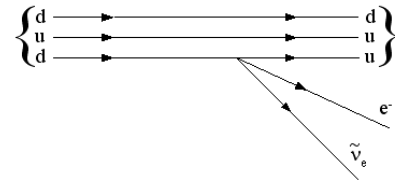
Почему  $\Lambda^0$ -гиперон не распадается на  $\pi^+$ -мезон и на  $\pi^-$ -мезон?

4. На рисунке показана кварковая диаграмма электронного распада нуклона. Какому распаду

1)  $p \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 2)  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 3)  $p \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 4)  $n \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$  соответствует эта диаграмма?

В каких из приведённых ниже распадах испускается нейтрино, в каких антинейтрино:  
 $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \dots$ ;  $K^+ \rightarrow \mu^+ + \dots$ ;  $K^- \rightarrow \mu^- + \dots$ .

5. Протон и антипротон, соединяясь, превращается в гамма-фотоны. Запишите уравнение реакции и определите энергию фотонов, предполагая, что скорости протона и антипротона пренебрежимо малы.



### Вариант № 7

1. Какие из частиц принимают участие в гравитационном взаимодействии? Возможные ответы: 1) только частицы, имеющие нулевую массу покоя; 2) все элементарные частицы; 3) только нуклоны

В атомном реакторе наблюдаются гамма-фотоны с энергией около 480 фДж. Чему равен импульс таких фотонов? Могут ли столкновения таких фотонов приводить к рождению пары электрон-позитрон?

2. При взаимодействии быстрых электронов с фотонами наблюдается обратный эффект Комптона. Как при этом изменяется кинетическая энергия электрона и длина волны соответствующего фотона?

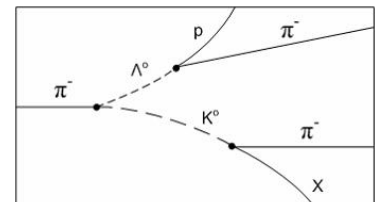
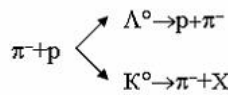
3. Какие из частиц: 1) электроны; 2) нуклоны; 3) фотоны принимают участие в сильном взаимодействии?

Почему свободный нейтрон распадается на протон, электрон и антинейтрино, а свободный протон не может распадаться на нейтрон, позитрон и нейтрино?

4. Пи-ноль-мезон, двигавшийся со скоростью 240 Мм/с в лабораторной системе отсчёта, распадается на два фотона  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ . В собственной системе отсчёта мезона фотон  $\gamma_1$  был испущен вперед, а фотон  $\gamma_2$  назад относительно направления полета мезона. Чему равна скорость фотона  $\gamma_2$  в лабораторной системе отсчёта?

Найдено, что период полураспада нейтрона равен 12,8 мин. Напишите уравнение реакции превращения нейтрона и определите среднюю продолжительность его жизни.

5. На рисунке показана фотография взаимодействия  $\pi^-$ -мезона с протоном в водородной пузырьковой камере, которое идет по прилагаемой схеме. Спиновое квантовое число  $\pi^-$ -мезона равно нулю  $s = 0$ . Чему равно спиновое квантовое число частицы X?



### Вариант № 8

1. Какие из частиц: 1) электроны, 2) фотоны, 3) нейтроны, 4) протоны, 5) мюоны не участвуют в сильном и слабом взаимодействии?

Позитрон и электрон аннигилируют, образуя два фотона. Запишите уравнение реакции. Найдите энергию каждого из возникающих фотонов. Считайте, что кинетическая энергия электрона и позитрона до их реакции аннигиляции была ничтожно мала.

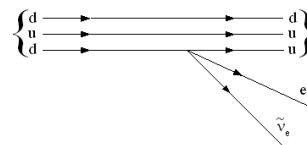
2. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол  $180^\circ$ ? Энергия фотона до рассеяния равна 0,255 МэВ.

3. Какие из частиц: а) нейтроны, б) фотоны, с) протоны не принимают участие в сильном взаимодействии?

Как связаны между собой время жизни и ширина резонанса?

4. На рисунке показана кварковая диаграмма электронного распада нуклона. Какое уравнение распада соответствует этой диаграмме?

Покоящийся  $\pi^+$ -мезон распадается:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ . Масса покоя  $\pi^+$ -мезона  $273m_e$ , а у мюона  $207m_e$ . Определите скорость образующего мюона.



5. Рассмотрите фоторождение мезонов в реакции столкновения фотона с протоном с образованием  $\pi^+$ -мезона и нейтрона. Какова минимальная энергия фотона, при которой реакция возможна?

#### Вариант № 9

1. Каким образом располагаются фундаментальные взаимодействия в порядке возрастания их интенсивности?

Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии, равные 38,4 фДж, при соударении превратились в два фотона с одинаковыми энергиями. Запишите уравнение реакции. Определите энергию каждого фотона.

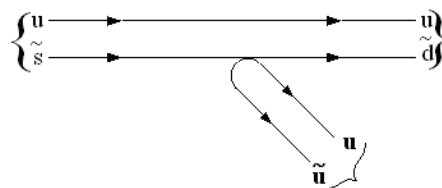
2. Начальная энергия падающего на электрон фотона равна 81,6 фДж. Какова энергия рассеянного назад фотона? Тот же расчёт сделайте для фотона, рассеянного под прямым углом.

3. Чему равны значения всех зарядов для мюонного нейтрино  $\nu_\mu$ , антаона  $\tau^+$ , протона  $p$ , антинейтрона  $\bar{n}$  и пи-ноль-мезона  $\pi^0$ ?

Почему свободный нейтрон не распадается на электрон и позитрон?

4. На рисунке показана кварковая диаграмма распада  $K^+$ -мезона. Какой из реакций а)  $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ ; б)  $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0$ ; в)  $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ , д)  $K^+ \rightarrow K^- + \pi^+$  соответствует диаграмма?

Определите, какие из приведённых распадов разрешены законом сохранения лептонного заряда:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ,  $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$ .



5. Может ли при столкновении протона с энергией 16 пДж с покоившимся протоном произойти рождение пи-плюс-мезона?

#### Вариант № 10

1. Какой формулой описывается потенциальная энергия взаимодействия между кварками?

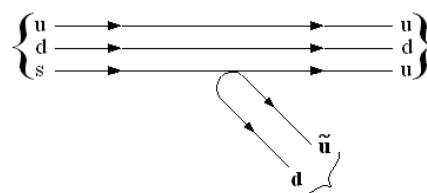
Фотон с энергией 480 фДж превратился в пару электрон-позитрон. Приняв, что кинетические энергии частиц одинаковы, найдите кинетическую энергию каждой частицы.

2. Определите импульс отдачи электрона при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол, равный 3,14 рад.

3. Диаметр протона равен 1 фм, его масса  $1,6 \cdot 10^{-27}$  кг. Какова плотность протона?

Найдите энергию распада  $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ . Какой вывод можно сделать относительно этого распада из полученной энергии распада?

4. На рисунке показана кварковая диаграмма распада  $\Lambda^0$ -гиперона. Какому распаду 1)  $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^+$ ; 2)  $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^-$ ; 3)  $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^+$ ; 4)  $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$  соответствует эта диаграмма?



Неподвижный  $\pi^0$ -мезон, распадаясь превращается в два одинаковых фотона. Запишите уравнение распада и найдите энергию фотонов.

5. Найдите, чему равно наибольшее число пи-мезонов, которое может быть образовано при столкновении протона с энергией 800 нДж с покоившимся протоном.

#### Вариант № 11

1. Выясните с помощью законов сохранения лептонного и барионного зарядов, возможен ли следующий распад  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ .

Остановившийся положительный мюон распался на позитрон и два нейтрино. Найдите максимально возможную кинетическую энергию позитрона. Запишите уравнение распада.

2. Определите импульс электрона отдачи, если фотон с энергией 1,53 МэВ в результате рассеяния на свободном электроны потерял одну треть своей энергии.

3. Каков кварковый состав  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ -мезонов.

Что мешает протону распадаться на более легкие мезоны?

4. Пи-ноль-мезон, двигавшийся со скоростью 240 Мм/с в лабораторной системе отсчёта, распадается на 2 фотона  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ . В собственной системе отсчёта мезона фотон  $\gamma_1$  был испущен вперед, а фотон  $\gamma_2$  – назад относительно направления полета мезона. Чему равна скорость фотона  $\gamma_1$  в лабораторной системе отсчёта?

Остановившийся пи-плюс-мезон распадается на мюон и нейтрино. Найдите сумму кинетической энергии мюона и энергии нейтрино.

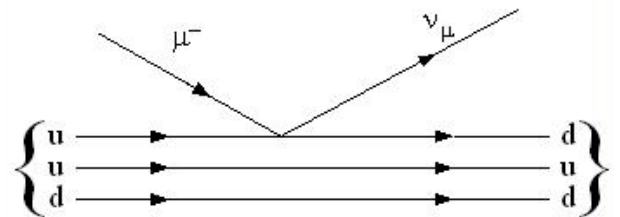
5. На рисунке показана кварковая диаграмма захвата нуклоном мюона  $\mu^-$ . Какой из реакций

1)  $\mu^- + n \rightarrow \bar{n} + \nu_\mu$ ,

2)  $\mu^- + n \rightarrow p + \nu_\mu$ ,

3)  $\mu^- + p \rightarrow \bar{p} + \nu_\mu$ ,

4)  $\mu^- + p \rightarrow n + \nu_\mu$  соответствует эта диаграмма?



### Вариант № 12

1. Определите верхнюю границу спектра электронов распада  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ .

Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии 0,24 МэВ, при взаимодействии превратились в два одинаковых фотона. Запишите уравнение реакции. Определите энергию каждого фотона.

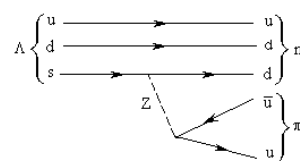
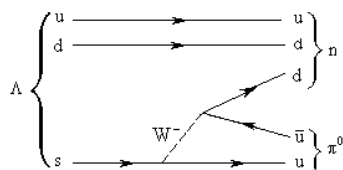
2. Определите максимальное изменение энергии фотона при комптоновском рассеянии на свободных электронах и свободных протонах.

3. Покажите, что без введения квантового числа "цвет", принимающего три значения, кварковая структура  $\Delta^{++}$ ,  $\Delta^-$ ,  $\Omega^-$  противоречит принципу Паули.

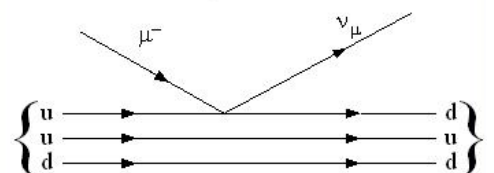
$\pi^0$ -мезон, распадаясь, превращается в два или три фотона. Распад  $\pi^+$ -мезона на фотоны невозможен. Почему?

4. Объясните, какие из написанных ниже распадов невозможны и почему:  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + e^\pm$ ;  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + e^\pm + \nu_e(\bar{\nu}_e)$ ;  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + \mu^\pm + \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu)$ ;  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + \mu^\pm + \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu) + \gamma$ .

Одна из следующих двух диаграмм, описывающих распад  $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$  неправильна. Какая?



5. На рисунке показана кварковая диаграмма захвата нуклоном мюона  $\mu^-$ . Какому уравнению реакции соответствует эта диаграмма?





## Тема: Элементарные частицы

### Вариант № 1

1. Какая характеристика элементарных частиц положена в основу деления адронов на мезоны и барионы? Приведите примеры внутреннего состава адронов. О какой ахроматичности адронов идет речь?

Чему равны значения всех зарядов для мюонного нейтрино  $\nu_\mu$ , антитаона  $\tau^+$ , протона  $p$ , антинейтрона  $\bar{n}$  и пи-ноль-мезона  $\pi^0$ ?

2. Вычислите импульс протона в МэВ/с, где  $c$  - скорость света, если известно, что кинетическая энергия протона равна 500 МэВ.

3. Какой из законов сохранения запрещает распад  $p \rightarrow e^+ + \nu + \tilde{\nu}$ ?

Отрицательные  $\pi$ -мезоны с кинетической энергией 100 МэВ пролетают от места рождения до распада в среднем расстояние 11 м. Найдите собственное время жизни этих мезонов.

4. Какая энергия выделяется при распаде  $\pi^+$ -мезона на положительный мюон  $\mu^+$  и мюонное нейтрино  $\nu_\mu$ ?

5. Определите минимальную (пороговую) энергию фотона, необходимую для образования пары и пи-минус-мезона и пи-плюс-мезона в поле первоначально покоившегося протона.

### Вариант № 2

1. Какие значения может принимать квантовое число странность у барионов?

Известно, что кварки, входящие в состав барионов, обладают одним из трёх видов цветового заряда: красного, синего и жёлтого. Каким цветом или комбинацией цветов может обладать нуклон?

2. Запишите кварковую структуру антипротона. Каков кварковый состав антимезонов? Для антимезонов приведите примеры.

3. Почему  $\Lambda^0$ -гиперон не распадается на  $\pi^+$ -мезон и на  $\pi^-$ -мезон?

Скорость пи-мезонов в пучке равна 180 Мм/с. За какое время распадается половина пи-мезонов? Какой путь они успеют пройти за это время?

4. При захвате протоном отрицательного мюона образуется нейтрон и ещё одна частица. Запишите реакцию и определите, что это за частица.

В каких из приведённых ниже распадах испускается нейтрино, в каких антинейтрино:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \dots; K^+ \rightarrow \mu^+ + \dots; K^- \rightarrow \mu^- + \dots$$

5. Протон и антипротон, соединяясь, превращаются в гамма-фотоны. Запишите уравнение реакции и определите энергию фотонов, предполагая, что скорости протона и антипротона пренебрежимо малы.

### Вариант № 3

1. В течение очень короткого промежутка времени нейтральный пи-ноль-мезон может иметь энергию столь же большую, как и пара протон-антипротон. Воспользовавшись соотношениями неопределённостей Гейзенберга, вычислите время, в течение которого это возможно. Какие из частиц: 1) электроны, 2) нуклоны, 3) фотоны принимают участие в сильном взаимодействии?

2. При анализе взаимодействия позитрона с протоном следует учитывать наличие кулоновского барьера. Пренебрегите размером позитрона по сравнению с размером протона. Какова высота кулоновского барьера в этом случае?

3. Почему свободный нейтрон распадается на протон, электрон и антинейтрино, а свободный протон не может распадаться на нейтрон, позитрон и нейтрино?

4. Пи-ноль-мезон, двигавшийся со скоростью 240 Мм/с в лабораторной системе отсчёта, распадается на два фотона  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ . В собственной системе отсчёта мезона фотон  $\gamma_1$  был испущен вперед, а фотон  $\gamma_2$  назад относительно направления полёта мезона. Чему равна скорость фотона  $\gamma_2$  в лабораторной системе отсчёта?

Найдено, что период полураспада нейтрона равен 12,8 мин. Напишите уравнение реакции превращения нейтрона и определите среднюю продолжительность его жизни.

5. Напишите недостающую частицу в следующей реакции:  $x + n \rightarrow p + e^-$ . Найдите энергию реакции.

Нейтрон и антинейтрон аннигилируют, образуя два фотона. Запишите уравнение реакции и найдите энергию каждого из возникающих фотонов, считая, что начальная энергия частиц ничтожно мала.

#### Вариант № 4

1. Каков кварковый состав  $\pi^+$ -,  $\pi^-$ -,  $\pi^0$ -мезонов?

Какая частица имеет энергию покоя 939,57 МэВ?

2. Вычислите напряжённость электрического поля и индукцию магнитного поля в точке, отстоящей на 100 пм от протона вдоль направления его спина.

3. Как связаны между собой время жизни и ширина резонанса? Чему равно среднее время жизни при ширине резонанса, равной 20 МэВ?

4. Покоящийся  $\pi^+$ -мезон распадается:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ . Масса покоя  $\pi^+$ -мезона  $273m_e$ , а у мюона  $207m_e$ . Определите скорость образующего мюона.

5. Рассмотрите фоторождение мезонов в реакции столкновения фотона с протоном с образованием  $\pi^+$ -мезона и нейтрона. Какова минимальная энергия фотона, при которой реакция возможна?

#### Вариант № 5

1. Какие значения может принимать квантовое число очарование у барионов?

Какие из частиц: 1) электроны, 2) фотоны, 3) нейтроны, 4) протоны, 5) мюоны не участвуют в сильном и слабом взаимодействии?

2. Сравните силы гравитационного и кулоновского притяжения между протоном и электроном.

3. Почему свободный нейтрон не распадается на электрон и позитрон?

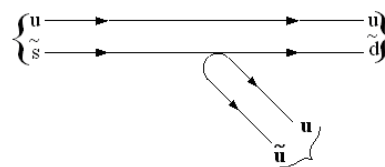
Средняя продолжительность жизни свободного нейтрона равна 1,11 кс. Определите его период полураспада и напишите уравнение распада нейтрона.

4. На рисунке показана кварковая диаграмма распада  $K^+$ -мезона. Какому распаду соответствует диаграмма?

Определите, какие из приведённых распадов разрешены законом сохранения лептонного заряда:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ,

$K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$ .

5. Может ли при столкновении протона с энергией 16 пДж с покоящимся протоном произойти рождение  $\pi^0$ -мезона?



#### Вариант № 6

1. Диаметр протона равен 1 фм, его масса  $1,6 \cdot 10^{-27}$  кг. Какова плотность протона? Сравните её с плотностью электрона.

2. Покажите, что без введения квантового числа "цвет", принимающего три значения, кварковая структура  $\Delta^{++}$ ,  $\Delta^-$ ,  $\Omega^-$  противоречит принципу Паули.

И атом водорода, и нейтрон могут распадаться на протон и электрон. Почему же атом водорода не считают элементарной частицей, а нейтрон причисляют к ним?

3. Найдите энергию распада  $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ . Какой вывод можно сделать относительно этого распада из полученной энергии распада?

4. Известно, что продукты распада заряженных пи-мезонов испытывают дальнейший распад. Запишите цепочку распадов  $\pi^+$ -мезона и  $\pi^-$ -мезона.

Неподвижный  $\pi^0$ -мезон, распадаясь превращается в два одинаковых фотона. Запишите уравнение распада и найдите энергию фотонов.

5. Определите минимальную энергию, которую нужно затратить для образования пары протон-антипротон.

#### Вариант № 7

1. Какие значения может принимать квантовое число прелесть у барионов?

С чем связана нецентральность взаимодействия между барионами?

2. Вычислите модуль магнитного дипольного момента протона.

3. Что мешает протону распадаться на более лёгкие мезоны?

$\Sigma^0$ -гиперон распадается следующим образом:  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$ . Как меняются кварковые состояния при этом распаде?

4. Пи-ноль-мезон, двигавшийся со скоростью 240 Мм/с в лабораторной системе отсчёта, распадается на 2 фотона  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ . В собственной системе отсчёта мезона фотон  $\gamma_1$  был испущен вперед, а фотон  $\gamma_2$  – назад относительно направления полёта мезона. Чему равна скорость фотона  $\gamma_1$  в лабораторной системе отсчёта?

Остановившийся пи-плюс-мезон распадается на мюон и нейтрино. Найдите сумму кинетической энергии мюона и энергии нейтрино.

5. Протоны налетают на неподвижную водородную мишень. Найдите порог для реакции, в которой при неупругом столкновении двух протонов рождается пи-ноль-мезон.

#### Вариант № 8

1. Вычислите отношение модулей магнитных дипольных моментов электрона и протона.

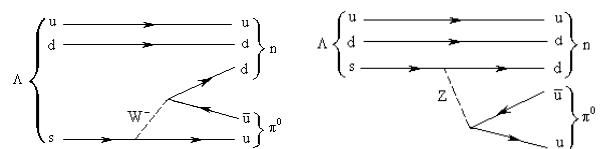
2. Из характеристик переносчиков слабого взаимодействия  $W^\pm$  и  $Z^0$  бозонов определите радиус слабых сил.

3.  $\pi^0$ -мезон, распадаясь, превращается в два или три фотона. Распад  $\pi^+$ -мезона на фотоны невозможен. Почему?

Определите величину суммарной кинетической энергии пи-мезонов, образующихся при распаде покоящегося  $K^+$ -мезона:  $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ .

4. Объясните, какие из написанных ниже распадов невозможны и почему:  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + e^\pm$ ;  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + e^\pm + \nu_e(\bar{\nu}_e)$ ;  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + \mu^\pm + \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu)$ ;  $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + \mu^\pm + \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu) + \gamma$ .

Одна из следующих двух диаграмм, описывающих распад  $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$  неправильна. Какая?



5. Начиная с какой энергии налетающего на протон фотона станет возможной реакция рождения  $\pi^0$ -мезона при сохранившемся неизменном протоне.

#### Вариант № 9

1. Какие значения может принимать квантовое число истинность у барионов?

Каким был бы минимальный импульс электрона, заключённого внутри элементарной частицы, например, протона, если это было бы возможно?

2. Вычислите отношение модулей магнитных дипольных моментов нейтрона и протона.

Какие значения принимает спиновое квантовое число частиц-носителей взаимодействия между нуклонами?

3. Ка-ноль-мезон  $K^0$  распадается на два заряженных  $\pi$ -мезона. Полная релятивистская энергия каждого из образовавшихся  $\pi$ -мезонов в 1,77 раза больше их энергии покоя. Найдите скорости  $\pi$ -мезонов в момент их образования. Считайте, что первоначально  $K^0$  покоился.

4. По какой из приведённых схем распадается  $\Sigma^+$ -гиперон 1)  $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ , 2)  $\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^-$ , 3)  $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^+$ , 4)  $\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^0$ ?

Распад нейтрона происходит по  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ . С требованиями какого закона сохранения связано присутствие в этом распаде электронного антинейтрино?

5. Найдите, чему равно наибольшее число  $\pi$ -мезонов, которое может быть образовано при столкновении протона с кинетической энергией 800 нДж с покоившимся протоном.

#### Вариант № 10

1. Почему антикварки не могут входить в состав барионов? Скажем, почему не существует барион с кварковым составом  $udd$ .

Пи-мезон имеет массу  $139 \text{ МэВ}/c_0^2$ . Чему она равна в атомных единицах массы?

2. Какая из перечисленных 1) барион, 2) лептон, 3) кварк, 4) мезон частиц является бозоном? Определите магнитные моменты  $u$  и  $d$ -кварков в ядерных магнетонах, считая, что их масса равна  $1/3$  массы нуклона.

3. Ламбда-ноль-гипероны пролетают от места рождения до распада расстояние 0,7 м. Считайте, что кинетическая энергия  $\Lambda^0$ -гиперонов равна 10 ГэВ. Масса  $\Lambda^0$ -гиперона равна  $1,988 \cdot 10^{-27}$  кг. Найдите собственное время жизни этих частиц.

4. Известно, что продукты распада заряженных пи-мезонов испытывают дальнейший распад.

Запишите цепочку распадов  $\pi^+$ -мезона и  $\pi^-$ -мезона.

С каким видом фундаментального взаимодействия связан распад нейтрона?

5. Какая из реакций запрещена законом сохранения спинового момента импульса 1)  $p + \gamma \rightarrow n + e^+$ ; 2)  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ ; 3)  $\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^- + e^+$ ; 4)  $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_e + \mu^-$ ?

Определите максимальное изменение энергии фотона при комптоновском рассеянии на свободных протонах.

#### Вариант № 11

1. Из каких кварков состоят следующие частицы:  $p$ ,  $n$ ,  $\Lambda^0$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Xi^0$ ,  $\Omega^-$ ?

Каков кварковый состав бариона, мезона?

Чему равны спины и чётности протона и нейтрона?

2. Найдите модуль максимальной индукции магнитного поля, создаваемого протоном на расстоянии 53 пм от него.

3. Найдите максимальную энергию, уносимую электроном при распаде нейтрона. Оцените, какую энергию отдачи получает при этом протон. Напишите уравнение распада.

4. Каким законом сохранения запрещён следующий распад:  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$ ?

Определите, какие из приведённых распадов разрешены законом сохранения лептонного заряда:  $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ ,  $K^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$ .

5. Рассмотрите фоторождение  $\pi$ -мезонов в реакции фотона с протоном с получением нейтрона и  $\pi$ -мезона. Какова минимальная энергия фотона, при которой реакция ещё возможна?

#### Вариант № 12

1. Какие из частиц 1) позитрон, 2) таон, 3) протон, 4) электрон не обладают лептонным зарядом?

Вычислите проекцию магнитного дипольного момента протона на направление внешнего поля.

2. Найдите проекции спина протона и нейтрона на направление индукции магнитного поля. Вычислите объёмный электрический заряд протона и нейтрона.

3. Найдите максимальную энергию, уносимую электроном при распаде нейтрона. Оцените, какую энергию отдачи получает при этом протон. Нарисуйте кварковую диаграмму распада нейтрона.

4. Протон и антипротон, имеющие массу по  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг каждый, соединяясь, превращаются в гамма-фотоны. Запишите уравнение реакции и определите энергию фотонов, предполагая, что скорости протона и антипротона пренебрежимо малы.

5. Два протона с одинаковыми скоростями по 60 Мм/с движутся навстречу друг другу. На какое минимальное расстояние они могут сблизиться?

### Тема: Структура ядра

#### Вариант № 1

1. Оцените массу пи-мезона, который отвечает за обменное взаимодействие в отталкивающей сердцевине ядерных сил.

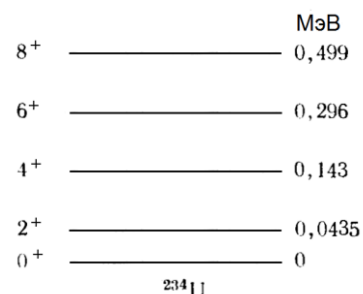
2. Оцените соотношение объёмов ядра и атомов.

3. Какие из перечисленных ниже ядер имеют заполненные нейтронные уровни  ${}_{16}^{36}\text{S}$ ,  ${}_{23}^{50}\text{V}$ ,  ${}_{20}^{50}\text{Ca}$ ,  ${}_{25}^{53}\text{Mn}$ ,  ${}_{28}^{61}\text{Ni}$ ,  ${}_{32}^{82}\text{Ge}$ ?

4. При какой энергии следует ожидать появление уровня  $10^+$  в ядре  ${}_{92}^{234}\text{U}$ ?

5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^3_2\text{He}$

$J^P = \frac{1}{2}^+$ ;  ${}^9_4\text{Be}$   $J^P = \frac{3}{2}^-$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.



#### Вариант № 2

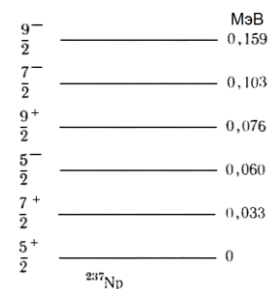
1. Оцените длину волны фотона с энергией 100 МэВ, 10 МэВ, 1 МэВ. Сравните полученную длину волны с характерным размером ядра.

2. Оцените среднее расстояние между центрами соседних нуклонов.

3. Какие из перечисленных ниже ядер имеют заполненные протонные уровни  ${}^3_1\text{H}$ ,  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{19}_9\text{F}$ ,  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ ,  ${}^{50}_{22}\text{Ti}$ ?

4. При какой энергии следует ожидать появление уровня  $\frac{11}{2}^+$  в ядре  ${}_{93}^{237}\text{Np}$ ?

5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{14}_7\text{N}$   $J^P = 1^+$ ;  ${}^{15}_7\text{N}$   $J^P = \frac{1}{2}^-$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.



#### Вариант № 3

1. Какая энергия необходима для достижений расстояний, на которых реализуется слабое взаимодействие.

2. Оцените концентрацию нуклонов в ядре.

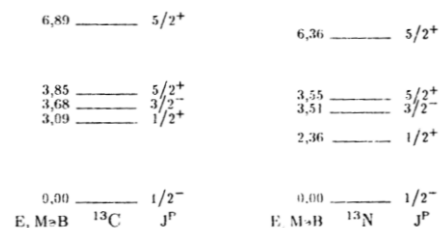
3. Ядро  ${}^{29}_{14}\text{Si}$  имеет заполненные уровни и плюс или минус один нуклон. Используя оболочечную модель, предскажите орбитальное и полное квантовое число ядра. Предскажите также магнитный дипольный момент этого ядра.

4. Используя схему уровней нуклонов в ядре предскажите значения полного квантового числа для основных состояний ядер  ${}^{30}_{14}\text{Si}$ ,  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ ,  ${}^{55}_{27}\text{Co}$ ,  ${}^{50}_{30}\text{Zn}$ ,  ${}^{107}_{49}\text{In}$ .

5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{17}_9F \quad J^P = \frac{5}{2}^+$ ;  ${}^{21}_{10}Ne \quad J^P = \frac{3}{2}^+$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.

#### Вариант № 4

1. Оцените время жизни виртуального пи-мезона?
2. Оцените плотность вещества в ядре.
3. Ядро  ${}^{33}_{16}S$  имеет заполненные уровни и плюс или минус один нуклон. Используя оболочечную модель, предскажите орбитальное и полное квантовое число ядра. Предскажите также магнитный дипольный момент этого ядра.
4. Объясните сходство и различие схем нижних уровней зеркальных ядер  ${}^{13}_6C$  и  ${}^{13}_7N$ .
5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{27}_{13}Al \quad J^P = \frac{5}{2}^+$ ;  ${}^{30}_{15}P \quad J^P = 1^+$ ;  ${}^{33}_{16}S \quad J^P = \frac{3}{2}^+$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.



#### Вариант № 5

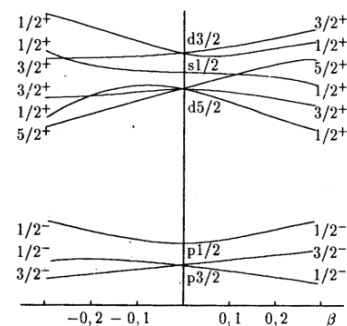
1. Найдите среднее время жизни нейтрона в ядре, если его скорость равна 60 Мм/с.
2. Оцените соотношение между объёмом всех нуклонов и объёмом ядра начала, середины и конца периодической системы.♦
3. Ядро  ${}^{37}_{17}Cl$  имеет заполненные уровни и плюс или минус один нуклон. Используя оболочечную модель, предскажите орбитальное и полное квантовое число ядра. Предскажите также магнитный дипольный момент этого ядра.
4. В каком ядре протоны заполняют все уровни до  $2p_{3/2}$  включительно, а нейтроны – до  $2p_{1/2}$ ?
5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{34}_{17}Cl \quad J^P = 0^+$ ;  ${}^{35}_{17}Cl \quad J^P = \frac{3}{2}^+$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.

#### Вариант № 6

1. Оцените время жизни виртуального ε-мезона с энергией покоя 750 МэВ.
2. Чему равна потенциальная энергия взаимодействия двух протонов и двух нейтронов, находящихся на расстоянии 1 пм друг от друга.
3. Ядро  ${}^{71}_{31}Ga$  имеет заполненные уровни и плюс или минус один нуклон. Используя оболочечную модель, предскажите орбитальное и полное квантовое число ядра. Предскажите также магнитный дипольный момент этого ядра.
4. Изобразите схему заполнения уровней в ядрах  ${}^{11}_5B$  и  ${}^{17}_8O$ .
5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{38}_{19}K \quad J^P = 3^+$ ;  ${}^{40}_{19}K \quad J^P = 4^-$ ;  ${}^{42}_{19}K \quad J^P = 2^-$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.

#### Вариант № 7

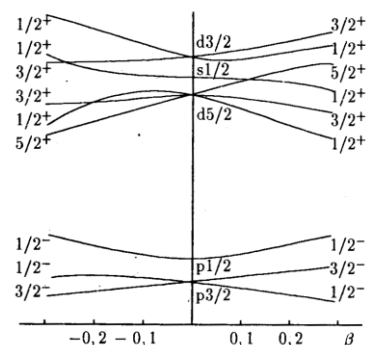
1. Оцените плотность ядерного вещества. Во сколько раз плотность вещества в ядре алюминия больше плотности алюминия?
2. Протон локализован в ядре. Воспользовавшись соотношением неопределённости оцените кинетическую энергию протона в ядре.



3. Ядро  ${}_{27}^{59}\text{Co}$  имеет заполненные уровни и плюс или минус один нуклон. Используя оболочечную модель, предскажите орбитальное и полное квантовое число ядра. Предскажите также магнитный дипольный момент этого ядра.
4. Пользуясь диаграммой Нильссона, найдите квантовые числа основного состояния ядра  ${}_{9}^{19}\text{F}$ . Параметр деформации примите равным 0,1.
5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}_{20}^{43}\text{Ca} \quad J^P = \frac{7}{2}^-$ ;  ${}_{23}^{50}\text{V} \quad J^P = 6^+$ ;  ${}_{24}^{53}\text{Cr} \quad J^P = \frac{3}{2}^-$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.

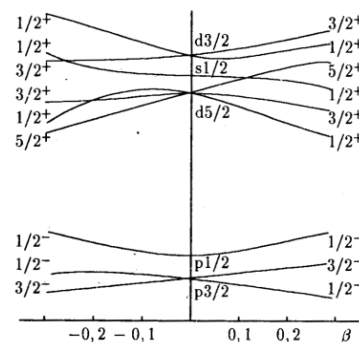
#### Вариант № 8

1. Радиус Солнца 6,95 Мм, а средняя плотность  $1410 \text{ кг/м}^3$ . Каким был бы радиус Солнца, если при той же массе его плотность равнялась бы плотности ядерного вещества?
2. Исходя из соотношения неопределённости, покажите, что электроны не могут входить в состав ядра.
3. Ядро  ${}_{32}^{72}\text{Ge}$  имеет заполненные уровни и плюс или минус один нуклон. Используя оболочечную модель, предскажите орбитальное и полное квантовое число ядра. Предскажите также магнитный дипольный момент этого ядра.
4. Пользуясь диаграммой Нильссона, найдите квантовые числа основного состояния ядра  ${}_{10}^{21}\text{Ne}$ . Параметр деформации примите равным 0,1.
5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}_{25}^{53}\text{Mn} \quad J^P = \frac{7}{2}^-$ ;  ${}_{25}^{54}\text{Mn} \quad J^P = 2^+$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.



#### Вариант № 9

1. Определите электростатическую потенциальную энергию двух протонов в ядре урана, если один раз протоны находятся на поверхности ядра в диаметрально противоположных точках, а другой раз один протон находится в центре ядра, а другой на поверхности.
2. Какой процент от массы нейтрального атома урана, содержащего ядро  ${}_{92}^{238}\text{U}$ , составляет масса его электронной оболочки?
3. Ядро  ${}_{38}^{87}\text{Sr}$  имеет заполненные уровни и плюс или минус один нуклон. Используя оболочечную модель, предскажите орбитальное и полное квантовое число ядра. Предскажите также магнитный дипольный момент этого ядра.
4. Пользуясь диаграммой Нильссона, найдите квантовые числа основного состояния ядра  ${}_{11}^{21}\text{Na}$ . Параметр деформации примите равным 0,1.
5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}_{29}^{65}\text{Cu} \quad J^P = \frac{3}{2}^-$ ;  ${}_{29}^{66}\text{Cu} \quad J^P = 1^+$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.



#### Вариант № 10

1. Подсчитайте, чему равен ядерный магнетон. Каково соотношение между ядерным магнетоном и магнетоном Бора?
2. Оцените во сколько раз объём ядра  ${}_{92}^{238}\text{U}$  больше объёма протона.

3. Какие из перечисленных ниже ядер имеют заполненные нейтронные уровни  ${}^{88}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{93}_{44}\text{Ru}$ ,  ${}^{94}_{44}\text{Ru}$ ,  ${}^{131}_{49}\text{In}$ ,  ${}^{145}_{63}\text{Eu}$ ?

4. Покажите, что спектр возбужденных состояний деформированного ядра  ${}^{180}_{72}\text{Hf}$  представляет собой вращательную полосу.

1079 \_\_\_\_\_  $8^+$

5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{66}_{31}\text{Ga}$

637 \_\_\_\_\_  $6^+$

$J^P = 1^+$ ;  ${}^{66}_{31}\text{Ga}$   $J^P = \frac{3}{2}^-$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.

307 \_\_\_\_\_  $4^+$

93 \_\_\_\_\_  $2^+$

0 \_\_\_\_\_  $0^+$

Е, кэВ  ${}^{180}\text{Hf}$   $J^P$

#### Вариант № 11

1. Оцените, какую часть от объёма атома кобальта составляет объём его ядра. Плотность кобальта равна  $4500 \text{ кг/м}^3$ .

2. Оцените объёмный электрический заряд ядра.

3. Какие из перечисленных ниже ядер имеют заполненные протонные уровни  ${}^{50}_{22}\text{Ti}$ ,  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ,  ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ ,  ${}^{60}_{29}\text{Cu}$ ?

4. Покажите, что спектр возбужденных состояний деформированного ядра  ${}^{160}_{66}\text{Dy}$  представляет собой вращательную полосу. Выяснить, изменяется ли момент инерции ядра при росте энергии возбуждения.

1442 \_\_\_\_\_  $10^+$

972 \_\_\_\_\_  $8^+$

5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{97}_{42}\text{Mo}$

582 \_\_\_\_\_  $6^+$

$J^P = \frac{5}{2}^+$ ;  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$   $J^P = \frac{9}{2}^+$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.

284 \_\_\_\_\_  $4^+$

87 \_\_\_\_\_  $2^+$

0 \_\_\_\_\_  $0^+$

Е, кэВ  ${}^{160}\text{Dy}$   $J^P$

#### Вариант № 12

1. Естественное химически чистое вещество имеет атомную массу

$50,9415$  а.е.м. Оно состоит из двух изотопов. Атомная масса второго изотопа  $50,9439$  а.е.м. Найдите атомную массу первого изотопа, если процентное содержание первого изотопа в естественном веществе составляет  $0,24\%$ .

2. Каким был бы радиус Земли, если бы она состояла из вещества, имеющего плотность ядра?

3. Какие из перечисленных ниже ядер имеют заполненные протонные уровни  ${}^{90}_{40}\text{Zr}$ ,  ${}^{124}_{50}\text{Sn}$ ,  ${}^{166}_{70}\text{Yb}$ ,  ${}^{204}_{82}\text{Pb}$ ?

4. Как с точки зрения модели оболочек можно ввести представление о магических ядрах? Изобразите схему заполнения уровней в дважды магических ядрах  ${}^4_2\text{He}$ ,  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ .

5. Для следующих ядер приведены наиболее вероятные экспериментальные значения спинов и чётности основных состояний:  ${}^{103}_{45}\text{Rh}$   $J^P = \frac{1}{2}^-$ ;  ${}^{106}_{45}\text{Rh}$   $J^P = 1^+$ ;  ${}^{105}_{46}\text{Pd}$   $J^P = \frac{5}{2}^+$ . Определите наиболее вероятные одночастичные конфигурации.

#### Тема: Устойчивость ядер

##### Вариант № 1

1. Какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы удалить из ядра  ${}^4_2\text{He}$  один нейтрон и один протон? Объясните, почему эти энергии различны.

2. Свежеприготовленный препарат содержит  $1,4$  мкг радиоактивного изотопа  ${}^{24}\text{Na}$ . Какую активность он будет иметь через сутки?



3. Из литра молока выделили изотоп  $185 \text{ кБк } ^{131}\text{J}$ . Подготовка пробы и анализ заняли 3 дня. Какую активность получил каждый студент, выпивший в день отбора пробы  $0,5 \text{ дм}^3$  молока?
4. В сосуде вместимостью  $1 \text{ дм}^3$  находится  $1 \text{ г}$  трития при температуре  $300 \text{ К}$ . За 12 лет половина ядер трития превращается в ядра гелия. Найдите давление в сосуде в конце этого срока.
5. Выразите энергетическое условие электронного распада через полные энергии связи материнского и дочернего ядра.

#### Вариант № 2

1. Найдите минимальную энергию, необходимую для удаления один раз одного протона, а другой – одного нейтрона из ядра  $^{14}_7\text{N}$ .
2. Сколько радиоактивного вещества остаётся по истечению одних, двух суток, если вначале его было  $0,1 \text{ кг}$ ? Период полураспада вещества равен 2 суткам.
3. Активности двух препаратов, которые первоначально относились как 2:1, спустя 6 дней стали одинаковыми. Каков период полураспада второго препарата, если у первого он равен 4 суткам?
4. Сколько электронов испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора  $^{32}_{15}\text{P}$  массой  $1 \text{ мкг}$ ? Период полураспада равен  $14,3$  суток.
5. Ядро атома  $^{13}\text{N}$  выбросило позитрон. Кинетическая энергия позитрона  $160 \text{ фДж}$ . Определите кинетическую энергию нейтрино, выброшенного вместе с позитроном. Кинетической энергией отдачи ядра пренебрегите.

#### Вариант № 3

1. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить ядро  $^{12}_6\text{C}$  на три равные части?
2.  $100 \text{ г}$  радиоактивного вещества лежит на весах. Через сколько суток весы с чувствительностью  $0,01 \text{ г}$  покажут отсутствие радиоактивного вещества? Период полураспада вещества равен 2 суткам.
3. Активность двух радиоактивных препаратов была первоначально равна  $800 \text{ МБк}$  и  $500 \text{ МБк}$ . Через 12 суток она стала одинаковой. Чему равен период полураспада второго препарата, если у первого он равен 5 суткам?
4. Радиоактивный препарат  $^{24}\text{Na}$  распадается, испуская электроны. Вычислите число ядер, распадающихся в  $1 \text{ мг}$  данного препарата за  $36 \text{ кс}$ .
5. Найдите кинетическую энергию ядра отдачи при позитронном распаде ядра  $^{13}\text{N}$  в том случае, когда энергия позитрона максимальна.

#### Вариант № 4

1. Энергии покоя нейтрона и протона равны соответственно  $939,6 \text{ МэВ}$  и  $938,3 \text{ МэВ}$ . Определите энергию покоя ядра дейтерия  $^2_1\text{H}$ , если энергия связи дейтерия равна  $2,23 \text{ МэВ}$ .
2. В радиоактивном веществе с постоянной распада  $0,025 \text{ лет}^{-1}$  распалось  $52,76 \%$  ядер их первоначального количества. Сколько времени длился распад? Определите постоянную распада, период полураспада, среднее время жизни ядра изотопа.
3. Активность некоторого препарата уменьшается за два дня с  $40 \text{ МБк}$  до  $31 \text{ МБк}$ . Какой будет активность ещё через восемь дней?
4. Измерениями установлено, что при электронном распаде некоторого ядра минимальная энергия вылетающего электрона составляет  $560 \text{ фДж}$ . Каким должен быть минимальный линейный размер ядра, чтобы можно было считать, что до распада электрон находится в ядре?
5. При распаде ядра  $^{13}\text{N}$  образуется ядро  $^{13}\text{C}$  с массой  $13,003354 \text{ а.е.м.}$  Энергия реакции  $2,076 \text{ МэВ}$ . Вычислите массу  $^{13}\text{N}$ .

#### Вариант № 5

1. Какую энергию надо затратить, чтобы разделить ядро бора  $^{11}_5\text{B}$  на составляющие протоны и нейтроны?

2. Какая доля радиоактивных ядер образца распадается на протяжении одного среднего времени жизни, двух средних времён жизни?
3. Активность препарата  ${}^{140}_{57}\text{La}$  измеряли в течение 4,5 часов. За это время было зарегистрировано  $2 \cdot 10^5$  импульсов. Рассчитайте скорость счёта в первую минуту.
4. Масса ядра  ${}^{14}\text{N}$  равна 14,00374 а.е.м.. Максимальная энергия электронов при распаде  ${}^{14}\text{C}$  равна 0,15 МэВ. Определите массу ядра  ${}^{14}\text{C}$ .
5. Энергия покоя ядра  ${}^{27}_{14}\text{Si}$  равна 25137,961 МэВ, а ядра  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  – 25133,150 МэВ. Используя значения энергий покоя атомов, определите границу энергетического спектра позитронов, испускаемых при позитронном распаде ядра  ${}^{27}_{14}\text{Si}$ .

Вариант № 6

1. Отличается ли средняя энергия связи на нуклон в ядре  ${}^9_4\text{Be}$  от энергии отделения одного нейтрона из этого ядра?
2. Определите, какая доля начального количества ядер радиоактивного изотопа останется нераспавшейся по истечению времени, равного двум средним временам жизни радиоактивного ядра.
3. Измерения объёмных активностей  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  и  ${}^{140}_{56}\text{Ba}$  в молоке показали значения 0,26 Бк/дм<sup>3</sup>; 2,4 Бк/дм<sup>3</sup> и 11,1 Бк/дм<sup>3</sup> соответственно. Определите, сколько распадов всех трёх радионуклидов происходит в см<sup>3</sup> молока за один час.
4. При распаде ядра  ${}^{32}\text{P}$  образуется ядро  ${}^{32}\text{S}$  и испускается электрон с энергией 1,712 МэВ. Вычислите массу изотопа  ${}^{32}\text{P}$ , зная массу изотопа ядра  ${}^{32}\text{S}$ .
5. Выразите энергетическое условие позитронного распада через полные энергии связи материнского и дочернего ядра.

Вариант № 7

1. Отличается ли средняя энергия связи на нуклон в ядре  ${}^9_4\text{Be}$  от энергии отделения одного протона из этого ядра?
2. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного йода  ${}^{131}_{53}\text{J}$  в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа  ${}^{131}_{53}\text{J}$  равен 193 часам.
3. В капсуле находится 0,16 моля изотопа  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ . Его период полураспада  $2,44 \cdot 10^4$  лет. Определите активность плутония.
4. По массам ядер-изобар  ${}^{14}\text{C}$  и  ${}^{14}\text{N}$  определите верхнюю границу спектра бета-распада.
5. Найдите кинетическую энергию ядра отдачи при позитронном распаде ядра  ${}^{13}\text{N}$  в том случае, когда энергия позитрона максимальна.

Вариант № 8

1. Во сколько раз отличается энергия связи, рассчитанная на один нуклон для зеркальных ядер  ${}^3_2\text{He}$  и  ${}^3_1\text{H}$ ?
2. Вычислите число ядер  ${}^{130}\text{J}$ , распавшихся в течение первых суток; если первоначальное число ядер равно  $10^{22}$ .
3. В момент измерения активность  ${}^{131}\text{J}$  составила 155,4 МБк. Определите активность, которая была за 6 дней до измерения. Какая будет активность спустя 6 дней?
4. Вычислите максимальную энергию электронов, испускаемых при электронном распаде  ${}^{12}\text{B}$ .
5. Может ли возникнуть ядро  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$  путем позитронного распада  ${}^{37}_{18}\text{Ar}$ ?

Вариант № 9

1. Найдите энергию отделения кластера  $^{14}\text{C}$  от ядра  $^{238}_{92}\text{U}$ .
2. За 86,4 кс из одного миллиона ядер  $^{222}\text{Rn}$  распадается 175000 ядер. Определите период полураспада  $^{222}\text{Rn}$ .
3. В паспорте указано, что активность радиоактивного изотопа  $^{24}_{11}\text{Na}$  равна 370 кБк. Какова будет активность: а) через сутки; б) через двое суток; в) через 5 суток; г) через 10 суток после времени измерения, указанного в паспорте?
4. Определите энергию электронного распада ядра  $^3\text{H}$ .
5. Ядро атома  $^{13}\text{N}$  выбросило позитрон и электронное нейтрино. Кинетическая энергия позитрона равна 160 фДж. Определите энергию нейтрино, выброшенного вместе с позитроном. Кинетической энергией отдачи ядра пренебрегите.

Вариант № 10

1. Рассчитайте энергию, которая выделится при объединении 20 протонов и 20 нейтронов в ядро  $^{40}\text{Ca}$ .
2. Изотоп  $^{32}_{15}\text{P}$  распадаясь, испускает электроны. Вычислите количество атомов распавшихся в течение суток из 1 мкг изотопа.
3. Изотоп  $^{207}_{81}\text{Tl}$  имеет период полураспада 4,8 мин. Какова активность этого изотопа массой 0,16 мкг через 5 мин.?
4. Считая известной форму спектра электронов электронного распада, постройте спектр антинейтрино, излучённых в электронном распаде.
5. Разрешённым или запрещённым является бета-распад ядра  $^{90}_{38}\text{Sr}$ ?

Вариант № 11

1. Вычислите дефект массы ядра, энергию связи ядра и энергию связи на нуклон ядра кислорода  $^{17}_8\text{O}$ .
2. Имеется урановый препарат с активностью 20,7 МБк. Определите в препарате массу изотопа  $^{235}_{92}\text{U}$  с периодом полураспада  $7,1 \cdot 10^8$  лет.
3. В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего  $^{24}\text{Na}$  с активностью 2 кБк. Объёмная активность крови через 5 час оказалась равной 267 кБк/м<sup>3</sup>. Период полураспада данного радиоизотопа 15 ч. Найдите объём крови человека.
4. Ядро  $^{14}\text{C}$  выбросило электрон и антинейтрино. Определите полную энергию электронного распада ядра.
5. Энергии связи ядер  $^{114}\text{Cd}$ ,  $^{114}\text{In}$ ,  $^{114}\text{Sn}$  равны соответственно 972,63 МэВ, 970,42 МэВ и 971,61 МэВ. Определите возможные виды бета-распада ядра  $^{114}\text{In}$ .

Вариант № 12

1. Вычислите энергию отделения от  $^{238}\text{U}$  гипотетически содержащегося в нём ядра гелия-4.
2. К 10 мг радиоактивного изотопа  $^{45}_{20}\text{Ca}$  примешано 30 мг нерадиоактивного изотопа  $^{40}_{20}\text{Ca}$ . Насколько уменьшилась массовая активность препарата?
3. Определите число радиоактивных ядер в свежеприготовленном препарате  $^{131}_{53}\text{I}$ , если известно, что через сутки его активность стала 7,4 ГБк. Период полураспада йода 8 суток.
4. Радиоактивное ядро, находившееся в состоянии покоя, распадается, выбрасывая электрон и нейтрино под прямым углом друг к другу. Импульс электрона  $120 \cdot 10^{-24}$  Н·с, а нейтрино  $64 \cdot 10^{-24}$  Н·с. Найдите модуль и направление импульса остаточного ядра, испытавшего отдачу. Масса остаточного ядра  $58 \cdot 10^{-27}$  кг. Чему равна кинетическая энергия отдачи?
5. Исследуйте устойчивость ядра  $^{36}_{17}\text{Cl}$  к бета-распаду.

**Тема: Виды распадов**

Вариант № 1

1. Возбуждённые ядра  $^{57}_{26}\text{Fe}$ , имеющие период полураспада 100 нс, при переходе в основное состояние излучают фотон с энергией 2,3 фДж. Воспользовавшись соотношением неопределённостей для энергии и приняв неопределённость времени равной периоду полураспада, вычислите естественную ширину энергетического уровня.
2. При выбрасывании  $\alpha$ -частицы ядро радиоактивного элемента испытывает отдачу. Определите, какую часть от энергии возникающей  $\alpha$ -частицы составляет энергия атома отдачи в процессе распада ядра  $^{210}\text{Po}$ .
3. В периодической системе элементов рядом расположены три элемента. Условно назовем их А, Б, В. Радиоактивный изотоп элемента А превращается в элемент Б, а тот, в свою очередь, в элемент В. Последний превращается в изотоп исходного элемента А. Какими процессами обусловлены переходы  $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow V$ ,  $V \rightarrow A$ ?
4. При распаде одного ядра  $^{235}\text{U}$  на два ядра средних элементов выделяется около 32 пДж. Какая энергия выделится при полном распаде 1 кг  $^{235}\text{U}$ ?
5. Чтобы определить возраст древней ткани, найденной в одной из египетских пирамид, была определена концентрация в ней ядер углерода  $^{14}_6\text{C}$ . Она оказалась соответствующей 9,2 распадам в минуту на один грамм углерода. Концентрация  $^{14}_6\text{C}$  в живых растениях соответствует 14,0 распадам в минуту на один грамм углерода. Период полураспада  $^{14}_6\text{C}$  равен 5730 лет. Исходя из этих данных, оцените возраст древней ткани.

#### Вариант № 2

1. Изомерное ядро  $^{60}\text{Zn}$  переходит в основное состояние, испуская фотон с энергией 69,79 фДж. Вычислите кинетическую энергию отдачи ядра после испускания фотона.
2. Энергия ядер  $^4\text{He}$ , испускаемых при распаде  $^{210}\text{Po}$  равна 752 фДж. Какую скорость приобретает ядро  $^{210}\text{Po}$  при испускании ядра  $^4\text{He}$ ?
3. В цепочке радиоактивных превращений от элемента с порядковым номером 92 и массовым числом 235 до элемента с порядковым номером 82 и массовым числом 207 (от урана до свинца) происходит несколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов. Сколько всего распадов в этой цепочке?
4. При распаде неподвижного ядра образуется три осколка с равными массами с известной общей кинетической энергией. Найдите скорости осколков, если направления скоростей составляют друг с другом 2,09 рад.
5. Относительная доля радиоактивного углерода  $^{14}_6\text{C}$  в старом куске дерева составляет 0,0416 доли его в живых растениях. Каков возраст этого куска дерева? Период полураспада углерода составляет 5730 лет.

#### Вариант № 3

1. Свободное покоившееся ядро  $^{191}_{77}\text{Ir}$  с энергией возбуждения 129 кэВ перешло в основное состояние, испустив фотон. Вычислите относительное изменение энергии фотона, возникающее в результате отдачи ядра.
2. Сколько кубических миллиметров гелия выделяется в результате распада 1 г  $^{226}\text{Ra}$  в течение года? Считайте, что гелий находится при 273 К и при атмосферном давлении.
3. Заданы исходные и конечные элементы четырёх радиоактивных семейств:  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Pb}$ ;  $^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Pb}$ ;  $^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{207}_{82}\text{Pb}$ ;  $^{241}_{95}\text{Am} \rightarrow ^{209}_{83}\text{Bi}$ . Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений произошло в каждом семействе?
4. При делении  $^{238}\text{U}$  на равные части вылетают мгновенно четыре нейтрона и два электрона. Какие изотопы образуются при таком делении?

5. Определите возраст археологической находки из древесины, если активность образца по  $^{14}_6\text{C}$  составляет 10% активности образца из свежих растений. Период полураспада  $^{14}_6\text{C}$  равен 5730 лет.

#### Вариант № 4

1. Какую среднюю продолжительность жизни должно иметь ядро  $^{52}_{24}\text{Cr}$  в состоянии, для которого ширина уровня энергии равна 1 мэВ?
2. При массе человека 70 кг содержания калия в организме составляет в среднем 140 г, из них 0,01% приходится на радиоактивный изотоп  $^{40}_{19}\text{K}$ . Определите количество фотонов, возникающих каждую секунду при распаде радиоактивного  $^{40}_{19}\text{K}$ , если из 100 распадов 11 сопровождаются испусканием фотона.
3. Известно, что 1 г радия испускает  $3,7 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц в секунду. Это количество радия вместе с короткоживущими продуктами распада выделяет 172 мм<sup>3</sup> гелия в год. Пользуясь этими данными, вычислите число Авогадро.
4. При делении изотопов  $^{235}_{92}\text{U}$  освобождается 200 МэВ энергии, причём 84 % этой энергии приобретают осколки деления в виде  $^{137}_{54}\text{Ba}$  и  $^{84}_{38}\text{Kr}$ , импульс которых одинаков по модулю. Найдите энергии осколков.
5. Элемент кюрий  $^{241}_{96}\text{Cm}$ , период полураспада которого равен 30 дням, испускает альфа-частицы с энергией 6,25 МэВ. Вычислите количество теплоты, выделившейся в микропробирке с раствором соли, содержащей 2 мг  $^{241}_{96}\text{Cm}$ .

#### Вариант № 5

1. Радиоактивный изотоп  $^{22}_{11}\text{Na}$  излучает фотоны энергией 1,28 МэВ. Определите мощность фотонного излучения и энергию, излучаемую за 5 мин изотопом натрия массой 5 г. Считайте, что при каждом акте распада излучается один фотон с указанной энергией.
2. При радиоактивном распаде ядра  $^{238}_{92}\text{U}$  с вылетом  $^4_2\text{He}$ , центр вылетающего ядра  $^4_2\text{He}$  некоторый момент времени отстоит на 9 фм от центра остаточного ядра. Какова для этого момента сила, действующая на  $^4_2\text{He}$ , каково ускорение этого ядра?
3. Радиоактивное ядро  $^{210}_{83}\text{Bi}$ , распадаясь, превращается в  $^{210}_{82}\text{Pb}$ , который, в свою очередь, распадаясь, превращается в стабильный изотоп  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . Первоначально был изготовлен образец из 100 мг  $^{210}_{83}\text{Bi}$ . Определите  $\alpha$ -активность и электронную активность через месяц после изготовления препарата.
4. Ядро распадается на две частицы массами  $10^{-25}$  кг и  $3 \cdot 10^{-25}$  кг. Определите кинетические энергии осколков, если их общая кинетическая энергия 32 пДж. Кинетической энергией и импульсом ядра до распада пренебрегите.
5. Сколько воды, взятой при температуре 273 К, можно нагреть до кипения, если использовать для нагревания энергию, выделяющуюся при делении  $^{235}_{92}\text{U}$  с количеством вещества 1 моль? Считайте, что в одном акте деления выделяется энергия 32 пДж.

#### Вариант № 6

1. Воспользовавшись соотношением неопределённостей для энергии и приняв неопределённость времени равной периоду полураспада, вычислите естественную ширину энергетического уровня для ядра иридия  $^{191}_{77}\text{Ir}$ . Период полураспада иридия равен 100 пс.
2. Покоившееся ядро радона  $^{220}_{86}\text{Rn}$  выбросило альфа-частицу со скоростью 16 Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость получило оно в результате отдачи?

3. При распаде ядра  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  последовательно испускаются следующие частицы:  $\alpha, \beta, \beta, \alpha, \alpha, \alpha, \beta, \alpha, \beta$ . Начертите клетчатое поле из квадратных клеток. По горизонтали отложите число нейтронов, а по вертикали – число протонов. Идентифицируйте промежуточные радиоактивные ядра и конечное устойчивое ядро. Постройте на заготовленном клетчатом поле диаграмму последовательных распадов.

4. Найдите энергию кулоновского отталкивания двух соприкасающихся ядер  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$  и  ${}^{138}_{56}\text{Ba}$ , полагая, что эти ядра имеют сферическую форму.

5. Радиоактивный препарат, имеющий активность 37 ГБк, помещён в калориметр теплоёмкостью 4,19 Дж/К. Найдите повышение температуры в калориметре за 1 ч, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает  $\alpha$ -частицы с энергией 5,3 МэВ.

#### Вариант № 7

1. Ядро  ${}^{10}_5\text{B}$  из возбуждённого состояния с энергией 0,72 МэВ распадается путём испускания фотонов с периодом полураспада 670 пс. Оцените неопределённость в энергии испущенного фотона.

2. При распаде радиоактивного полония  ${}^{210}\text{Po}$  в течение 1 ч образовался гелий  ${}^4\text{He}$ , который при нормальных условиях занял объём 89,5 см<sup>3</sup>. Определите период полураспада полония.

3. Вещество радиоактивного элемента, подвергнувшись ряду превращений, потеряло одну  $\alpha$ - и две  $\beta$ -частицы и превратилось в ядро урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$ . Найдите исходный радиоактивный элемент.

4. Ядро  ${}^{235}\text{U}$  делится по схеме:  ${}^{235}\text{U} \rightarrow {}^{143}\text{Ba} + {}^{92}\text{Kr}$ . Кинетическая энергия обоих осколков равна 25,5 пДж. Считая, что осколки при делении разлетаются в противоположные стороны, определите скорость ядра  ${}^{143}\text{Ba}$ .

5. Оцените энергию, которая выделится при полном делении одного килограмма  ${}^{239}\text{Pu}$ . При вычислении предположите, что изменение энергии связи на нуклон при делении составляет в среднем 144 фДж.

#### Вариант № 8

1. Энергия возбуждения ядра  ${}^{14}_7\text{N}$  равна 2,3 МэВ. При переходе из возбуждённого состояния в основное испускается фотон. Определите энергию ядра отдачи.

2. Радиоизотоп  ${}^{40}\text{K}$  по измерениям на 28.02. имеет активность 7,4 КБк. Период полураспада этого изотопа равен 45,3 дня. Определите активность на 01.04. того же года.

3. В результате  $\alpha$ -распада  ${}^{210}\text{Po}$  превращается в стабильный изотоп свинца. Сколько свинца образуется в 1 мг полония за 8,64 Мс в результате распада?

4. При распаде ядро разделилось на три осколка. Два осколка полетели под прямым углом друг к другу. Первый осколок массой  $100 \cdot 10^{-27}$  кг имел скорость 12 Мм/с, а второй осколок массой  $200 \cdot 10^{-27}$  кг полетел со скоростью 8 Мм/с. Третий осколок полетел со скоростью 40 Мм/с. Покажите графически направления полета третьего осколка. Какова его масса? Ядро до распада покоилось.

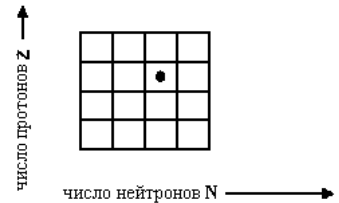
5. Определите теплоту, которая выделяет 1 мг препарата  ${}^{210}\text{Po}$  за период, равный среднему времени жизни этих ядер, если известно, что испускаемые  $\alpha$ -частицы имеют кинетическую энергию 5,3 МэВ и практически все дочерние ядра образуются непосредственно в основном состоянии.

#### Вариант № 9

1. При массе человека 70 кг содержание калия в организме составляет в среднем 140 г, из них 0,01% приходится на радиоактивный изотоп  $^{40}_{19}K$ . Определите количество фотонов, возникающих каждую секунду при распаде радиоактивного  $^{40}_{19}K$ , если из 100 распадов 11 сопровождаются испусканием фотона.

2. Ядро полония испытывает  $\alpha$ -распад. Получающееся при этом ядро приобретает скорость 310 км/с. Ядро  $^4He$  приобретает скорость 16 Мм/с. Определите массовое число ядра полония.

3. Как на  $Z, N$ -диаграмме, составленной из клеточек для каждого ядра, с помощью стрелок показать  $\alpha$ -распад, электронный распад, двухэлектронный распад позитронный распад.



4. При распаде ядра  $^{234}Th$  образовались три одинаковых осколка. Их общая кинетическая энергия равна 2,9 пДж. Какую максимальную скорость может иметь один из осколков, если до распада ядро летело со скоростью 8 Мм/с?

5. Масса 1 г урана  $^{238}_{92}U$  в равновесии с продуктами его распада выделяет мощность 107 нВт.

Найдите молярную теплоту, выделяемую за среднее время жизни  $^{238}_{92}U$ .

#### Вариант № 10

1. Может ли ядро  $^{28}Si$  превратиться в ядро  $^{27}Al$ , выбросив при этом протон? Почему?

2. Воспользовавшись законом сохранения импульса, вычислите энергию отдачи ядра  $^{57}_{26}Fe$  при излучении фотона с энергией 14,4 кэВ, а также разницу между частотами, соответствующих максимуму поглощения (при переходе ядра в возбужденное состояние) и максимуму излучения (при переходе в основное состояние).

3. Изотоп  $^{226}Ra$  встречается в равновесной урановой руде в отношении 1 атом радия на  $2,86 \cdot 10^6$  атомов  $^{238}U$ . Определите период полураспада урана при условии  $T_{238} \gg T_{226}$ .

4. При делении урана могут образовываться осколки с порядковыми номерами 28 и 54. Оцените энергию, освобождаемую при делении в результате электростатического отталкивания осколков, если первоначальное расстояние между ними составляет 15 фм.

5. Какая теплота выделяет 37 Гбк  $^{222}Ra$  в час и за среднее время жизни? Кинетическая энергия вылетающего из  $^{222}Ra$  ядра  $^4He$  равна 5,5 МэВ.

#### Вариант № 11

1. Принимая, что все атомы изотопа йода массой 1 мкг  $^{131}_{53}J$ , имеющего период полураспада 8 суток, радиоактивны, определите начальную активность этого изотопа и его активность через 3 суток.

2. Начиная с изотопа  $^{225}Ac$ , происходит три последовательных  $\alpha$ -распада. Почему же не происходит сразу испускания ядра  $^{12}C$ , хотя это энергетически возможно? Рассуждения подтвердите расчетом.

3. Принимая возраст Земли равным  $4,5 \cdot 10^9$  лет, и считая, что свинец в урановой руде получился в результате радиоактивных превращений  $^{238}_{92}U$ , вычислите, каким должно быть отношение веса свинца  $^{206}_{82}Pb$  к массе урана  $^{238}_{92}U$  в урановой руде. Период полураспада для  $^{238}_{92}U$  равен  $4,5 \cdot 10^9$  лет.

4. При делении одного ядра  $^{235}U$  на два осколка наряду с двумя нейтронами образовался радиоактивный криптон  $^{93}Kr$ . Ядром какого элемента являлся второй осколок и при помощи каких радиоактивных превращений он даёт стабильный изотоп?

5. Иттрий  $^{91}Y$ , содержащийся в продуктах распада урана, испускает электроны с энергией 245 фДж. Определите массу  $^{91}Y$ , при распаде которого выделится 80 Дж теплоты. Предположите, что вся энергия электронов превращается в теплоту.

### Вариант № 12

1. В результате захвата К-электрона ядром  ${}^7\text{Be}$  образуется новое ядро. Энергия реакции 0,86 МэВ. Напишите уравнение этой реакции. Рассчитайте энергию отдачи.
2. Может ли ядро  ${}^{28}\text{Si}$  превратиться в ядро  ${}^{27}\text{Al}$ , выбросив при этом протон? Почему?
3. Запишите цепь радиоактивных превращений от изотопа радия  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  до изотопа висмута  ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ .
4. Определите энергию, которая выделяется при делении одного ядра  ${}^{235}\text{U}$ , если при делении всех ядер, содержащихся в уране массой 1 г, выделяется энергия 82 ГДж.
5. В одном грамме урановой руды содержится 1 нг  ${}^{226}\text{Ra}$ . Рассчитайте энергию, выделяющуюся в течение 31,1 Мс.

### Тема: Реакции, реакции с нейтронами

#### Вариант № 1

1. Изобразите общую схему ядерной реакции через составное ядро. Составным ядром является  ${}^{14}_7\text{N}$ . Укажите не менее трёх входных каналов и не менее трёх выходных каналов.
2. Нейтрон в реакторе испытывает упругое центральное столкновение с ядром углерода. Ядро углерода первоначально покоится. Какая доля кинетической энергии нейтрона передаётся ядру углерода? Если первоначальная кинетическая энергия равна 160 фДж, то чему равна окончательная кинетическая энергия нейтрона и кинетическая энергия ядра углерода после столкновения?
3. Ядро  ${}^7_3\text{Li}$  захватывает медленный нейтрон и испускает один фотон. Чему равна энергия фотона?
4. Реакция ядра  ${}^{10}\text{B}$  идет при бомбардировке бора тепловыми нейтронами. В результате реакции образуется ядро  ${}^4\text{He}$ . Найдите энергию, выделяющуюся при этой реакции. Считая ядро бора  ${}^{10}\text{B}$  неподвижным, найдите скорость и кинетическую энергию ядра  ${}^4\text{He}$ .
5. Какова активность  ${}^{89}\text{Sr}$  в образце урана, если в нём под действием тепловых нейтронов подверглось делению 2,35 г ядер  ${}^{235}\text{U}$ . Выход  ${}^{89}\text{Sr}$  при делении равен 4,6 %?

#### Вариант № 2

1. По каким ядерным реакциям и из каких стабильных изотопов можно получить радиоактивный натрий  ${}^{22}\text{Na}$ ? Напишите соответствующие уравнения ядерных реакций. Реакции срыва и подхвата учитывать не следует.
2. Вычислите, какую долю кинетической энергии потеряет нейтрон при центральном столкновении с ядрами водорода  ${}^1\text{H}$  и графита  ${}^{12}\text{C}$ .
3. Для ядерной реакции  $n + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + \gamma$  определите, происходит освобождение энергии или поглощение.
4. Будут ли идти реакции  ${}^{14}_7\text{N}(n, p){}^{14}_6\text{C}$  и  ${}^{59}_{27}\text{Co}(n, p){}^{59}_{26}\text{Fe}$  на тепловых нейтронах и нейтронах с энергией 10 МэВ?
5. Ядро урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$  захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, причём освободилось два нейтрона. Одним из осколков оказалось ядро ксенона  ${}^{140}_{54}\text{Xe}$ . Каким был второй осколок? Напишите уравнение реакции. Определите выделившуюся энергию.

#### Вариант № 3

1. Из каких изотопов и по каким ядерным реакциям можно получить радиоактивный фосфор  ${}^{32}\text{P}$ ? Препарат  ${}^{32}\text{P}$  не должен содержать стабильных изотопов фосфора.
2. Какую максимальную часть своей кинетической энергии может передать частица массой  $2 \cdot 10^{-22}$  г, сталкиваясь упруго с частицей массой  $8 \cdot 10^{-22}$  г, которая до столкновения покоилась?



3. При облучении молекул  $\text{HJ}$  тепловыми нейтронами протекает реакция  ${}^{127}_{53}\text{J}(n, \gamma){}^{128}_{53}\text{J}$ . Энергия фотонов равна 4,8 МэВ. Энергия связи  $\text{H-J}$  равна 3,13 эВ. Покажите, произойдёт ли разрыв химических связей в молекуле  $\text{HJ}$  при облучении тепловыми нейтронами.
4. В земной атмосфере всё время происходит ядерная реакция, при которой космические нейтроны захватываются ядрами молекул земной атмосферы. При этом ядра азота превращаются в радиоактивный углерод  ${}^{14}_6\text{C}$ . Напишите уравнение этой реакции. Определите энергию реакции. Если реакция окажется эндотергической, то определите её порог.
5. Ядро  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , захватывая тепловой нейтрон, делится на два осколка с массовыми числами 96 и 140. Вычислите кинетическую энергию этих осколков и их скорости, если их общая кинетическая энергия составляет 25,92 пДж.

#### Вариант № 4

1. Запишите возможные на Ваш взгляд реакции получения семьдесят девятого элемента  ${}^{198}_{81}\text{Au}$ .
2. Вычислите, какую долю энергии теряет нейтрон при любом столкновении с ядром дейтерия  ${}^2_1\text{H}$  и урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$ .
3. Найдите, какая из двух ядерных реакций  ${}^{35}_{17}\text{Cl}(n, p){}^{35}_{16}\text{S}$ ;  ${}^{24}_{12}\text{Mg}(n, p){}^{24}_{11}\text{Na}$  может протекать при любой энергии бомбардирующего нейтрона.
4. Используйте знание того, что энергия связи ядра  ${}^{14}_7\text{N}$  равна 16,74 Дж, а ядра  ${}^{14}_6\text{C}$  – 16,85 Дж. Найдите энергию реакции  ${}^{14}_7\text{N}$  с нейтроном, сопровождающимся образованием ядра  ${}^{14}_6\text{C}$ .
5. Определите энергию осколков при делении тепловыми нейтронами ядра  ${}^{235}_{92}\text{U}$  на осколки  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$  и  ${}^{136}_{54}\text{Xe}$ , которые уносят суммарную энергию 160 МэВ?

#### Вариант № 5

1. Определите недостающую частицу в следующей реакции  $? + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + p$ . Найдите энергию реакции. Если реакция эндотергическая, то найдите порог ядерной реакции.
2. Какую часть своей первоначальной скорости будет составлять скорость нейтрона после упругого центрального столкновения с неподвижным ядром  ${}^{24}_{11}\text{Na}$ ?
3. Энергия связи  $\text{C-Br}$  равна 2,4 эВ. При облучении бромметана нейтронами два фотона с энергиями 4 и 3 МэВ вылетают в противоположных направлениях. Определите, рвётся ли связь  $\text{CH}_3\text{Br}$  при облучении бромметана нейтронами
4. Для регистрации медленных нейтронов используется реакция  ${}^{10}_5\text{B}(n, \alpha){}^7_3\text{Li}$ . Найдите кинетические энергии альфа-частицы и энергию ядра отдачи  ${}^7_3\text{Li}$ .
5. В результате деления ядра  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , захватившего нейтрон, образуются ядра  ${}^{142}_{54}\text{Ba}$  и  ${}^{91}_{36}\text{Kr}$ , а также три свободных нейтрона. Энергия связи на нуклон ядер бария  ${}^{142}_{54}\text{Ba}$  равна 1,34 аДж, криптона  ${}^{91}_{36}\text{Kr}$  – 1,38 аДж и урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$  – 1,2 аДж. Чему равна энергия, выделяющаяся при делении одного ядра  ${}^{235}_{92}\text{U}$ ?

#### Вариант № 6

1. Напишите недостающие обозначения  $x$  в следующей ядерной реакции  ${}^{10}_5\text{B}(x, \alpha){}^8_4\text{Be}$ . Найдите энергию реакции. Если реакция эндотергическая, то найдите порог ядерной реакции.
2. В быстрых реакторах в качестве теплоносителя используют натрий  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  и свинец  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ . Какую долю своей энергии в среднем теряет нейтрон при упругом столкновении с ядрами теплоносителя?
3. Какое ядро образуется в результате реакции радиационного захвата нейтрона ядром  ${}^{238}_{92}\text{U}$  и двух последующих электронных распадов? Какой изотоп образуется в результате реакции радиационного захвата нейтрона  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  и двух последующих электронных распадов?
4. Вычислите порог реакции  ${}^{32}_{16}\text{S}(n, p){}^{32}_{15}\text{P}$ .

5. При делении ядра  $^{235}\text{U}$  под действием замедленного нейтрона образовались осколки с массовыми числами 90 и 143. Определите число нейтронов, вылетавших из ядра в данном акте деления. Определите энергию и скорость каждого из осколков, если они разлетаются в противоположные стороны и их суммарная кинетическая энергия равна 25,6 пДж.

Вариант № 7

1. Запишите в полной форме уравнение ядерной реакции  $(p, \alpha)^{22}\text{Na}$ . Определите энергию ядерной реакции. Если реакция эндознергетическая, то найдите порог ядерной реакции.
2. Нейтроны с первоначальной средней энергией 2 МэВ замедляются в водородной среде. Какова будет средняя энергия нейтронов после 5 столкновений?
3. Вычислите энергию ядерной реакции  $n + {}^{59}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{27}\text{Co} + \gamma$ . Выделяется или поглощается энергия при этой реакции?
4. Какой энергией должен обладать нейтрон для того, чтобы вызвать  $(n, 2n)$ -реакцию с ядром  ${}^{32}\text{P}$ ?
5. Известно, что при одном делении ядра изотопа  $^{235}\text{U}$  освобождается 32 пДж энергии. Какую энергию можно получить при делении 1 г урана?

Вариант № 8

1. Напишите недостающие обозначения  $x$  в следующей ядерной реакции  ${}^{10}_5\text{B}(x, \alpha){}^9_4\text{Be}$ . Найдите энергию реакции. Если реакция эндознергетическая, то найдите порог ядерной реакции.
2. Какую часть своей скорости потеряет нейтрон при упругом столкновении с ядром водорода  ${}^1\text{H}$ , углерода  ${}^{12}\text{C}$ , свинца  ${}^{208}\text{Pb}$ ? Почему в качестве замедлителей нейтронов применяют графит или воду?
3. Определите энергию отдачи ядер при ядерной реакции  ${}^{37}_{17}\text{Cl}(n, \gamma){}^{38}_{17}\text{Cl}$ . если энергия возбуждения промежуточного ядра снимается одним фотоном с энергией, равной около 7 МэВ.
4. Какую минимальную кинетическую энергию должен иметь нейтрон, чтобы стала возможной реакция  ${}^{16}\text{O}(n, \alpha){}^{13}\text{C}$ ?
5. Ядро  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , поглотив один нейтрон, разделилось на два осколка и четыре нейтрона. Один из осколков оказался ядром  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ . Ядром какого элемента является второй осколок? Определите энергию, выделившуюся при реакции вынужденного деления.

Вариант № 9

1. Идентифицируйте частицу  $x$  в уравнении ядерного синтеза  $4p \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2x + 2\nu_e + \gamma$ .
2. Нейтрон в реакторе испытывает упругое центральное столкновение с ядром углерода  ${}^{12}\text{C}$ . Ядро углерода первоначально покоится. Какая доля кинетической энергии нейтрона передается ядру углерода? Если первоначальная кинетическая энергия равна 160 фДж, то чему равна окончательная кинетическая энергия нейтрона и кинетическая энергия ядра углерода после столкновения?
3. Определите энергию отдачи при реакции  ${}^{127}_{53}\text{J}(n, \gamma){}^{128}_{53}\text{J}$ , если энергия фотонов равна 4,8 МэВ?
4. Для возбуждения реакции  $(n, {}^4_2\text{He})$  не покоящихся ядрах  ${}^{11}\text{B}$  пороговая кинетическая энергия нейтронов равна 640 фДж. Найдите энергию этой реакции.
5. При распаде ядра  ${}^{235}\text{U}$  под действием теплового нейтрона образуются осколки с массовыми числами 95 и 139 и выделяются два нейтрона. Определите энергию, которая освобождается в процессе деления.

Вариант № 10

1. Идентифицируйте частицу  $x$  в реакции  $x + {}^{10}_5\text{B} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \alpha$ . Определите энергию ядерной реакции. Если реакция эндознергетическая, то найдите порог ядерной реакции.

2. Нейтрон с энергией 1 фДж поглощается первоначально неподвижным ядром кадмия  $^{113}\text{Cd}$ . Определите скорость вновь образовавшегося ядра.
3. Определите энергию отдачи ядер при ядерной реакции  $^{37}_{17}\text{Cl}(n, \gamma)^{38}_{17}\text{Cl}$  если энергия возбуждения промежуточного ядра снимается двумя фотонами с энергиями, равными 5 и 2 МэВ.
4. Определите энергию отдачи ядер  $^3\text{H}$  при ядерной реакции  $^6_3\text{Li}(n, \alpha)^3_1\text{H}$ , вызванной тепловыми нейтронами, если энергия ядер  $^4\text{He}$  равна 2,1 МэВ.
5. В реакторе при вынужденном делении образовался изотоп  $^{95}_{39}\text{Y}$ . Покажите цепочку распадов, начинающуюся с этого изотопа и заканчивающуюся стабильным изотопом.

#### Вариант № 11

1. Допишите уравнение ядерной реакции  $p + ? \rightarrow ^{22}_{11}\text{Na} + ^4_2\text{He}$ . Определите энергию ядерной реакции. Если реакция эндотергическая, то найдите порог ядерной реакции.
2. Нейтрон, двигавшийся горизонтально, столкнулся с неподвижным ядром и передал ему 0,64 своей кинетической энергии. Удар прямой, центральный. Во сколько раз масса ядра больше массы нейтрона?
3. Ядра урана  $^{238}_{92}\text{U}$ , захватывая быстрые нейтроны и испуская два электрона, превращаются в ядра плутония, которые затем самопроизвольно испускают ядра  $^4\text{He}$  и превращаются в ядра урана  $^{235}_{92}\text{U}$ . Напишите уравнения названных переходов.
4. При бомбардировке железа  $^{56}_{26}\text{Fe}$  нейтронами образуется бета-радиоактивный изотоп марганца  $^{56}_{25}\text{Mn}$ . Напишите реакцию получения искусственно радиоактивного марганца  $^{56}_{25}\text{Mn}$  и уравнение происходящего с ним бета-распада.
5. Взрыв первой, применённой в военных целях атомной бомбы, был эквивалентен 20 кт тротила. При взрыве 1 кг тротила выделяется энергия равная 4,2 МДж. Будем предполагать, что в бомбе происходит вынужденное деление  $^{235}_{92}\text{U}$ . Какая масса  $^{235}_{92}\text{U}$  должна разделиться, для того, чтобы высвободить такую же энергию, как и в упомянутой атомной бомбе?

#### Вариант № 12

1. Допишите уравнение ядерной реакции  $? + ^{55}_{25}\text{Mn} \rightarrow ^{58}_{27}\text{Co} + n$ . Определите энергию ядерной реакции. Если реакция эндотергическая, то найдите порог ядерной реакции.
2. Найдите отношение скорости нейтрона после столкновения его с ядром  $^{12}_6\text{C}$ , к начальной скорости нейтрона. Найдите такое же отношение кинетических энергий нейтрона. Считайте: ядро  $^{12}_6\text{C}$  до столкновения покоящимся; столкновение прямым, центральным, упругим.
3. Найдите энергию ядерной реакции  $^{14}_7\text{N}(n, p)^{14}_6\text{C}$ , если энергия связи ядра  $^{14}_7\text{N}$  равна 104,66 МэВ, а ядра  $^{14}_6\text{C}$  – 105,29 МэВ.
4. Определить число нуклонов в ядре натрия, образующихся в ядерной реакции:  $n + ^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow ^A_{11}\text{Na} + \alpha$ . Найдите энергию этой реакции.
5. Определите энергию возбуждения ядра урана-236, образующегося при захвате ядром  $^{235}_{92}\text{U}$  теплового нейтрона.

### Тема: Виды реакций

#### Вариант № 1

1. Оцените высоту кулоновского барьера для протона, нелетающего на ядро, относящегося к середине периодической системы.
2. Какую массу воды можно нагреть от 273 К до кипения, если использовать все тепло, выделяющееся при реакции:  $^7_3\text{Li}(p, \alpha)$ , при полном разложении одного грамма лития?
3. Узкий пучок гамма-фотонов с энергией 24 фДж при прохождении серебряной пластинки толщиной 2 мм, ослабляется в четыре раза. Найдите сечение взаимодействия этих гамма-фотонов с атомами серебра.

4. Найдите, при какой минимальной энергии электронов в воде возникает эффект Черенкова. Показатель преломления воды равен 1,33.
5. Узкий пучок нейтронов проходит через пластинку из железа, для которого сечение поглощения равно  $250 \cdot 10^{-30} \text{ м}^2$ , а сечение рассеяния равно  $1100 \cdot 10^{-30} \text{ м}^2$ . Толщина пластинки 5 мм. Определите относительную долю нейтронов, выбывших из пучка в результате рассеяния.

#### Вариант № 2

1. Оцените высоту центробежного барьера для протона, налетающего на ядро, относящееся к середине периодической системы. Рассмотрите случаи, когда орбитальное квантовое число равно 0, 1, 2.
2. На сколько лет хватит запаса термоядерной энергии в отношении реакции между двумя ядрами дейтерия, если использовать 0,001 дейтерия, содержащегося в воде океанов, объем которых порядка  $1 \text{ Мм}^3$  при уровне потребления 317,5 ТВт.
3. Для свинца массовый коэффициент поглощения гамма-фотонов с энергией 20 фДж равен  $35 \text{ дм}^2/\text{кг}$ . Какая часть потока гамма-фотонов пройдет сквозь свинцовый экран толщиной 10 мм. Плотность свинца равна  $11300 \text{ кг/м}^3$ .
4. Пучок релятивистских электронов движется в глицерине. Будет ли наблюдаться черенковское свечение, если кинетическая энергия электронов равна 0,34 МэВ?
5. Поток медленных нейтронов с энергией  $4,8 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$  падает на кристалл каменной соли. Определите угол, при котором будет наблюдаться первый дифракционный максимум, если наименьшее расстояние между ионами в кристалле каменной соли равно 281 нм.

#### Вариант № 3

1. Оцените высоту кулоновского барьера для дейтерия, нелетающего на ядро, относящегося к середине периодической системы.
2. При термоядерной реакции слияния водорода-2 и водорода-3 образуется нейтрон и неизвестное ядро. При реакции выделяется энергия, равная 2,82 пДж. Определите неизвестное ядро и полную энергию, которая выделяется, если прореагирует 1 г водорода-2.
3. Рассчитанное на электрон эффективное сечение комптон-эффекта для гамма-излучения с энергией 1 МэВ равно  $0,2 \cdot 10^{-28} \text{ м}^2$ . Во сколько раз ослабится пучок гамма-излучения после прохождения: а) 100 мм алюминия и б) 100 мм свинца.
4. Под каким углом наблюдается черенковское излучение в оргстекле при облучении его пи-мезонами? Релятивистская энергия пи-мезонов равна 224 пДж. Показатель преломления оргстекла равен 1,5.
5. В кристаллическом монохроматоре нейтроны отражаются от плоскостей кристалла  $\text{CaF}_2$  при угле скольжения 279 мрад. Определите энергию отраженных нейтронов, если порядок отражения равен 1 и расстояние между плоскостями кристалла составляет 300 пм.

#### Вариант № 4

1. Оцените теплоту, которая выделилась в реакции слияния всех ядер трития с ядрами водорода в 1 г смеси  ${}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$  (трития по массе втрое больше, чем водорода). Сравните с теплотой, которая выделится при полном делении 1 г урана-235, считая, при делении одного ядра урана-235 освобождается в среднем энергия 32 пДж.
2. Оцените высоту кулоновского барьера для альфа-частицы, нелетающей на ядро, относящегося к середине периодической системы.
3. Какой должна быть толщина слоя воздуха для того, чтобы уменьшить интенсивность пучка гамма-фотонов с энергией фотона 192 фДж один раз в 10 раз, другой раз на 10%? Коэффициент поглощения гамма-излучения с указанной энергией фотонов для воздуха примите равным  $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ 1/м}$ .
4. Определите по эмпирическим формулам пробег альфа-частиц с энергией 7 МэВ в воздухе и в алюминии.
5. Узкий пучок тепловых нейтронов проходит сквозь алюминиевую пластинку толщиной 30 мм. На выходе из пластинки регистрируется пучок первоначальной ширины. Суммарное сечение рассеяния и поглощения равно  $250 \cdot 10^{-30} \text{ м}^2$ . Определите, во сколько раз уменьшится плотность потока нейтронов в пучке после прохождения алюминиевой пластинки.

### Вариант № 5

1. Оцените запас термоядерной энергии в  $1 \text{ м}^3$  воды, если использовать  $0,10$  дейтерия, содержащегося в воде, для осуществления реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H}$ . Число атомов дейтерия в природной смеси изотопов равно  $0,0015$ .
2. Вычислите прицельное расстояние при столкновении ядра гелия-4, имеющего энергию  $672$  фДж, с ядрами золота, если гелий-4 рассеивается на угол  $2,09$  рад.
3. Линейный коэффициент поглощения гамма-фотонов в свинце равен  $79 \text{ 1/м}$ . Массовый коэффициент поглощения монохроматического излучения с энергией фотонов  $20$  фДж для свинца равен  $0,35 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Какой слой свинца должен быть взят для того, чтобы ослабить поток излучения наполовину и в  $100000$  раз?
4. Сколько пар ионов образуется альфа-частицей с энергией  $7 \text{ МэВ}$  в воздухе.
5. При пропускании пучка нейтронов со скоростью  $2,2 \text{ км/с}$  через кадмиевый фильтр толщиной  $60 \text{ мкм}$  интенсивность потока их уменьшилась вдвое. Определите сечение поглощения тепловых нейтронов.

### Вариант № 6

1. Определите максимальный возможный угол, на который рассеивается дейтерий при упругом соударении с первоначально покоившимся протоном.
2. Определите энергию синтеза в реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$ , если энергии связи на нуклон равны: для дейтерия  $1,11 \text{ МэВ}$ , для лития-6  $5,33 \text{ МэВ}$ , для гелия-4  $7,08 \text{ МэВ}$ .
3. Массовый коэффициент поглощения фотонов с энергией  $50 \text{ кэВ}$  в свинце равен  $0,8 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Сечение комптоновского рассеяния фотонов этой энергии на электроны равно  $6,4 \cdot 10^{-29} \text{ м}^2$ . Найдите сечение фотоэлектрического поглощения.
4. Определите критическую энергию электронов, при которой ионизационные потери становятся равными радиационным потерям для воздуха.
5. Определите, во сколько раз уменьшится интенсивность узкого пучка тепловых нейтронов после прохождения слоя тяжелой воды толщиной  $5 \text{ мм}$ . Эффективные сечения взаимодействия ядер дейтерия и кислорода для тепловых нейтронов равны соответственно:  $700 \cdot 10^{-30} \text{ м}^2$  и  $420 \cdot 10^{-30} \text{ м}^2$ .

### Вариант № 7

1. Определите отношение начальной кинетической энергии частиц дейтериевой плазмы, нагретой до  $1 \text{ ГК}$  к энергии, выделившейся после "выгорания" всего дейтерия в результате реакции термоядерного синтеза.
2. Сравните полные сечения реакции для альфа-частиц с энергией  $20 \text{ МэВ}$  на ядрах  ${}^{56}\text{Fe}$  и  ${}^{197}\text{Au}$ .
3. Определите, как изменится интенсивность узкого пучка фотонов с энергией  $1 \text{ МэВ}$  после прохождения через свинец толщиной  $10 \text{ мм}$ . Коэффициент линейного поглощения для свинца равен  $78 \text{ м}^{-1}$ .
4. Определите критическую энергию электронов, при которой ионизационные потери становятся равными радиационным потерям для алюминия.
5. Во сколько раз уменьшится поток тепловых нейтронов при прохождении через пластинку из кадмия толщиной  $0,1 \text{ мм}$ ? ( $\sigma = 290 \cdot 10^{-27} \text{ м}^2$ ).

### Вариант № 8

1. Возможным источником ядерной энергии в будущем станет тяжёлый водород или дейтерий, имеющийся в морской воде в количестве  $5 \cdot 10^{16} \text{ кг}$ . Рассчитайте, на какой срок хватит запаса дейтерия, если при реакции синтеза ядер  $1/200$  массы покоя дейтерия превращается в полезную энергию.  $10^{10}$  лет.
2. Резерфорд наблюдал, что при лобовом соударении с ядрами меди альфа-частицы с энергией  $800$  фДж последние отлетают назад с энергией  $624$  фДж. Вычислите по этим данным отношение масс ядра меди и альфа-частицы.
3. Рассчитайте слой полного поглощения гамма-фотонов кобальта-60 в алюминии и слой половинного поглощения в той же среде. Коэффициент поглощения гамма-фотонов кобальта-

60 в алюминии равен  $14,3 \text{ 1/м}$ . Поглощение считайте полным, если остаточная интенсивность пучка фотонов составляет  $0,0001$  от первоначальной.

4. Определите критическую энергию электронов при которой ионизационные потери становятся равными радиационным потерям для изделия из пластмассы.

5. Поток нейтронов, пройдя в сере ( $\rho=2000 \text{ кг/м}^3$ ) расстояние  $376,7 \text{ мм}$  ослабляется в 2 раза. Определите эффективное сечение реакции захвата нейтрона ядром атома серы.

#### Вариант № 9

1. В процессе ядерного синтеза  $50000 \text{ кг}$  водорода-2 превратилось в  $49644 \text{ кг}$  гелия-3. Найдите выделившуюся при этом энергию.

2. При ядерной реакции  ${}^9\text{Be}(\alpha, n){}^{12}\text{C}$  освобождается энергия  $5,70 \text{ МэВ}$ . Пренебрегая кинетическими энергиями ядер бериллия и гелия и принимая их суммарный импульс равным нулю, определите кинетические энергии ядер – продуктов реакции.

3. Рассчитайте толщину слоя полупоглощения гамма-фотонов в свинце, для которых линейный коэффициент фотоэлектрического поглощения равен  $8 \text{ 1/м}$ , линейный коэффициент комптоновского рассеяния равен  $40 \text{ 1/м}$ , а линейный коэффициент образования пар равен  $3 \text{ 1/м}$ .

4. Определите критическую энергию электронов при которой ионизационные потери становятся равными радиационным потерям для свинца.

5. Уран, плотность которого  $18950 \text{ кг/м}^3$ , ослабляет поток тепловых нейтронов в 2 раза при толщине слоя  $18,8 \text{ мм}$ . Определите эффективное сечение реакции захвата нейтрона ядром урана.

#### Вариант № 10

1. В термоядерной реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + n$  освобождается  $2,82 \text{ пДж}$  энергии. Какая энергия освобождается при синтезе  $1 \text{ г}$  гелия? Сколько угля потребовалось бы для получения сжиганием такой же энергии (теплота сгорания угля  $27 \text{ МДж/кг}$ )?

2. Каков второй продукт реакции  ${}^4\text{He} + {}^{24}\text{Al} \rightarrow {}^{30}\text{P} + \dots$  ?

3. Рассчитайте толщину слоя полупоглощения для гамма-фотонов, если линейный коэффициент поглощения в свинце равен  $79 \text{ 1/м}$ . Какой слой свинца ослабит это излучение в 125 раз?

4. Найдите массовый и линейный пробег альфа-частиц с начальной кинетической энергией  $6 \text{ МэВ}$  в алюминии-27.

5. Жидкий калий с плотностью  $800 \text{ кг/м}^3$  ослабляет поток нейтронов в два раза. Определите эффективное сечение реакции захвата нейтрона ядром атома калия, если поток нейтронов проходит в жидком калии расстояние  $285,6 \text{ мм}$ .

#### Вариант № 11

1. Пренебрегая кинетическими энергиями ядер дейтерия и принимая их суммарный импульс равным нулю, определите кинетические энергии и импульсы ядер – продуктов реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + n$ .

2. При обстреле альфа-частицами ядра азота  ${}^{14}_7\text{N}$  возможен захват такой частицы ядром атома. На мгновение образуется чрезвычайно неустойчивое ядро фтора, которое сразу же распадается и превращается в устойчивое ядро кислорода. Данная ядерная реакция была впервые осуществлена в 1919 г. Резерфордом. Напишите уравнение реакции. Найдите энергию, выделившуюся или поглощённую в результате реакции.

3. Сколько слоёв половинного ослабления требуется для того, чтобы уменьшить в 100 раз интенсивность узкого пучка гамма-фотонов?

4. При распаде радия в радиоактивном препарате камера Вильсона альфа-частица вылетает со скоростью  $16,5 \text{ Мм/с}$ . Сколько пар ионов образуется в воздухе, если на это затратилась вся кинетическая энергия альфа-частицы?

5. Поток нейтронов ослабляется в 50 раз, пройдя расстояние  $d$  в плутонии, плотность которого  $19860 \text{ кг/м}^3$ . Определите  $d$ , если эффективное сечение захвата ядром плутония  $102,5 \cdot 10^{-27} \text{ м}^2$ .

#### Вариант № 12

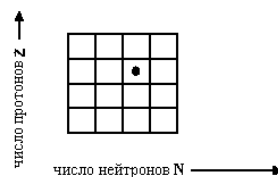
1. Найдите энергию реакции  ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + n$ . Найдите порог этой реакции, если ядро  ${}^1_1\text{H}$  облучается ускоренными ядрами  ${}^3_1\text{H}$ . Найдите порог этой же реакции, если ядра  ${}^3_1\text{H}$  облучаются ускоренными ядрами  ${}^1_1\text{H}$ .
2. В недрах Солнца происходит ядерная реакция синтеза ядер водорода в ядра гелия:  $4{}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2e^+ + 2\nu_e$ . Сколько энергии выделится при образовании 1 кг гелия, если энергия связи ядра гелия равна  $28,3 \text{ МэВ}$ ?
3. Толщина слоя половинного ослабления для гамма-фотонов кобальта-60 в свинце равна 99 мм. Определите коэффициент ослабления и толщину, при которой свинцовая защита в 8 раз уменьшает интенсивность узкого пучка фотонов.
4. Рассчитайте длину пробега в воздухе альфа-частиц с начальной скоростью  $19,6 \text{ Мм/с}$ .
5. Во сколько раз ослабляется поток тепловых нейтронов, пройдя в цирконии расстояние 60 мм, если плотность циркония  $6510 \text{ кг/м}^3$ , а эффективное сечение реакции захвата  $0,18 \cdot 10^{-28} \text{ м}^2$ .

#### Домашние задачи. Часть 1

За правильно решённые и оформленные задачи этой части домашнего задания студенту начисляется 2 балла.

#### Вариант № 1

1. Рассмотрите следующие распады и укажите, какие из них запрещены законом сохранения лептонного заряда  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$ ,  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ ,  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$ .
2. Какая доля энергии фотона при эффекте Комптона приходится на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол  $3,14 \text{ рад}$ ? Энергия фотона до рассеяния равна  $36 \text{ фДж}$ .
3. Когда в Беватроне, расположенном в Калифорнийском университете, начали обстреливать медную мишень протонами с энергией  $6 \text{ ГэВ}$ , встал вопрос: как обнаружить возникающие антипротоны. Как бы вы поступили на месте экспериментаторов?
4. Радиус ядра меди около  $4,9 \text{ фм}$ . Оцените плотность материала ядра. Покажется ли полученный вами ответ приемлемым?
5. Экспериментально установлено явление образования ядра антигелия-3. Вычислите энергию, которая выделится при аннигиляции 1 кг антигелия.
6. Как на  $Z, N$ - диаграмме, составленной из клеточек для каждого ядра, с помощью стрелок показать  $\alpha$ -распад, электронный распад, позитронный распад,  $(n, \gamma)$ -реакцию.



#### Вариант № 2

1. Какие из ниже перечисленных процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ;  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \nu_\mu$ ;  $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$ ;  $e^- + p \rightarrow n + \nu_e$ ?
2. Вычислите среднее время жизни  $\pi$ -мезона, полная энергия которого равна  $160 \text{ нДж}$ . Среднее время жизни покоящихся пи-мезонов равно  $20 \text{ нс}$ .
3. Ка-ноль-мезон распадается на два заряженных пи-мезона. Полная релятивистская энергия каждого из образовавшихся  $\pi$ -мезонов в  $1,77$  раза больше их энергии покоя. Считая, что первоначально  $K^0$ -мезон покоился, найдите скорости  $\pi$ -мезонов в момент их образования.
4. Оцените плотность ядерного вещества, концентрацию нуклонов и объёмный электрический заряд ядра.

- По массам соседних изобар  $A = 40$  определите возможные типы распадов и найдите энергии переходов в МэВ.
- При определении периода полураспада некоторого радиоактивного изотопа в различные моменты времени были получены следующие значения активности препарата без фона: время, мин 0, 5, 15, 22, 35, 45, 52, 67, 77, 92, 100, 122, 153, 168. Скорость счёта препарата, имп/мин 835, 802, 767, 756, 702, 673, 651, 611, 583, 559, 546, 487, 462, 420. Постройте кривую распада в полулогарифмических координатах и определите период полураспада данного изотопа. Рассчитайте постоянную распада.

#### Вариант № 3

- Во сколько раз увеличивается среднее время жизни нестабильной частицы (по часам, находящимся в лаборатории), если она, движется со скоростью 297 Мм/с?
- Протоны с некоторой кинетической энергией налетают на неподвижную водородную мишень. Найти пороговые значения кинетической энергии для следующих реакций:  
 $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$ ,  $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$
- Выбрав из четырёх типов нейтрино ( $\nu_e, \bar{\nu}_e, \nu_\mu, \bar{\nu}_\mu$ ) правильное, напишите недостающие обозначения (?) в каждой из приведённых реакций:  $? + n \rightarrow p + e^-$ ;  $? + n \rightarrow p + \mu^-$ ;  $? + p \rightarrow n + e^+$ .
- Какие теоретически возможные значения спина могут иметь следующие ядра: 1)  ${}^2_1\text{H}$ ; 2)  ${}^3_1\text{H}$ ; 3)  ${}^3_2\text{He}$ ; 4)  ${}^4_2\text{He}$ ?
- Найдите разность энергий выхода нейтрона и протона в ядре  ${}^{11}\text{B}$ . Объясните причину их различия.
- Радиоактивное ядро, находившееся в состоянии покоя, распадается, испуская электрон и нейтрино под прямым углом друг к другу. Импульс электрона  $120 \cdot 10^{-24}$  Н·с, а нейтрино  $64 \cdot 10^{-24}$  Н·с. Найдите модуль и направление импульса остаточного ядра, испытавшего отдачу. Масса остаточного ядра  $58 \cdot 10^{-27}$  кг. Чему равна кинетическая энергия отдачи?

#### Вариант № 4

- Один из способов моноэнергитизации медленных нейтронов состоит в следующем. В цилиндре радиусом 100 мм и длиной 1 м делается винтовой паз шириной 10 мм с поворотом на угол 523 мрад. Цилиндр вращается с частотой 50 1/с. Определите энергию нейтронов, пропускаемых описанным моноэнергитизатором, и попробуйте оценить степень их моноэнергитичности. Пучок нейтронов направлен вдоль оси цилиндра.
- Определите, какие из приведённых ниже процессов разрешены законом сохранения лептонного заряда: 1)  $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ ; 2)  $K^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$ .
- Мы привыкли к тому, что единица измерения импульса записывается в виде кг·м/с. Однако в физике элементарных частиц импульс часто измеряют в единице МэВ/с, где с – это электродинамическая постоянная. Найдите связь между этой единицей измерения импульса с применяемой обычно единицей измерения.
- Определите с помощью табличных значений масс атомов скорость ядра, возникающего в результате К-захвата в атоме  ${}^7\text{Be}$ , если дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии.
- В радиоактивном веществе за 300 суток распалось 49,66 % ядер их первоначального количества. Определите постоянную распада, период полураспада, среднее время жизни ядра изотопа.
- При делении одного ядра  ${}^{235}\text{U}$  на два осколка наряду с двумя нейтронами образовался радиоактивный криптон  ${}^{93}\text{Kr}$ . Ядром какого элемента являлся второй осколок и при помощи каких радиоактивных превращений он даёт стабильный изотоп?

#### Вариант № 5



1. Какое расстояние пролетит до распада мюон, собственное время жизни которого 2 мкс, а скорость равна 279 Мм/с? Какое расстояние он пролетел бы, если бы не было релятивистского замедления времени?
2. Определите, какие из приведённых ниже процессов разрешены законом сохранения лептонного заряда: 1)  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ; 2)  $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$ .
3. Элементарная частица с массой  $40 \cdot 10^{-27}$  кг, летевшая в горизонтальном направлении со скоростью, равной 600 км/с, распадается на две вторичные частицы с массами в  $30 \cdot 10^{-27}$  кг и в  $10 \cdot 10^{-27}$  кг. Массивная частица стала двигаться в прежнем направлении со скоростью 900 км/с. Определите модуль и направление скорости меньшей частицы.
4. Примите, что атомные ядра имеют форму сферы. Покажите, что средняя плотность ядерного вещества одинакова для всех ядер, и определите (по порядку величины) её значение.
5. Сколько энергии выделится при образовании одного грамма гелия  ${}^4_2\text{He}$  из протонов и нейтронов?
6. Постройте схему распада радиоактивного изотопа, испускающего электроны с энергией 0,271; 0,462; 1,560 МэВ и фотоны с энергией 0,191; 1,098; 1,289 МэВ. Полная энергия распада равна 1,560 МэВ. Какому изотопу соответствует эта схема распада?  ${}^{59}\text{Fe}$

#### Вариант № 6

1. Запишите реакцию распада антинейтрона. Перечислите основные свойства нейтрино и антинейтрино и объясните, чем по современным представлениям они отличаются друг от друга.
2. Определите, какие из приведённых ниже процессов разрешены законом сохранения странности: 1)  $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$ ; 2)  $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$ .
3. Элементарная частица, летящая со скоростью 10 Мм/с, распалась на две новых частицы. Более массивная из вновь образовавшихся частиц, масса которой составляет 60 % массы первоначальной частицы, продолжает двигаться в прежнем направлении, но с увеличенной скоростью, равной 25 Мм/с. Найдите скорость меньшей частицы.
4. Энергия связи ядра  ${}^{18}_8\text{O}$  равна 139,8 МэВ, а ядра  ${}^{19}_9\text{F}$  – 147,8 МэВ. Определите по этим данным, какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы оторвать один протон от ядра фтора.
5. Счётчик Гейгера, установленный вблизи препарата радиоактивного изотопа серебра, регистрирует поток  $\beta$ -частиц. При первом измерении поток частиц был равен  $87 \text{ с}^{-1}$ , а по истечении 1 сут поток оказался равным  $22 \text{ с}^{-1}$ . Определите период полураспада, среднее время жизни и постоянную распада изотопа.
6. Имеется препарат, состоящий из вещества, претерпевающего цепочку радиоактивных превращений. Первое в ряду (материнское) вещество обладает столь большим периодом полураспада, что образование дочернего вещества можно считать происходящим с постоянной скоростью  $1 \cdot 10^5$  ядер/с. Дочернее вещество обладает периодом полураспада 10 сут. Полагая, что в момент  $t = 0$  имеется только материнское вещество, найдите: зависимость числа ядер дочернего вещества, содержащегося в препарате, от времени; число атомов дочернего вещества по истечению времени, равного периоду полураспада ядер этого вещества; число атомов дочернего вещества по истечении времени, значительно превышающего период полураспада этого вещества.

#### Вариант № 7

1.  $\pi^0$ -мезон, распадаясь, превращается в два или три фотона. Распад пи-плюс-мезона на фотоны невозможен. Почему?
2. Определите, какие из приведённых ниже процессов разрешены законом сохранения странности: 1)  $n + p \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^+$ ; 2)  $\pi^- + p \rightarrow K^+ + K^-$ .
3. Найдите, чему равно наибольшее число  $\pi$ -мезонов, которое может быть образовано при столкновении протона с кинетической энергией 800 нДж с покоившимся протоном.

4. Атомная масса лития 6,93. Литий имеет два изотопа  ${}^6_3\text{Li}$  и  ${}^7_3\text{Li}$ . Определите процентное содержание изотопов в литии.
5. Покажите, что энергия, передаваемая при электронном распаде дочернему ядру, очень мала по сравнению с энергией, уносимой электроном и антинейтрино.
6. Счетчик электронов, установленный вблизи препарата  ${}^{32}\text{P}$ , при первом измерении регистрировал 6400 частиц в минуту, а через 10 суток только 4000. Определите период полураспада, среднее время жизни и постоянную распада  ${}^{32}\text{P}$ .

Вариант № 8

1.  $K^0$ -мезон распадается на два заряженных  $\pi$ -мезона. Полная релятивистская энергия каждого из образовавшихся  $\pi$ -мезонов в 1,77 раза больше их энергии покоя. Считая, что первоначально  $K^0$ -мезон покоился, найдите скорости пи-мезонов в момент их образования.
2. Ниже приведены запрещенные способы распада и реакции. Перечислите для каждого из них законы сохранения, которые в нём нарушаются. Поясните, в чём состоит нарушение. 1)  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$ ; 2)  $K^- + n \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0$ ; 3)  $p + n \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^+$ .
3. Фотон с энергией 416 фДж рождает электрон-позитронную пару. Чему равна кинетическая энергия электрона и позитрона, если избыток энергии поровну разделится между ними?
4. Определите энергию связи на нуклон (в МэВ) для ядер  ${}^{11}_5\text{B}$ ,  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ ,  ${}^{28}_{14}\text{Si}$ ,  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ,  ${}^{68}_{30}\text{Zn}$ ,  ${}^{137}_{56}\text{Ba}$ ,  ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ ,  ${}^{235}_{92}\text{U}$ . Постройте на график зависимости энергии связи на нуклон от массового числа.
5. При распаде  ${}^{14}\text{O}$  образуется возбужденное ядро  ${}^{14}\text{N}$  и испускается позитрон и электронное нейтрино. Максимальная кинетическая энергия позитрона при этом 1,81 МэВ. Энергия фотона, излученного при переходе  ${}^{14}\text{N}$  в основное состояние, равна 2,31 МэВ. Вычислите массу  ${}^{14}\text{O}$ .
6. Некоторые косвенные доказательства существования нейтрино были получены А. И. Лейпунским в 1936 г. Они носили качественный характер. Позднее А. И. Алиханов и А. И. Алиханян предложили поставить следующий эксперимент. При электронном захвате из ядра вылетает только одна частица – нейтрино. Естественно, что ядро терпит при этом отдачу, – летит в сторону, противоположную вылету этой частицы. Все нейтрино имеют одну энергию и ядра отдачи – тоже. Их можно зарегистрировать и эту энергию измерить. Эксперименты советским физикам осуществить не удалось из-за начавшейся войны. В 1942 г. американец Аллен использовал такую же идею и поставил опыт с изотопом  ${}^7\text{Be}$ . Он получил энергетическое распределение ядер в полном соответствии с предсказаниями расчёта. Оцените, какая энергия уносится ядром, если полная энергия, выделяющаяся при распаде, составляет 0,864 МэВ. Полагайте, что масса нейтрино равна нулю.

Вариант № 9

1. Вычислите среднее время жизни  $\pi^0$ -мезона, полная энергия которого равна 160 пДж.
2. Ниже приведены запрещенные реакции. Перечислите для каждой из них законы сохранения, которые в них нарушаются. Поясните, в чём состоит нарушение. 1)  $p + p \rightarrow p + \pi^+$ ; 2)  $\pi^- + p \rightarrow K^- + \Sigma^+$ .
3. Фотон с энергией 81,6 фДж рассеялся под углом 2093 мрад. Определите угол вылета электрона отдачи.
4. Найдите концентрацию протонов в ядре. Зная концентрацию, определите среднее расстояние между протонами. Затем определите среднюю силу и среднюю потенциальную энергию электрического взаимодействия двух протонов в ядре.
5. Определите энергию, выделяемую 1 г  ${}^{226}\text{Ra}$  в течение 3,6 кс и за его среднее время жизни. Продукты распада не учитывайте.

6. При бомбардировке изотопа  ${}_{11}^{23}\text{Na}$  дейтерием образуется подверженный электронному распаду радиоактивный изотоп  ${}_{11}^{24}\text{Na}$ . Счётчик электронов установлен вблизи препарата, содержащего радиоактивный  ${}_{11}^{24}\text{Na}$ . При первом измерении счётчик регистрировал 170 электронов за 1 мин, а через сутки – 56 электронов в 1 мин. Напишите уравнения обоих процессов. Найдите период полураспада изотопа  ${}_{11}^{24}\text{Na}$ .

#### Вариант № 10

1. При распаде  $\pi^0$ -мезона на два фотона зарегистрированы фотоны, летящие под углом 523 мрад и 1050 мрад к направлению движения мезона. Определите скорость распавшегося мезона.
2. Ниже приведена запрещённая реакция и распад. Перечислите для каждого из них законы сохранения, которые в нём нарушаются. Поясните, в чём состоит нарушение. 1)  $\pi^- + n \rightarrow \Lambda^0 + K^-$ ; 2)  $\pi^- \rightarrow \mu^- + e^+ + e^-$ .
3. Фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол 3,14 рад на ранее покоившемся электроне. Определите импульс отдачи электрона при эффекте Комптона.
4. В чём заключается эффект спаривания нуклонов в ядре и как это влияет на устойчивость ядер?
5. Энергия альфа-излучения радиоактивного изотопа с периодом полураспада  $8 \cdot 10^4$  л составляет: 4,46; 4,48; 4,61 и 4,68 МэВ энергия его фотонов составляет: 0,07; 0,15; 0,20 и 0,22 МэВ. Постройте схему распада этого изотопа, если полная энергия распада равна 4,68 МэВ. Какому изотопу принадлежит построенная схема?
6. В земной коре содержится около  $5 \cdot 10^{-4}$  % урана. Определите, какой массе угля с теплотворной способностью 30 МДж/кг будет эквивалентен уран, содержащийся в  $10^3$  кг земли.

#### Вариант № 11

1. В атомном реакторе наблюдаются  $\gamma$ -фотоны с энергией около 480 фДж. Чему равен импульс таких фотонов? Могут ли столкновения таких фотонов приводить к рождению пары электрон-позитрон?
2. Какие из перечисленных ниже реакций не существуют? Почему? 1)  $e^- + e^+ \rightarrow \pi^- + \pi^-$ , 2)  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ . 3)  $\pi^- + {}_1^2\text{H} \rightarrow n + n$ .
3. Фотоны с энергией 5 фДж испытывают комптоновское рассеяние. Найдите энергию фотонов, рассеянных под углами 523 мрад; 1050 мрад; 1570 мрад; 2090 мрад; 2620 мрад; 3140 мрад. Найдите соответствующую энергию отдачи электронов. При каком угле рассеяния электроны приобретают максимальную энергию?
4. В первоначальной модели ядра предполагалось, что ядро состоит из протонов и электронов. Покажите, что это предположение не оправдывается, например, для азота  ${}_{7}^{14}\text{N}$  (азотная катастрофа). Спиновое квантовое число азота-14 равно 1. Спиновые квантовые числа протона и электрона известны.
5. Определите энергию, которая выделяется в течение 1 с при распаде  $1 \text{ см}^3$   ${}^{239}\text{Pu}$ . Энергия вылетающей альфа-частицы равна 5,2 МэВ.
6. При распаде радиоактивного изотопа обнаружены  $\alpha$ -частицы с энергиями 5,98 МэВ (6,5%), 5,78 МэВ (80,5%) и 5,73 МэВ (13,0%) а также фотоны с энергиями 0,05; 0,08; 0,20; 0,23 и 0,28 МэВ. Использование метода совпадений позволило установить, что последние два фотона испускаются одновременно с 80%  $\alpha$ -частиц. Постройте схему распада и определите, какому изотопу она принадлежит. Определите полную энергию распада.  ${}^{243}\text{Cm}$ , ~6 МэВ.

#### Вариант № 12

1. Определите минимальную (пороговую) энергию фотона, необходимую для образования

пары из  $\pi^-$ -мезона и  $\pi^+$ -мезона при столкновении с первоначально покоившимся протоном.

2. Какие из перечисленных ниже распадов существуют в природе? 1)  $n \rightarrow \mu^+ + \mu^- + \gamma$ , 2)  $\pi^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$ , 3)  $\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \bar{\nu}_e$ .

3. Фотон с энергией в 2 раза превышающей энергию покоя электрона испытал лобовое столкновение с покоившимся свободным электроном. Найдите радиус кривизны траектории электрона, получившего энергию отдачи в магнитном поле с индукцией 0,12 Тл. Предположите, что электрон движется перпендикулярно к линиям индукции магнитного поля.

4. Покажите, используя соотношение неопределенностей, что в ядре не могут находиться электроны. Линейные размеры ядра примите равными 5 фм.

5. Можно ли обнаружить массу  $^{32}\text{P}$ , имеющую активность 37 кБк, при чувствительности весов 10 мкг?

6. Изучите фотографию столкновения двух протонов, сделанную непосредственно в фотоэмульсии (так называемое рассеяние протонов на протонах). Первый протон двигался снизу, как указано стрелкой. Измерьте угол между треками частиц после взаимодействия. Сравните толщину треков. Если первая, движущаяся снизу частица определена как протон, то на каком основании можно утверждать, что и вторая частица является протоном? Какие еще особенности треков подтверждают это? Какой способ идентификации частиц основан на явлении, зафиксированном на фотографии?



#### Вариант № 13

1. Имеется пучок нейтронов с кинетической энергией  $4 \cdot 10^{-21}$  Дж. Какая доля нейтронов распадается на длине 2 м?

2. Мюон  $\mu^-$ , двигавшийся со скоростью  $8\bar{i}$  Мм/с, испытывает лобовое столкновение с первоначально покоившимся  $\pi^-$ -мезоном. Найдите конечные скорости каждой частицы и конечные кинетические энергии каждой частицы.

3. Известно, что одна из двух реакций  $\pi^- + p \rightarrow K^+ + \Sigma^-$ ,  $\pi^- + p \rightarrow K^- + \Sigma^+$  запрещена. Установите, какая реакция запрещена и каким законом сохранения.

4. Предположим, что к существующему ядру, которое содержит 100 протонов, добавляется еще один протон. Если среднее расстояние между добавляемым протоном и остальным зарядом равно 10 фм, то насколько велика энергия электростатического отталкивания, которая вычитается из энергии связи присоединяемого протона?

5. Определите энергию отдачи ядра кадмия  $^{108}\text{Cd}$  при испускании им фотона при переходе из возбужденного состояния, если энергия фотона равна 99,2 фДж.

6. На каждые 1000 актов распада радиоактивного изотопа в среднем приходится 943 альфа-частицы с энергией 4,777 МэВ, 57  $\alpha$ -частиц с энергией 4,589 МэВ и 57 фотонов с энергией 0,188 МэВ. Полная энергия распада составляет 4,777 МэВ. Постройте схему распада и определите, какому изотопу она принадлежит.  $^{226}\text{Ra}$

#### Вариант № 14

1. Между двумя фотодетекторами, расположенными на расстоянии 5 м друг от друга, произошёл распад  $\pi^0$ -мезона на два фотона. Первый детектор зафиксировал фотон спустя 10 нс после срабатывания второго детектора. На каком расстоянии от первого детектора находится  $\pi^0$ -мезон?

2. Мюон  $\mu^-$  с кинетической энергией 16 пДж испытывает упругое лобовое столкновение с неподвижным электроном. Найдите кинетическую энергию электрона отдачи.

3. Фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол  $3,14$  рад на ранее покоившемся электроне. Определите импульс отдачи электрона при эффекте Комптона.
4. Определите число ядер радона  $^{222}\text{Rn}$ , по которому с достаточной достоверностью можно обнаружить радон при чувствительности установки  $10$  имп/мин.
5. Определите энергию отдачи при испускании электрона конверсии атомом  $^{129}\text{Te}$ , если энергия испускаемого электрона составляет  $11,2$  фДж.
6. Постройте кривую накопления  $^{140}\text{La}$  из  $^{140}\text{Ba}$ , если в начальный момент в препарате содержался только барий (лантан полностью отделен) и если в начальный момент в препарате содержалось  $30\%$   $^{140}\text{La}$  от его равновесного количества.

Вариант № 15

1. В течение очень короткого промежутка времени нейтральный  $\pi^0$ -мезон может иметь энергию столь же большую, как и пара протон-антипротон. Воспользовавшись соотношениями неопределённостей Гейзенберга, вычислите время, в течение которого это возможно.
2. Протон и антипротон каждый, соединяясь, превращается в  $\gamma$ -фотоны. Запишите уравнение реакции и определите энергию фотонов, предполагая, что скорости протона и антипротона пренебрежимо малы.
3. Какие из перечисленных ниже распадов существуют в природе? 1)  $\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \bar{\nu}_e$ , 2)  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$ , 3)  $\pi^- \rightarrow \pi^0 + e^- + \bar{\nu}_e$ .
4. Чему равен градиент потенциала электрического поля у поверхности ядра урана?
5. Неподвижное ядро кремния  $^{31}_{14}\text{Si}$  испустило электрон с кинетической энергией  $0,5$  МэВ. Пренебрегая кинетической энергией ядра отдачи, определите кинетическую энергию антинейтрино.
6. Многие экспериментаторы искали безнейтринный двойной  $\beta$ -распад, используя предполагаемый распад  $^{48}\text{Ca} \rightarrow ^{48}\text{Ti} + 2e^-$ . Так, для Е. Матеосяна и М. Гольдгабера химики вырастили специальный сцинтилляционный кристалл из фтористого кальция. В него был введён большой избыток  $^{48}\text{Ca}$ . Всего кристалл содержал  $11$  г этого изотопа. Просматриваемый ФЭУ, он служил одновременно детектором и источником электронов. В результате опытов была получена величина  $\tau_2 > 2,8 \cdot 10^{20}$  лет. Если принять эту границу за точное время жизни, то, какое количество сцинтилляционных вспышек за один месяц должны были увидеть экспериментаторы? Используйте то, что при малом  $x$  с хорошей точностью  $1 - e^{-x} = x$ .

1079	—————	$^{180}_{72}\text{Hf}$	$8^+$
637	—————		$6^+$
307	—————		$4^+$
93	—————		$2^+$
0	—————		$0^+$
E, кэВ			$J^P$

Вариант № 16

1. При рассеянии фотона на электроне энергия падающего фотона равна энергии покоя электрона. Определите долю энергии падающего фотона, которую сохранит рассеянный фотон, и долю этой энергии отдачи, полученную электроном, если угол рассеяния равен: 1)  $60^\circ$ ; 2)  $90^\circ$ ; 3)  $180^\circ$ .
2. Протоны налетают на неподвижную водородную мишень. Найдите порог для реакции, в которой при неупругом столкновении двух протонов рождается  $\pi^0$ -мезон.
3. Приняв, что минимальная кинетическая энергия нуклона в ядре равна  $1,6$  пДж, оцените, исходя из соотношения неопределённостей, размеры ядра.
4. Некоторые исследователи предполагают, что, по крайней мере, часть ядер можно рассматривать как ядерные молекулы, состоящие из относительно устойчивых ядер. В частности, такие ядерные молекулы могут состоять из одинаковых ядер. Можно думать, что на роль ядерных молекул могут претендовать ядра, состоящие из двух ядер:  $^4\text{He}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{80}\text{Zr}$ . Рассмотрите вопрос о таких ядерных молекулах с точки зрения энергии связи относительно их разделения на составляющие ядра. Определите место этих ядер относительно ли-

нии устойчивости. Какие особенности спектра возбуждений этих ядер могут подтвердить их молекулярные свойства? Каковы распадные свойства рассматриваемых ядер?

5. Сколько энергии выделяет 1 кг  $^{226}\text{Ra}$  с периодом полураспада 1600 лет в течение одного года, если учитывать только энергию 4,78 МэВ испускаемых ядер  $^4\text{He}$ .

6. Покажите, что спектр возбуждённых состояний деформированного ядра  $^{180}\text{Hf}$  представляет собой вращательную полосу.

#### Вариант № 17

1. Собственное время жизни  $\pi^+$ -мезонов равно 23 нс. Какова скорость их движения относительно лаборатории, если среднее время жизни оказалось равным 2,5 мкс? Смогут ли мезоны быть зарегистрированы пузырьковой камерой, находящейся на расстоянии 100 м от источника мезонов?

2. Рассмотрите фоторождение мезонов в реакции столкновения фотона с протоном с образованием  $\pi^+$ -мезона и нейтрона. Какова минимальная энергия фотона, при которой реакция возможна?

3. «Черный вихрь, склоны скал - всё это исчезло в долю секунды. Казалось, на дне ущелья вспыхнул вулкан. Столб дыма и кипящей лавы, каменных обломков, наконец, огромное, окружённое вуалью пара облако возносилось всё выше. Пар, в который, наверное, превратился журчащий поток, достиг полуторакилометровой высоты, где парил телезонд. Циклон привел в действие излучатель антиматерии». Это отрывок из повести прекрасного польского писателя-фантаста Станислава Лема «Непобедимый». Оставляя на совести автора проблемы получения, транспортировки, хранения и тому подобное антиматерии, оцените, какое число антинуклонов необходимо, чтобы нагреть от 20 до 100 С озеро размерами  $1000 \times 1000 \times 2 \text{ м}^3$ . Чему будет равна масса антивещества в килограммах?

4. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного йода  $^{131}\text{I}$  в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа  $^{131}\text{I}$  равен 193 часам.

5. Активность некоторого препарата уменьшилась за два дня с 40·МБк до 31 МБк. Какой будет активность ещё через 8 дней?

6. Внешний наблюдаемый квадрупольный момент ядра  $^{85}\text{Rb}$  равен  $0,7 \cdot 10^{-28} \text{ м}^2$ . Определите собственный квадрупольный момент ядра, если спиновое квантовое число ядра  $^{85}\text{Rb}$  равно  $\frac{5}{2}$ .

#### Вариант № 18

1. Имеется узкий пучок  $\pi^-$ -мезонов с кинетической энергией, равной энергии покоя данных частиц. Найдите отношение потоков частиц в сечениях пучка, отстоящих друг от друга на 20 м. Собственное время жизни этих мезонов равно 25,5 нс.

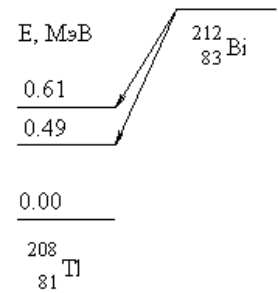
2. Среднее время жизни  $K^+$ -мезонов равно 12,3 нс. Найдите средний путь, проходимый  $K^+$ -мезонами с кинетической энергией, которая в 1,2 раза превышает их энергию покоя.

3. Запишите уравнение распада антинейтрона. Перечислите основные свойства нейтрино и антинейтрино и объясните, чем по современным представлениям они отличаются друг от друга.

4. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядра  $^7_3\text{Li}$  и  $^7_4\text{Be}$ ? Почему для ядра бериллия эта энергия меньше, чем для ядра лития?

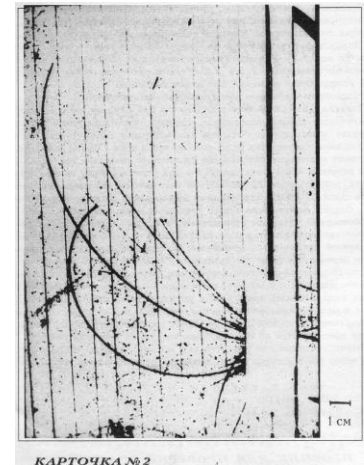
5. Оцените среднюю энергию, уносимую антинейтрино, при  $\beta$ -распаде  $^{204}_{81}\text{Tl}$ . Среднюю энергию электронов распада считайте равной  $\frac{1}{3} E_{\beta, \text{max}}$ .

6. Определите кинетические энергии  $\alpha$ -частиц, образующихся при  $\alpha$ -распаде  $^{212}_{83}\text{Bi}$  на возбуждённые состояния ядра  $^{208}_{81}\text{Tl}$  с энергиями 0,49 и 0,61 МэВ. Энергия связи ядра  $^{212}\text{Bi}$  равна 1654,32 МэВ, ядра  $^{208}\text{Tl}$  – 1632,23 МэВ и  $\alpha$ -частицы – 28,30 МэВ.



#### Вариант № 19

1. Распад остановившегося  $\Sigma^-$ -гиперона происходит согласно уравнению  $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$ . Найдите кинетическую энергию нейтрона, возникшего при распаде.
2.  $\Lambda^0$ -гипероны пролетают от места рождения до распада расстояние 0,7 м. Найдите среднее время жизни этих частиц. Считайте, что кинетическая энергия  $\Lambda^0$ -гиперонов 10 ГэВ. Масса  $\Lambda^0$ -гиперона равна  $1,988 \cdot 10^{-27}$  кг.
3. При аннигиляции медленно движущихся электрона и позитрона образовались три фотона. Под каким углом друг к другу они разлетаются? Какова энергия каждого фотона?
4. В результате  $\alpha$ -распада радий  $^{226}\text{Ra}$  превращается в радон  $^{222}\text{Rn}$ . Какой объём радона при нормальных условиях будет находиться в равновесии с 1 г радия? Период полураспада  $^{226}\text{Ra}$  равен 1600 лет, а  $^{222}\text{Rn}$  – 3,82 дня.
5. Активность двух радиоактивных препаратов была первоначально равна 800 МБк и 500 МБк. Через 12 суток они стали одинаковыми. Чему равен период полураспада второго препарата, если у первого он равен 5 суткам.
6. На фотографии видны треки частиц, движущихся в магнитном поле индукцией 2,2 Тл. Вектор индукции магнитного поля перпендикулярен плоскости фотографии. Нижний трек принадлежит протону, имеющему начальную кинетическую энергию 1,6 МэВ. Определите направление силовых линий магнитного поля. Почему кривизна траекторий различна? По величине энергии протона определите его скорость в начале траектории. Зная, что верхний трек принадлежит частице, имеющей одинаковую с протоном начальную скорость, определите отношение заряда к массе для этой частицы. Какой частице принадлежит этот трек? Почему он толще трека протона?



#### Вариант № 20

1. Водородную мишень облучают  $\pi$ -мезонами. Вычислите пороговые значения кинетической энергии этих мезонов, при которых становятся возможными следующие реакции: а)  $\pi^- + p \rightarrow K^+ + \Sigma^-$ ; б)  $\pi^0 + p \rightarrow K^+ + \Lambda^0$ .
2. В верхних слоях атмосферы рождается мюон  $\mu^-$ , движущийся со скоростью 297 мм/с. До распада он успевает пролететь 5 км. Каково время жизни мюона, наблюдаемое нами, и чему оно равняется в системе координат, связанной с самим мюоном?
3. Определите недостающую частицу в следующих реакциях:  $e^- + e^+ \rightarrow \tau^+ + ?$ ,  $\pi^- + ? \rightarrow n + \pi^+ + \pi^-$ ,  $\pi^- + p \rightarrow ? + K^0 + \pi^-$ .
4. Вычислите верхнюю границу  $\beta$ -спектра распада  $^{137}_{55}\text{Cs}$ , учитывая, что дочернее ядро  $^{137}_{56}\text{Ba}$  образуется в возбуждённом состоянии и энергия излучаемых им гамма-фотонов равна 0,67 МэВ.
5. Постройте приближённую схему радиоактивного распада, если изотоп испускает  $\alpha$ -частицы с энергией 4,23 МэВ (78%) и 4,18 МэВ (22%), а также фотоны с энергией 0,05 МэВ. Энергия распада 4,23 МэВ. Период полураспада  $4,5 \cdot 10^9$  лет. Какому изотопу принадлежит эта схема распада?

6. Найдите энергию отдачи ядра  $^{206}\text{Pb}$ , получающегося при испускании ядром  $^{210}\text{Po}$  ядра  $^4\text{He}$ . Можно ли при этом считать, что энергия  $\alpha$ -распада равна кинетической энергии ядра  $^4\text{He}$ ?

#### Вариант № 21

1. Найдите пороговую энергию фотона, необходимую для образования пары электрон-позитрон в поле покоящегося электрона и пары  $\pi^-$ - $\pi^+$ -мезонов в поле покоящегося протона. Для пары электрон-позитрон произведите точный расчёт.

2. При постройке лаборатории по исследованию  $\pi$ -мезонов зал, в котором исследуются  $\pi$ -мезоны, пришлось отнести от места, в котором они рождаются, на расстояние 75 м. Мезоны каких минимальных скоростей могут исследоваться в этой лаборатории?

3. Определите недостающую частицу в следующих реакциях:  $\gamma + p \rightarrow \pi^+ + ?$ ,  
 $? + n \rightarrow p + e^-$ ,  $n + p \rightarrow ? + \gamma$ .

4. Покажите, что концентрации нуклонов во всех ядрах приближённо одинакова.

5. Найдите с помощью табличных значений масс атомов: среднюю энергию связи на один нуклон в ядре  $^{16}_8\text{O}$ ; энергию отделения нейтрона и  $\alpha$ -частицы в ядре  $^{11}_5\text{B}$ ; энергию, необходимую для разделения ядра  $^{16}_8\text{O}$  на четыре одинаковые частицы.

6. Начиная с изотопа  $^{255}\text{Ac}$ , происходит три последовательных  $\alpha$ -распада. Почему же не происходит сразу испускания ядра  $^{12}\text{C}$ , хотя это энергетически возможно? Рассуждения подтвердите расчётом.

#### Вариант № 22

1. Покоившаяся нейтральная частица распалась на протон с кинетической энергией 5,3 МэВ и  $\pi^-$ -мезон. Найдите массу этой частицы. Как она называется?

2. Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии, равные 240 кэВ, при соударении превратились в два одинаковых фотона. Определите энергию каждого фотона и соответствующую ему длину волны.

3. В 1964 году М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг независимо друг от друга выдвинули гипотезу о фундаментальных частицах, из которых «построены» барионы, в частности протоны и нейтроны. Одна из особенностей этих частиц состоит в том, что их электрический заряд составляет либо одну треть элементарного электрического заряда (отрицательного), либо две трети этого заряда (положительного). Цвейг предложил для названия этих частиц термин игральные карты: «тузы», т.е. самые главные частицы. Однако физическому сообществу учёных пришлось по душе другое название, предложенное Гелл-Манном. Как называются сейчас эти частицы? Как это название связано с художественной литературой XX века (писатель, произведение, персонажи)? Если одна из этих частиц ( $d$ ) имеет электрический заряд  $-\frac{1}{3}e$ , а другая ( $u$ ) —  $+\frac{2}{3}e$ , то какова структура протона и нейтрона? Каждый барион содержит три частицы типа  $u$  или  $d$ . Сколько всего, по современным представлениям, существует таких элементарных частиц, как  $u$  и  $d$ ? Почему по отношению к этим частицам применим термин «конфайнмент», то есть «тюремное заключение»?

4. У лития два изотопа с приближёнными массами 6 и 7 а. е. м. В естественной смеси изотопов относительное содержание этих изотопов равно 7,5% и 92,5%. Определите приближённо среднюю массу лития.

5. Неподвижное ядро кремния  $^{31}_{14}\text{Si}$  выбросило электрон с кинетической энергией 0,5 МэВ. Пренебрегая кинетической энергией ядра отдачи, определите кинетическую энергию антинейтрино.



6. Природный уран представляет собой смесь трех изотопов:  $^{238}\text{U}$  – содержание 99,2745 % с периодом полураспада  $4,468 \cdot 10^9$  лет;  $^{235}\text{U}$  уран-235 – 0,714 %, с периодом полураспада  $0,7038 \cdot 10^9$  лет;  $^{234}\text{U}$  – 0,0055 %, с периодом полураспада  $0,245 \cdot 10^9$  лет. Таким образом, в природном уране изотопа  $^{238}\text{U}$  в 140 раз больше, чем  $^{235}\text{U}$ . Найдите процентную долю активности, вносимую каждым изотопом в общую активность природного урана.

#### Вариант № 23

1. Нейтральный  $\pi^0$ -мезон распался на лету на два фотона с одинаковой энергией. Угол между направлениями разлета фотонов равен  $60^\circ$ . Найдите кинетическую энергию каждого фотона.
2. Фотон был рассеян в результате эффекта Комптона на угол  $1,57$  рад. Вычислите энергию электрона отдачи, если энергия фотона до рассеяния равнялась  $296$  фДж.
3. Какие из приведённых ниже реакций под действием антинейтрино возможны, какие запрещены и почему?:  $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + \mu^+$ ;  $\bar{\nu}_e + n \rightarrow p + \mu^-$ ;  $\bar{\nu}_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$ .
4. Какое наибольшее число протонов может находиться в ядре, имея следующие одинаковые квантовые числа: а)  $n, l, j, m_j$ ; б)  $n, l, j$ ; в)  $n, l$ ; г)  $n$ ?
5. Определите плотность потока нерассеянных фотонов в вакууме на расстоянии  $1$  м от точечного препарата  $\text{Co-60}$  активностью  $10^8$  Бк.
6. Всегда существует некоторое число возможных ядер с одинаковыми массовыми числами  $A$ , но разными  $Z$  и  $N$ . Например, известны 12 изобар с  $A = 137$ :  $^{137}_{52}\text{Te}$  ( $T_{1/2} = 2,49$  с);  $^{137}_{53}\text{J}$  ( $T_{1/2} = 24,5$  с);  $^{137}_{54}\text{Xe}$  ( $T_{1/2} = 3,83$  мин);  $^{137}_{55}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 30,1$  лет);  $^{137}_{56}\text{Ba}$  (стабилен);  $^{137}_{57}\text{La}$  ( $T_{1/2} = 60\,000$  лет);  $^{137}_{58}\text{Ce}$  ( $T_{1/2} = 9$  ч);  $^{137}_{59}\text{Pr}$  ( $T_{1/2} = 1,28$  ч);  $^{137}_{60}\text{Nd}$  ( $T_{1/2} = 38,5$  мин);  $^{137}_{61}\text{Pm}$  ( $T_{1/2} = 2,4$  мин);  $^{137}_{63}\text{Sm}$  ( $T_{1/2} = 45$  с);  $^{137}_{63}\text{Eu}$  ( $T_{1/2} = 11$  с). Постройте с соблюдением масштаба зависимость массы этих ядер от массового числа. Проанализируйте получившийся график с точки зрения электронного и позитронного распада.

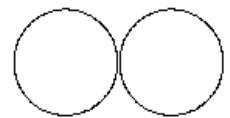
#### Вариант № 24

1. Отрицательный  $\pi^-$ -мезон с кинетической энергией  $50$  МэВ распался на лету на мюон  $\mu^-$  и антинейтрино  $\bar{\nu}_\mu$ . Найдите энергию антинейтрино, вылетевшего под прямым углом к направлению движения  $\pi^-$ -мезона.
2. Какая доля энергии фотона при эффекте Комптона приходится на электрон отдачи, если фотон претерпел рассеяние на угол  $3140$  мрад? Энергия фотона до рассеяния равна  $40,8$  фДж.
3. В сентябрьском номере журнала «Что нового в науке и технике» за 2007 год опубликована приведённая далее заметка. «Физикам из национальной лаборатории Ферми удалось зафиксировать рождение дзета-суб-в-бариона, или, как его еще называют, «каскада-в». Это заряженная частица, массой примерно в 6 раз превышающая протон. Она уникальна тем, что в её состав входит по одному кварку из каждого семейства («нижний», «странный» и «прекрасный»). Название «каскад-в» отражает сложность распада частицы: родившись в высокоэнергетическом столкновении адронов, барион пролетает всего несколько миллиметров с околосветовой скоростью, после чего распадается на джей/пси-мезон и дзета-минус-барион. В свою очередь джей/пси-мезон распадается на два мю-мезона, а дзета-минус-барион — на  $\pi$ -мезон и лямбда-барион. Последний распадается на протон и еще один пи-мезон. За пять лет работы среди триллионов событий физикам удалось обнаружить 19 таких сложных распадов.» Запишите в виде уравнений все распады упомянутые в заметке.

4. Можно показать, что при равномерном распределении заряда по объёму ядра энергия кулоновского отталкивания протонов  $U = \frac{3}{5} \frac{Z^2 e^2}{4\pi\epsilon_0 R}$ , где  $Z$  – порядковый номер ядра,  $R$  – радиус ядра. Насколько в этом случае потенциальная яма для протонов мельче, чем для нейтронов?
5. Какую массу радиоактивного изотопа  $^{210}\text{Bi}$  надо добавить к 5 кг нерадиоактивного изотопа  $^{209}\text{Bi}$ , чтобы через 10 суток после этого отношение числа распавшихся ядер к числу нераспавшихся было равно 0,50.
6. Определите  $\alpha$ -активность  $^{222}\text{Rn}$ , накопившуюся в 1 г  $^{226}\text{Ra}$  через 2 суток после его герметизации.

#### Вариант № 25

1. Фотон при столкновении с релятивистским электроном рассеялся под углом  $60^\circ$ , а электрон потерял почти всю кинетическую энергию. Найдите изменение энергии фотона при рассеянии, если до столкновения он обладал энергией 0,51 МэВ.
2. В одном философском журнале автор привел список существующих по его мнению частиц: спатий (квант пространства), гравитон, гравитино, фотон, глюон, фотино, глюино, гравифотон, голдстино, гравискаляр, электронное нейтрино, сэлектронное снейтрино, мюонное нейтрино, тау-нейтрино, смюонное снейтрино, стау-снейтрино, электрон, аксион, верхний кварк, нижний кварк, сэлектрон, аксино, верхний скварк, странный кварк, мюон, нижний скварк, очарованный кварк, тау-частица, странный скварк, смюон, прелестный кварк, очарованный скварк, стау-частица, W-бозон, Z-бозон, прелестный скварк, хиггс-1, истинный кварк, хиггс-2, хиггс-3, хиггс-4, хиггс-5, вино, зино, хиггсино, истинный скварк, лептокварк X-1, лептокварк X-2, лептокварк X-3, лептокварк Y-1, лептокварк Y-2, лептокварк Y-3, магнитный монополь, стеллион, стеллино, максимон, суперструны, бозон, фермион. Существование каких из названных автором частиц доказано экспериментально?
3. Определите недостающую частицу в следующих реакциях:  $K^- + p \rightarrow ? + \Xi^- + \pi^0$ ,  $? + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0 + \bar{K}^0$ ,  $p + \bar{p} \rightarrow \Xi^- + ?$ ,  $p + {}^2_1\text{H} \rightarrow ? + {}^3_1\text{H}$ .
4. Обычно говорят, что полная энергия связи ядра равна энергии, которую нужно затратить на отдельные нуклоны. Проверьте это утверждение. Для этого выберите какое-то не слишком тяжёлое ядро. Последовательно удаляйте из него протоны и нейтроны, всякий раз подсчитывая энергию отделения. Затем просуммируйте энергии отделения и сравните полученную сумму с полной энергией связи ядра.
5. В свинцовую капсулу поместили определённое количество атомов радиоактивного  $^{51}\text{Cr}$ . Через 56 суток в капсуле осталось  $1,505 \cdot 10^{23}$  атомов хрома. Сколько атомов хрома было в капсуле первоначально?  $T_{1/2} = 28$  суток.
6. На рисунке изображена идеализированная схема  $^{238}\text{U}$  в самом начале своего деления. Вычислите отталкивающую силу, действующую на осколок ядра и взаимную электрическую потенциальную энергию обоих осколков. Предположите, что эти осколки равны по величине и по заряду и почти соприкасаются друг с другом. Радиус первоначального ядра  $^{238}\text{U}$  равен 8 фм.



#### Домашние задачи. Часть 2

За правильно решённые и оформленные задачи этой части домашнего задания студенту начисляется 2 балла.

#### Вариант № 1

7. Изомерное ядро  $^{60}\text{Zn}$  переходит в основное состояние, испуская фотон с энергией 69,79 фДж. Вычислите кинетическую энергию ядра отдачи после испускания фотона.

8. При бомбардировке ядер  ${}^7\text{Li}$  протонами происходит образование ядер  ${}^4\text{He}$ . Определите объём гелия, образовавшегося из 1 г ядер  ${}^7\text{Li}$ . Гелий в конце опыта имеет температуру 303 К и давление 93 кПа.

9. Найдите отношение скорости нейтрона после столкновения его с ядром  ${}^{12}\text{C}$ , к начальной скорости нейтрона. Найдите такое же отношение кинетических энергий нейтрона. Считайте, что ядро  ${}^{12}\text{C}$  до столкновения покоилось, а столкновение было прямым, центральным, упругим.

10. При реакции дейтерия с дейтерием образуются водород и тритий и освобождается энергия 645,3 аДж. Определите массу ядра трития. Массы остальных атомов возьмите из таблицы.

11. Рассчитайте слой полного поглощения гамма-фотонов  ${}^{60}\text{Co}$  в алюминии и слой половинного поглощения в той же среде. Коэффициент поглощения гамма-фотонов  ${}^{60}\text{Co}$  в алюминии равен 14,3 1/м. Поглощение считайте полным, если остаточная интенсивность пучка фотонов составляет  $10^{-4}$  от первоначальной.

12. В камере Вильсона, помещённой в однородное магнитное поле с индукцией 1,5 Тл,  $\alpha$ -частица, влетая перпендикулярно направлению поля, оставляет след в виде дуги окружности радиусом 2,7 м. Найдите импульс и кинетическую энергию частицы.

#### Вариант № 2

7. При переходе ядра  ${}^{214}\text{Pb}$  из возбуждённого состояния в основное испускается электрон внутренней конверсии с кинетической энергией 5,9 фДж. Найдите импульс и энергию ядра отдачи.

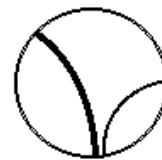
8. При обстреле лития  ${}^7\text{Li}$  протонами получается  ${}^4\text{He}$ . Напишите уравнение этой реакции. Сколько энергии освобождается при такой реакции? Считая, что эта энергия поровну распределяется между двумя  $\alpha$ -частицами, найдите их скорость. Начальную кинетическую энергию протонов и ядер лития примите пренебрежимо малой.

9. Для возбуждения реакции ( $n, {}^4\text{He}$ ) на покоящихся ядрах  ${}^{11}\text{B}$  пороговая кинетическая энергия нейтронов должна быть равна 640 фДж. Найдите энергию этой реакции.

10. При распаде ядра  ${}^{235}\text{U}$  под действием теплового нейтрона образуются осколки с массовыми числами 95 и 139 и выделяются два нейтрона. Определите энергию, которая освобождается в процессе деления.

11. Толщина слоя половинного ослабления для гамма-фотонов  ${}^{60}\text{Co}$  в свинце равна 99 мм. Определите коэффициент ослабления и толщину, при которой свинцовая защита уменьшает интенсивность узкого пучка фотонов в 8 раз.

12. На рисунке представлены следы электрона и позитрона, полученные в пузырьковой камере. Камера находилась в магнитном поле, линии индукции которого направлены от наблюдателя перпендикулярно рисунку. Какой след принадлежит электрону, а какой - позитрону? Какая частица имеет большую кинетическую энергию?



#### Вариант № 3

7. Ядра  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  облучаются ядрами  ${}^2_1\text{H}$  и превращаются в  ${}^{24}_{11}\text{Na}$  с периодом полураспада 11,5 ч. Запишите уравнение реакции. Какая доля радиоактивного натрия останется через сутки после прекращения облучения ядрами дейтерия?

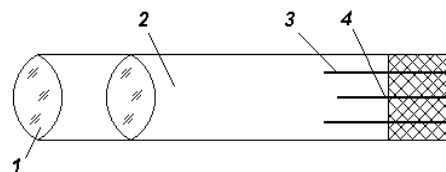
8. При облучении нейтронами алюминиевой мишени образуются следующие изотопы:  ${}^{28}\text{Al}$ ,  ${}^{27}\text{Mg}$ ,  ${}^{24}\text{Na}$ . Определите тип протекающих при этом реакций.

9. В результате деления ядра  ${}^{235}\text{U}$ , захватившего нейтрон, образуются ядра  ${}^{142}\text{Ba}$  и  ${}^{91}\text{Kr}$ , а также три свободных нейтрона. Энергия связи на нуклон ядер бария 1,34 аДж, криптона –

1,38 аДж и урана – 1,2 аДж. Чему равна энергия, выделяющаяся при делении одного ядра  $^{235}\text{U}$ .

10. Вычислите, какую долю энергии теряет нейтрон при любом столкновении с ядром дейтерия и урана.

11. На рисунке представлена система карманного дозиметра, применяемого для определения суммарной дозы рентгеновского и гамма-облучения. Перед измерением дозы облучения электроскоп 3 заряжают, и по мере увеличения дозы облучения нить электроскопа 4 отклоняется, о чём можно судить, наблюдая в окуляр дозиметра 1. Объяснить принцип работы этого дозиметра. Схема карманного дозиметра: 1 - окуляр, 2 - камера, 3 - электроскоп, 4 - нить электроскопа.



12. Возможны ли реакции:  $^4_2\text{He} + ^7_3\text{Li} \rightarrow ^{10}_5\text{B} + n$ ;  $^4_2\text{He} + ^{12}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^2_1\text{H}$  под действием  $\alpha$ -частиц с кинетической энергией 10 МэВ?

#### Вариант № 4

7. Реакция разложения дейтерия фотонами имеет вид  $\gamma + ^2_1\text{H} \rightarrow ^1_1\text{H} + n$ . Найдите массу нейтрона по следующим данным: энергия фотонов равна 2,66 МэВ, а энергия вылетающих протонов, измеренная по производимой ими ионизации, оказалась равной 0,22 МэВ. Энергию нейтрона считайте равной энергии протона. Массы дейтерия и протона считайте известными.

8. В одном из опытов по определению массы нейтрона Чедвик измерял скорость протонов, которые подвергались центральным ударам со стороны нейтронов. Конечная скорость протонов оказалась равной 33 Мм /с. Какую скорость имели нейтроны до и после столкновения с протонами?

9. Наибольшей способностью вызывать ионизацию молекул обладает  $\alpha$ -излучение. Вследствие сильного ионизирующего действия глубина проникновения данного излучения в вещество невелика. Так, длина свободного пробега для альфа-частицы радиоактивного изотопа  $^{210}\text{Po}$  в воздухе не превышает 38,5 мм. В воде или тканях живого организма  $\alpha$ -частицы могут распространяться на расстояния, не превышающие сотых долей миллиметра, т.е. проникать в поверхностные слои ткани. Однако при попадании внутрь организма они становятся очень опасными. Используя эти данные, ответьте на следующие вопросы. Почему альфа-частицы становятся очень опасными при попадании внутрь организма? Почему ионизация атомов и молекул вредна ткани организма? Какие меры предосторожности достаточны для предотвращения облучения альфа-частицами?

10. Идентифицируйте частицу  $x$  и рассчитайте энергии следующих реакций  $^{35}\text{Cl} + x \rightarrow ^{32}\text{S} + ^4_2\text{He}$ ;  $^{10}\text{B} + x \rightarrow ^7\text{Li} + ^4_2\text{He}$ ;  $^7\text{Li} + x \rightarrow ^7\text{Be} + n$ ;  $^{23}\text{Na} + p \rightarrow ^{20}\text{Ne} + x$ ;  $^{23}\text{Na} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{24}\text{Mg} + x$ ;  $^{23}\text{Na} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{24}\text{Na} + x$ .

11. Направление индукции магнитного поля перпендикулярно скорости пучка протонов. В этом поле протоны движутся по дуге окружности радиусом 200 мм и попадают на заземлённую мишень. Рассчитайте тепловую мощность, выделяющуюся в мишени. Ток в пучке равен 100 мкА. Массовый заряд протона равен  $10^8$  Кл/кг.

12. Азот облучался в течение часа пучком  $\alpha$ -частиц, ускоренных в циклотроне. Ток в пучке равен 200 мкА. Известно, что ядерную реакцию  $^4_2\text{He} + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$  вызывает только одна  $\alpha$ -частица из каждых ста тысяч частиц в пучке. Найдите количество атомов образовавшегося изотопа  $^{17}_8\text{O}$ .

#### Вариант № 5

7. Определите порог реакции  $^7_3\text{Li}(p,n)^7_4\text{Be}$ .

8. Двуокись углерода объёмом  $100 \text{ см}^3$  при нормальных условиях облучалась пучком тепловых нейтронов с плотностью потока  $10^{13} \text{ 1/(м}^2\cdot\text{с)}$ . Какое количество ядерных реакций  $^{12}\text{C}(n, \gamma)^{13}\text{C}$  протекает за 1 с в этом объёме? Эффективное сечение данной реакции примите равным  $0,33 \cdot 10^{-30} \text{ м}^2$ .

9. Пренебрегая кинетическими энергиями ядер дейтерия и принимая их суммарный импульс равным нулю, определите кинетические энергии и импульсы продуктов реакции  $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + n$ .

10. В связи с отсутствием у фотонного излучения электрического заряда оно не может производить прямую ионизацию встречных молекул. Поглощение его веществом сопровождается образованием вторичных электронов, которые производят ионизацию. Поэтому ионизационный эффект фотонного излучения значительно меньше, чем  $\beta$ -и  $\alpha$ -излучения, но зато больше его проникающая способность. Какое действие оказывает на организм фотонное излучение по сравнению с  $\beta$ -и  $\alpha$ -излучением (более разрушающее или менее)? Ответ обоснуйте. Каков механизм образования вторичных электронов?

11. Вычислите порог реакции  $^4_2\text{He} + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + p$ , в двух случаях, если налетающей частицей является один раз  $\alpha$ -частица, а другой раз ядро  $^{14}_7\text{N}$ . Объясните результат.

12. Пучок нерелятивистских протонов проходит, не отклоняясь, через область, в которой созданы однородные электрическое и магнитное поля. Модуль напряжённости электрического поля равен  $120 \text{ кВ/м}$ . Модуль индукции магнитного поля равен  $50 \text{ мТл}$ . Напряжённость электрического поля перпендикулярна индукции магнитного поля. Ток в пучке равен  $0,80 \text{ мА}$ . Затем пучок попадает на заземлённую мишень. Найдите силу, с которой пучок действует на мишень.

#### Вариант № 6

7. При распаде  $^{35}\text{Ar}$  испускаются позитроны с максимальной энергией  $4,4 \text{ МэВ}$  и образуется  $^{35}\text{Cl}$  в основном состоянии. Вычислите энергию реакции  $^{35}\text{Cl}(^2\text{H}, 2n)^{35}\text{Ar}$ .

8. Определите, при какой минимальной энергии можно ожидать дифракционного рассеивания быстрых нейтронов на ядрах висмута.

9. Энергия реакции  $^2\text{H}(^2\text{H}, n)^3\text{He}$ , определённая экспериментально, равна  $3,27 \text{ МэВ}$ , а для реакции  $^2\text{H}(^2\text{H}, p)^3\text{H}$  энергия реакции равна  $4,03 \text{ МэВ}$ . Используя то, что разность энергии покоя нейтрона и протона равна  $0,78 \text{ МэВ}$ , вычислите разность между массами  $^3\text{H}$  и  $^3\text{He}$ .

10. Определите, как изменится интенсивность узкого пучка фотонов с энергией  $160 \text{ фДж}$  после прохождения через свинец толщиной  $10 \text{ мм}$ . Коэффициент линейного поглощения для свинца равен  $78 \text{ м}^{-1}$ .

11. При облучении мишени из натурального бора наблюдалось появление радиоактивных изотопов с периодами полураспада  $20,4 \text{ мин}$  и  $24 \text{ мс}$ . Какие образовались изотопы? Какие реакции привели к образованию этих изотопов?

12. Реакцию синтеза дейтерия и трития  $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + n$  изучают, направляя ускоренные до энергии  $2 \text{ МэВ}$  ядра дейтерия на тритиевую мишень. При реакции выделяется энергия  $17,6 \text{ МэВ}$ . Детектор регистрирует нейтроны, вылетающие перпендикулярно направлению пучка ядер дейтерия. Определите энергию регистрируемых нейтронов.

#### Вариант № 7

7. Найдите энергию реакции  $^{14}_7\text{N}(\alpha, p)^{17}_8\text{O}$ , если кинетическая энергия налетающей  $\alpha$ -частицы равна  $4,0 \text{ МэВ}$  и протон, вылетевший под углом  $60^\circ$  к направлению движения  $\alpha$ -частицы, имеет кинетическую энергию, равную  $2,09 \text{ МэВ}$ .

8. Найдите, какая из двух ядерных реакций  $^{35}\text{Cl}(n, p)^{35}\text{S}$ ;  $^{24}\text{Mg}(n, p)^{24}\text{Na}$  может протекать при любой энергии бомбардирующего нейтрона.
9. При термоядерной реакции слияния  $^2\text{H}$  и  $^3\text{H}$  образуется нейтрон, неизвестное ядро и выделяется 2,82 Дж энергии. Определите неизвестное ядро и кинетическую энергию, которая выделится, если прореагирует 1 г водорода  $^2\text{H}$ .
10. Какой наименьшей скоростью должен обладать электрон, чтобы в среде с показателем преломления, равным 1,6, возникло черенковское излучение.
11.  $\alpha$ -частица с кинетической энергией 10 МэВ испытывает упругое лобовое столкновение с ядром  $^{12}_6\text{C}$ . Определите кинетическую энергию ядра  $^{12}_6\text{C}$  после столкновения.
12. Найдите, какая энергия выделяется при синтезе 0,4 г  $^2\text{H}$  и 0,6 г  $^3\text{H}$ . Суммарную массу ядер  $^2_1\text{H}$  и  $^3_1\text{H}$  округлите до 5 а.е.м.

#### Вариант № 8

7. Определите суммарную кинетическую энергию ядер, образовавшихся в результате реакции  $^{13}\text{C}(^2\text{H}, ^4\text{He})^{11}\text{B}$ , если кинетическая энергия дейтерия равна 1,5 МэВ. Ядро-мишень  $^{13}\text{C}$  считайте неподвижным.
8. Определите энергию ядерной реакции  $^9\text{Be}(n, \gamma)^{10}\text{Be}$ , если известно, что энергия связи ядра  $^9\text{Be}$  равна 58,16 МэВ, а ядра  $^{10}\text{Be}$  равна 64,98 МэВ.
9. Ядро  $^{235}\text{U}$ , захватывая тепловой нейтрон, делится на два осколка с массовыми числами 96 и 140. Вычислите кинетическую энергию этих осколков и их скорости, если их общая кинетическая энергия составляет 25,92 пДж.
10. Карбид бора, обогащённый  $^{10}\text{B}$ , употребляется для облицовки внутренней поверхности счётчиков нейтронов. Какова энергия излучаемой  $\alpha$ -частицы, если нейтрон с энергией 50 кэВ поглощается ядром  $^{10}\text{B}$ ?
11. При облучении меди медленными нейтронами идёт реакция  $(n, \gamma)$ , дающая два  $\beta$ -радиоактивных изотопа с  $T_{1/2} = 4,34$  мин и 12,88 час, а при облучении её  $\gamma$ -фотонами с энергией 17 МэВ идет реакция  $(\gamma, n)$  с образованием двух  $\beta$ -радиоактивных изотопов, имеющих  $T_{1/2} = 10$  мин и 12,88 час. Запишите ядерные реакции и определите периоды полураспада искусственно-радиоактивных изотопов меди.
12. Какие составные ядра образуются в следующих реакциях:  $^{10}\text{B}(\alpha, p)^{13}\text{C}$ ,  $^9\text{Be}(p, ^2_1\text{H})^8\text{Be}$ ,  $^{12}\text{C}(^3\text{He}, \alpha)^{11}\text{C}$ ,  $^{19}\text{F}(p, \alpha)^{16}\text{O}$ ?

#### Вариант № 9

7. Пороговая энергия фотона для реакции  $^9\text{Be}(\gamma, n)^8\text{Be}$  равна 1,6 МэВ. Используя известные массы атомов  $^4\text{He}$  и  $^9\text{Be}$ , вычислите массу нейтрона.
8. Найдите с помощью табличных значений масс атомов скорости продуктов реакции  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ , протекающей в результате взаимодействия весьма медленных нейтронов с покоящимися ядрами бора.
9. Энергия, выделяющаяся при делении нейтронами  $^{235}\text{U}$ , составляет около 32 пДж. В среднем из 2,5 нейтронов вылетающих при делении ядра, 1,5 нейтрона идёт на образование плутония. Определите энергию, соответствующую образованию одного грамма плутония.
10. Кинетическая энергия  $\alpha$ -частицы, вылетающей из ядра атома полония  $^{214}_{84}\text{Po}$  при радиоактивном распаде, равна 7,68 МэВ. Найдите скорость  $\alpha$ -частицы; полную энергию, выделя-

ющуюся при вылете  $\alpha$ -частицы; число пар ионов, образуемых  $\alpha$ -частицей. Примите, что на образование одной пары ионов в воздухе требуется энергия 34 эВ.

11. Определите тип реакции при облучении медной мишени быстрыми нейтронами. В результате облучения образуется радиоактивный изотоп меди с периодом полураспада 9,33 мин.

12. В активной зоне реактора в реакциях захвата нейтронов ядрами урана образуются транс-урановые элементы. Какие изотопы трансурановых элементов будут основными источниками остаточной активности через 100 лет хранения радиоактивных отходов.

#### Вариант № 10

7. Альфа-частица с кинетической энергией 5,3 МэВ возбуждает ядерную реакцию  ${}^9\text{Be}(\alpha, n){}^{12}\text{C}$ , энергия которой равна +5,7 МэВ. Найдите кинетическую энергию нейтрона, вылетевшего под прямым углом к направлению движению  $\alpha$ -частицы.

8. При реакции  ${}^{14}\text{N}(n, p){}^{14}\text{C}$  выделяется энергия, равная 0,60 МэВ. Найдите массу  ${}^{14}\text{C}$ , если известна масса изотопа  ${}^{14}\text{N}$ .

9. Кинетическая энергия осколков деления и энергия других продуктов деления  ${}^{235}\text{U}$  медленными нейтронами в сумме равна около 32 пДж. В среднем из 2,5 нейтронов, вылетающих при делении, 1,5 нейтрона идет на образования плутония. Определите массу плутония, образующегося в реакторе мощностью 1 МВт за одни сутки.

10. Газ, заключённый в ионизационной камере между плоскими электродами, облучается рентгеновскими лучами. Ионизатор создаёт в каждом кубическом миллиметре 45000 пар ионов в секунду. Расстояние между электродами камеры равно 15 мм. Определите плотность тока насыщения. Примите, что каждый ион несёт в себе элементарный заряд.

11. Определите порог реакции  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ .

12. Протон с кинетической энергией 900 кэВ испытал лобовое упругое соударение с покоящимся ядром  ${}^2\text{H}$ . Найдите кинетическую энергию протона после соударения.

#### Вариант № 11

7. В результате реакции, которая идёт при бомбардировке ядра  ${}^7\text{Li}$  протонами с энергией 0,6 МэВ, наблюдается образование двух  $\alpha$ -частиц с энергией, равной 8,94 МэВ. Вычислите массу атома  ${}^7\text{Li}$ .

8. Нейтрон ударяется о неподвижное ядро атома  ${}^{12}\text{C}$  и атома  ${}^{235}\text{U}$ . Найдите, какую часть своей скорости потеряет нейтрон при ударе. Считайте удар центральным и упругим.

9. При делении  ${}^{235}\text{U}$  в ядерном реакторе в числе пар осколочных элементов образуются изотопы  ${}^{140}\text{Xe}$  и  ${}^{94}\text{Sr}$ . Напишите ряды изотопов, образующихся в результате электронного распада указанных изотопов.

10. В нижеследующей таблице приведены для некоторых материалов толщина слоя половинного ослабления фотонов, энергия которых равна 160 фДж. Найдите линейный и массовый коэффициенты поглощения этих материалов для данной энергии фотонов.

Вещество	Вода	Алюминий	Железо	Свинец
$d_{1/2}$ , мм	102	45	15,6	8,7

11. В ионизационной камере расстояние между плоскими электродами равно 50 мм, а плотность тока насыщения равна 16 мкА/м<sup>2</sup>. Определите число пар ионов, образующихся в каждом кубическом миллиметре пространства камеры в одну секунду.

12. Определите минимальную кинетическую энергию нейтрона, при которой начинается ре-

акция  ${}^{27}\text{Al}(n, p){}^{27}\text{Mg} \rightarrow {}^{27}\text{Al} + e^-$ .

#### Вариант № 12

7. В качестве источника нейтронов употребляется трубка, содержащая порошок  ${}^9_4\text{Be}$  и газообразной  ${}^{222}\text{Rn}$ . При реакции  $\alpha$ -частиц радона с бериллием возникают нейтроны. Напишите реакцию получения нейтронов. Найдите количество радона, введённого в источник при его изготовлении, если известно, что этот источник даёт через 5 суток после его изготовления  $1,2 \cdot 10^6$  нейтронов в 1 секунду. Выход такой реакции равен  $1/4000$ , то есть только одна  $\alpha$ -частица из 4000 вызывает реакцию.

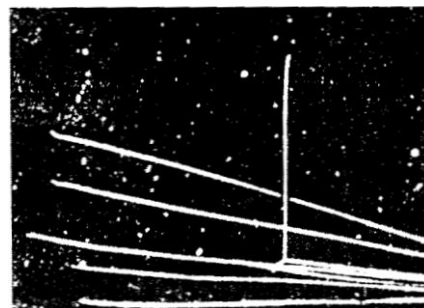
8. Как сечение поглощения  $\sigma_a$  нейтронов для большинства ядер в диапазоне энергий ниже 10 эВ зависит от скорости нейтронов? Как это сочетается с зависимостью сечения вынужденного деления у делящихся изотопов? Какой практический вывод из этого следует?

9. При делении  ${}^{238}\text{U}$  в ядерном реакторе в числе ряда пар осколочных элементов образуется изотоп рубидия и изотоп цезия. В процессе деления мгновенно испускаются два нейтрона. Определите массовые числа образовавшихся рубидия и цезия. Напишите ряды изотопов, образующихся в результате электронного распада полученных изотопов рубидия и цезия.

10. Интенсивность узкого лучка гамма-фотонов после прохождения через слой свинца толщиной 40 мм уменьшилась в 8 раз. Определите толщину слоя половинного ослабления.

11. Нейтронный источник облучает пластинку из серебра и затем её активность определяют счётчиком. Если на пути между источником и пластинкой поместить кусок парафина, активность серебра значительно увеличивается. Объясните это явление. Чем объясняется, что счётчик Гейгера регистрирует возникновение ионизированных частиц и тогда, когда поблизости от него нет радиоактивного препарата?

12. На рисунке показана фотография треков, оставленных при рассеивании  $\alpha$ -частиц на ядрах атомов газа. Треки  $\alpha$ -частиц получены в камере Вильсона. Перед опытом камеру заполнили парами хлора. Поток частиц был направлен справа налево. Одна из частиц в результате взаимодействия с ядром атома хлора отклонилась на значительный угол относительно начального направления движения. На фотографии хорошо виден трек  $\alpha$ -частицы до и после рассеивания, а также короткий и относительно более широкий трек самого ядра. На какой примерно угол была отклонена  $\alpha$ -частица? Каким количеством  $\alpha$ -частиц были образованы треки? Какова ориентировочно вероятность рассеивания частиц в условиях опыта? Как её повысить? Можно ли считать, что  $\alpha$ -частицы имели примерно одинаковую энергию? Какая особенность трека позволяет считать, что рассеивание произошло практически без потери энергии? Была ли направлена скорость частицы до рассеивания точно на центр ядра? Каким физическим законом определяется взаимная ориентация треков  $\alpha$ -частицы и ядра отдачи? Сравнивая толщину треков ядра хлора и  $\alpha$ -частицы, можно ли утверждать, что ионизирующая способность заряженной частицы зависит от её заряда? Можно ли утверждать, что в момент съёмки в камере Вильсона существовало магнитное поле?



#### Вариант № 13

7. Найдите энергию реакции  ${}^{14}\text{N}$  с нейтроном, сопровождающуюся образованием ядра  ${}^{14}\text{C}$ . Используйте знание того, что энергия связи ядра  ${}^{14}\text{N}$  равна 16,74 пДж, а ядра  ${}^{14}\text{C}$  – 16,85 пДж.

8. Реакция на ядрах  ${}^{10}\text{B}$  с нейтронами идёт при бомбардировке  ${}^{10}\text{B}$  нейтронами, скорость которых очень мала ("тепловые нейтроны"). В результате реакции образуется ядра  ${}^4\text{He}$ . Найдите энергию, выделяющуюся при этой реакции. Найдите скорость и кинетическую энергию ядер  ${}^4\text{He}$ . Считайте ядра  ${}^{10}\text{B}$  до вступления в реакцию неподвижными и пренебрегите скоростями нейтронов.



9. При распаде ядра  $^{235}\text{U}$  под действием теплового нейтрона образуются осколки с массовыми числами 95 и 139 и выделяются 2 нейтрона. Определите энергию, которая высвобождается в процессе деления.

10. Линейный коэффициент поглощения  $\gamma$ -фотонов в свинце равен  $79 \text{ л/м}$ . Рассчитайте толщину слоя полупоглощения для  $\gamma$ -фотонов. Какой слой свинца ослабит это излучение в 125 раз?

11. Экспериментальная проверка применимости распределения Пуассона к  $\alpha$ -распаду полония производилась регистрацией  $\alpha$ -частиц методом сцинтилляций (счёт вспышек на экране спинтарископа). Результаты измерений приведены в таблице. Число частиц за 1/8 мин:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

Число опытов, в которых наблюдалось данное число сцинтилляций:

37	203	383	525	532	408	273	139	45	27	10	4	0	1
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	---	---	---

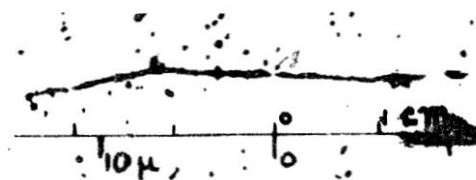
Проверьте расчётом справедливость распределения Пуассона для  $\alpha$ -распада полония.

12. На рисунке представлена картина треков, оставленных в фотоэмульсии осколками ядра атома урана. Распад произошел в точке  $g$ . Деление произошло в результате захвата теплового нейтрона ядром урана  $^{235}_{92}\text{U}$ . Кроме осколков ядер, одним из которых является ядром ксенона

на  $^{140}_{54}\text{Xe}$ , образовались два нейтрона. Левый осколок

при движении от места рождения столкнулся с ядром атома фотоэмульсии. Можно ли считать, что заряды и скорости осколков примерно одинаковы? Можно ли утверждать, что в момент, предшествующий распаду, атом урана покоился? Какой путь пролетел левый

осколок до столкновения с ядром атома фотоэмульсии? Можно ли считать столкновение осколка с ядром атома фотоэмульсии центральным ударом? Какой химический элемент, кроме ксенона, появился в результате деления ядра урана.



#### Вариант № 14

7. Ядро известной массы, движущееся со скоростью  $210 \text{ км/с}$ , ударяет по покоящемуся ядру в шесть раз больше массы. Какова скорость, получившегося после соударения составного ядра. Какова доля кинетической энергии налетающего ядра, потеряна при соударении? Куда девалась кинетическая энергия?

8. Какие типы нейтронных реакций Вы знаете, и для чего они используются на практике?

9. За одну секунду в ядерном реакторе делится  $10^{19}$  ядер  $^{235}\text{U}$ . Определите массу природного урана, которую надо израсходовать в течение одного года, чтобы мощность, выделяемая реактором, соответствовала мощности электростанции  $320 \text{ МВт}$ .

10. Массовый коэффициент поглощения монохроматического излучения с энергией фотонов  $20 \text{ фДж}$  для свинца равен  $35 \text{ дм}^2/\text{кг}$ . Какой слой свинца должен быть взят для того, чтобы ослабить поток излучения наполовину и в  $100\,000$  раз?

11. Определите пороговые энергии нейтронов для реакции  $(n,2n)$  при их взаимодействии с  $^{16}_8\text{O}$  и  $^{17}_8\text{O}$ . Объясните большое различие в полученных значениях.

12. Одна из первых конструкций механического селектора нейтронов представляет собой два диска, которые укреплены на одной оси и вращаются со скоростью  $100 \text{ об/с}$ . Расстояние между дисками  $540 \text{ мм}$ . На каждом диске имеется по одной радиальной щели, которые смещены относительно друг друга на угол  $8^\circ$ . Найдите энергию нейтронов, пропускаемых таким селектором.

#### Вариант № 15

7. Какие можно назвать реакции, в результате которых вылетают нейтроны? Как они используются на практике?

8. Что называется реакцией размножения? В результате каких процессов образуется в реакторе  $^{239}\text{Pu}$  и другие делящиеся элементы?
9. Электрическая мощность одного блока электростанции равна 600 МВт, а коэффициент полезного действия равен 0,4. При делении одного ядра  $^{235}\text{U}$  выделяется 32 пДж энергии. Определите суточный расход топлива и тепловую мощность реактора.
10. Сколько слоёв половинного ослабления требуется для того, чтобы уменьшить интенсивность узкого пучка  $\gamma$ -фотонов в 100 раз?
11. Счетчик облучается электронами, в среднем наблюдается 5 имп/с. Рассчитайте и нанесите на гистограмму вероятность получения за 1 с  $N$  импульсов как функцию  $N$ .
12. При облучении алюминиевой мишени нейтронами возможны реакции с вылетом протонов,  $\alpha$ -частиц или  $\gamma$ -фотонов. Напишите уравнения этих реакций и установите, какие из них являются эндотермическими и какие экзотермическими. Для экзотермических реакций определите выделяемую энергию, а для эндотермических – пороговую энергию для падающих нейтронов.

#### Вариант № 16

7. Рассчитайте энергию и порог реакций  $^{32}\text{S}(\gamma, p)^{32}\text{P}$  и  $^4\text{He}(\alpha, p)^7\text{Li}$ .
8. Нейтрон испытывает упругое соударение с ядром гелия и затем, отразившись, упруго соударяется с другим ядром гелия. Ядра гелия до соударения были неподвижны. Считая оба соударения центральными, определите во сколько раз изменится энергия нейтрона после двух соударений.
9. Деление ядер  $^{235}\text{U}$  после их бомбардировки нейтронами может происходить различными способами. Всего образуется около 80 различных осколков. Наиболее вероятным является деление на осколки, массы которых относятся как 2 : 3. Если образование осколков с массовыми числами, равными 95 и 140 (отношение масс 2 : 3) наблюдается в 7% случаев, то деление ядер на две равные по массе части наблюдается только в  $10^{-2}$  % случаев. В качестве примера запишем следующие возможные реакции:
 
$$^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{94}_{38}\text{Sr} + ^{140}_{54}\text{Xe} + 2n;$$

$$^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{93}_{38}\text{Sr} + ^{140}_{54}\text{Xe} + 3n;$$

$$^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{94}_{37}\text{Rb} + ^{140}_{55}\text{Cs} + 2n;$$

$$^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{91}_{36}\text{Kr} + ^{142}_{56}\text{Ba} + 3n.$$
 Мы знаем, что при вынужденном делении выделяется 32 пДж энергии. Чтобы проверить это утверждение, найдите энергии записанных реакций. Если выявится расхождение, то попробуйте объяснить его.
10. Пучок ядер  $^4\text{He}$  направлен на тонкую золотую фольгу. В пучке постоянна концентрация ядер  $^4\text{He}$ . Вам бы хотелось увеличить плотность потока ядер, отраженных под углом, большим некоторого заданного. Что бы Вы сделали для этого: увеличили скорость ядер: 1) уменьшили площадь поперечного сечения пучка, 2) повысили температуру золотой фольги, 3) приблизили бы золотую фольгу к источнику ядер  $^4\text{He}$ , 4) использовали бы более толстую золотую фольгу?
11. Почему полярное сияние становится чаще и интенсивнее в периоды наибольшей солнечной активности? Почему полярное сияние не происходит в экваториальных странах и очень редко наблюдается в средних широтах? Почему полярное сияние сопровождается магнитными бурями?
12. При облучении  $\alpha$ -частицами  $^9\text{Be}$  идёт реакция с вылетом нейтронов. Определите энергию нейтронов, вылетающих под углом  $90^\circ$  к направлению падения  $\alpha$ -частиц полония с кинетической энергией 5,3 МэВ.

#### Вариант № 17

7. Азот облучается в течение 1,8 кс пучком ядер  ${}^4\text{He}$ , ускоренных в циклотроне. Найдите число ядер  ${}^{17}_8\text{O}$ , образующихся при этом. Ток в пучке равен 200 мкА. Ядерную реакцию вызывает одно ядро  ${}^4\text{He}$  из каждых 100000 частиц в пучке.
8. Объясните и покажите расчётом, почему при центральном столкновении с протоном нейтрон передаёт ему всю энергию, а при столкновении с ядром азота только её часть.
9. В реакторах распад 1 кг  ${}^{235}\text{U}$  сопровождается образованием 1,5 кг плутония. Как это происходит? Как это согласуется с законами сохранения?
10. Отражения частиц от поверхности твёрдого тела в одних случаях характеризуют коэффициентом отражения, а в других – случаем альбедо. Поясните суть этих величин и покажите область их применимости.
11. Электрон, влетевший в камеру Вильсона, оставил след в виде дуги окружности радиусом, равном 100 мм. Камера находится в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Определите кинетическую энергию электрона.
12. Для регистрации медленных нейтронов используется реакция  ${}^{10}_5\text{B}(n, \alpha){}^7_3\text{Li}$ . Найдите кинетические энергии  $\alpha$ -частицы и ядра отдачи.

#### Вариант № 18

7. Определите энергию связи  ${}^9_4\text{Be}$  и полную выделившуюся энергию, если при реакции  ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + n$  подверглись превращению все ядра, содержащиеся в одном грамме бериллия.
8. Нейтрон поглощается неподвижным ядром  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ . Известно, что энергия возбуждения ядра может отличаться от основного состояния только определённую энергию равную 480 фДж. С какой скоростью двигался нейтрон?
9. Сравните энергетические выходы деления тяжёлых ядер и синтеза лёгких. Почему ученые стремятся «приручить» термояд?
10. Как изменяются свойства неметаллов, керамических материалов и пластических масс под действием нейтронного облучения? Как изменяются свойства металлов под влиянием нейтронного облучения?
11. Объясните устройство и принцип действия счётчика Гейгера. Начертите схему включения счётчика Гейгера в цепь. Какие типы счётчиков Гейгера существуют и чем они отличаются друг от друга?
12. Какова минимальная энергия  $\gamma$ -фотона для ядерного фотоэффекта, приводящего к вырыванию нейтрона из ядра  ${}^{12}_6\text{C}$ ?

#### Вариант № 19

7. По каким ядерным реакциям и из каких стабильных изотопов можно получить радиоактивный натрий  ${}^{22}_{11}\text{Na}$ ? Предложите не менее трёх реакций.
8. При облучении алюминиевой мишени нейтронами возможны реакции с вылетом протонов, ядер  ${}^4\text{He}$  или фотонов. Напишите уравнения этих реакций и установите, какие из них являются эндонергетическими и какие экзонергетическими. Для экзонергетических реакций определите выделяемую энергию, а для эндонергетических реакций определите пороговую энергию для падающих нейтронов.
9. Оцените теплоту, которая выделится в реакции слияния всех ядер водорода-3 с ядрами водорода-1 в 1 г смеси  ${}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$ , в которой водорода-3 по массе втрое больше, водорода-1. Сравните найденную теплоту с теплотой, которая выделится при полном делении 1 г  ${}^{235}\text{U}$ , считая, что при делении одного ядра  ${}^{235}\text{U}$  освобождается в среднем энергия 32 пДж.

10. Биологическое действие медленных нейтронов в значительной степени обусловлено ядерной реакцией  ${}^{14}_7N(n, p){}^{14}_6C$ , происходящей при облучении нейтронами живой ткани. Определите кинетические энергии протона и ядра отдачи  ${}^{14}_6C$  в этой реакции, если известно, что граничная энергия электронов в их спектре для  ${}^{14}_6C$  составляет 0,155 МэВ.
11. Вычислите энергию нейтронов, испытывающих отражение от системы плоскостей кристалла NaCl с расстоянием между плоскостями 325 пм под углом скольжения  $4,0^\circ$ . В падающем пучке содержатся нейтроны с энергиями не более 3,0 эВ.
12. Узкий пучок  $\gamma$ -фотонов, содержащий в одинаковом количестве фотоны с энергиями 400 кэВ и 600 кэВ, падает нормально на свинцовую пластинку толщиной 10 мм. Найдите отношение интенсивностей обоих компонентов пучка после прохождения этой пластинки.

#### Вариант № 20

7.  $\alpha$ -частица, имеющая скорость 10 Мм/с, отклоняется покоящимся ядром атома золота на  $180^\circ$  к первоначальному направлению движения. Рассчитайте скорость атома золота и  $\alpha$ -частицы после взаимодействия. Считайте взаимодействие  $\alpha$ -частицы с ядром абсолютно упругим, Воспользуйтесь законами сохранения импульса и механической энергии.
8. Для регистрации медленных нейтронов используется реакция  ${}^{10}_5B(n, {}^4_2He){}^7_3Li$ . Найдите кинетические энергии ядер гелия-4 и ядра отдачи.
9. Ядро  ${}^{235}_{92}U$ , захватывая тепловой нейтрон, делится на два осколка с массовыми числами 96 и 140. Общая кинетическая энергия осколков составляет 162 МэВ. Вычислите энергии и скорости осколков.
10. Как схематично изображается зависимость сечения деления  ${}^{235}_{92}U$  в зависимости от энергии нейтронов. Обозначьте на рисунке области, где сечение пропорционально  $\frac{1}{v}$ , и область, в которой сосредоточены резонансы.
11. Определите долю энергии, теряемой нейтроном при упругом рассеянии под углом  $180^\circ$  на протоне, дейтерии, гелии и углероде.
12. Какова должна быть толщина кадмиевой пластинки, чтобы поток тепловых нейтронов при прохождении через неё уменьшился в 100 раз?

#### Вариант № 21

7. Реактор типа ВВЭР-1000 имеет тепловую мощность 3200 МВт и электрическую мощность 1000 МВт; в него загружается 30 т урана (точнее, окиси-закиси урана  $U_3O_8$ , обогащённого до 4,4 % по  ${}^{235}_{92}U$ ). Какова активность топлива?
8. Найдите энергию нейтронов, возникающих при фоторасщеплении  ${}^9_4Be$  в ходе реакции  ${}^9_4Be(\gamma, n){}^8_4Be$ . Известно, что энергия реакции равна  $-1,65$  МэВ. Импульсом фотона можно пренебречь.
9. Биологическое действие медленных нейтронов в значительной степени обусловлено реакцией  ${}^{14}_7N(n, p){}^{14}_6C$ , происходящей при облучении нейтронами в живой ткани. Определите кинетические энергии протона и ядра отдачи  ${}^{14}_6C$  в этой реакции, если известно, что граничная энергия в спектре электронов  ${}^{14}_6C$  составляет 0,155 МэВ.
10. Проясните вопрос, почему для осуществления управляемого термоядерного синтеза вещество должно быть нагрето до 100 МК.
11. Какое свойство, проявляющееся в реакциях  $\gamma$ -фотонов с веществом позволяет использовать их для неразрушающего контроля изделий из металлов? Как осуществляется неразрушающий контроль в этом случае?

12. Оцените эффективность цилиндрического счётчика нейтронов диаметров 30 мм, если макроскопическое сечение реакции  $^{10}\text{B}(n, \alpha)$  в газовом наполнителе равен  $10 \text{ м}^{-1}$ .

Вариант № 22

7. Вычислите пороговую кинетическую энергию налетающей частицы в реакции  $p + {}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + n$ , если первый раз налетающей частицей является протон, а другой раз – ядро  ${}^3\text{H}$ .

8. Вычислите массу атома  ${}^{17}\text{N}$ , если известно, что энергия реакции  ${}^{17}\text{O}(n, p){}^{17}\text{N}$  равна – 7,89 МэВ.

9. Является ли наличие изомерных состояний у ядер, входящих в цепочки распадов осколков деления, непременным условием испускания запаздывающих нейтронов.

10. Определите кинетическую энергию и скорость теплового нейтрона при температуре окружающей среды, равной 300 К.

11. Сцинтилляционный детектор облучается практически параллельным пучком фотонов, который параллелен оси сцинтиллятора диаметром 40 мм. Скорость счёта 500 имп/мин при потоке фотонов 15 1/с. Определите эффективность счётчика.

12. Для получения моноэнергетических нейтронов большой энергии используется реакция между  ${}^2\text{H}$  и  ${}^3\text{H}$ . Энергия ядер  ${}^2\text{H}$  равна 1 МэВ. Напишите уравнение реакции. Определите энергию нейтронов, вылетающих под прямым углом к пучку  ${}^2\text{H}$ .

Вариант № 23

7. В результате двух разных ядерных реакций одной из частиц-продуктов является нейтрон. Однако известно, что одна реакция является прямой, а другая происходит через составное ядро. В чём состоит отличие в механизмах этих реакций? Как различие в механизмах скажется на характеристиках вылетающих нейтронов?

8. Найдите скорости продуктов реакции  ${}^{10}\text{B}(n, \alpha){}^7\text{Li}$ , протекающей в результате взаимодействия тепловых нейтронов с неподвижными ядрами  ${}^{10}\text{B}$ .

9. При загрузке реактора свежим топливом, мы имеем смесь двух изотопов урана:  ${}^{235}\text{U}$  и  ${}^{238}\text{U}$ . Однако спустя некоторое время в реакторе можно обнаружить и  ${}^{252}\text{Cf}$ . Каким образом он там возникает?

10. Площадь электродов ионизационной камеры  $100 \text{ см}^2$ , а расстояние между ними 62 мм. Рассчитайте ток насыщения в камере, если известно, что за 1 с космическое излучение образует  $10^9$  пар одновалентных ионов в  $1 \text{ см}^3$ .

11. В кристаллическом монохроматоре нейтроны отражаются от плоскостей кристалла  $\text{CaF}_2$  при угле скольжения  $16^\circ$ . Расстояние между плоскостями кристалла составляет 300 пм. Порядок отражения первый. Определите энергию отражённых нейтронов.

12. Какую долю кинетической энергии теряет нейтрон при упругом лобовом соударении с ядрами  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^{12}\text{C}$ ,  ${}^{238}\text{U}$ ?

Вариант № 24

7. В результате ядерной реакции  ${}^{56}_{26}\text{Fe}(p, n)$  образуется радиоактивный изотоп кобальта, в период полураспада которого равен 80 суткам. Найдите выход этой реакции, если известно, что после облучения мишени из  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  при токе протона 10 мкА в течение 2 часов, активность изотопа  ${}^{56}_{27}\text{Co}$  составляет  $5,2 \cdot 10^7$  расп/с.

8. Мишень, на которую направляется пучок частиц-снарядов состоит из нескольких изотопов нескольких элементов. Каждый вид ядер способен вступать в несколько видов реакций. Каждая реакция характеризуется своим сечением реакции. Как разобраться в этом множестве сечений. Какие из них и каким образом можно просуммировать.

9. Имеются потребители, которые нуждаются в радиоактивном изотопе  $^{63}\text{Ni}$ . Его получают, в частности, на реакторных установках. Каким образом там образуется  $^{63}\text{Ni}$ , если в реактор загружают уран.
10. При прохождении свинцовой пластинки толщиной 20 мм параллельный пучок фотонов ослабляется в 15 раз. Найдите энергию фотонов.
11. Одним из способов регистрации нейтронов является использование камер деления. Опишите принцип действия таких камер.
12. При пропускании пучка нейтронов со скоростью 2200 м/с через кадмиевый фильтр толщиной 60 мкм интенсивность потока их уменьшилась вдвое. Определите сечение поглощения тепловых нейтронов кадмием.

#### Вариант № 25

7. Для практического применения реакций важно знать величину, определяемую как отношение числа реакций происходящих в веществе, к объёму этого вещества и, к соответствующему промежутку времени. Ясно, что единица измерения этой величины будет  $1/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ . Как называется эта величина? По какой формуле её можно рассчитать?
8. Какие типы нейтронных реакций вы знаете и для чего они используются? Опишите практическое применение не менее трёх реакций с нейтронами. В частности, расскажите, как реакции с нейтронами способствуют накоплению ядер, используемых в термоядерных устройствах.
9. Как схематически изобразить зависимость выхода продуктов деления, появляющихся в результате деления ядра тепловыми нейтронами, от массового числа? Сравните сечения деления  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  для энергий нейтронов от крайне малых до 10 МэВ.
10. Рассчитайте, во сколько раз ослабляется параллельный пучок фотонов с энергией 5 МэВ при прохождении через свинцовую пластинку толщиной 30 мм.
11. Обычно сцинтилляционные счётчики используют для регистрации фотонного излучения. Однако их можно использовать и для регистрации  $\alpha$ -частиц. Что в этом случае следует поместить рядом с фотокатодом ФЭУ?
12. При осуществлении термоядерной реакции происходит синтез ядер гелия из изотопов водорода – дейтерия и трития. Определите, какая энергия освободится при синтезе 1 г гелия. Сколько каменного угля надо сжечь для получения такой же энергии?

2.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ  
Формой промежуточной аттестации является экзамен в письменной, проводимый в конце семестра.

#### 2.3.1 Оценочные средства для проведения экзамена.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Дмитровградский инженерно-технологический институт –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ»  
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра ядерных реакторов и материалов  
(наименование кафедры)

## Вопросы к экзамену

### по дисциплине «Ядерная физика»

1. Ядерная физика, предмет и методы изучения.
2. Фундаментальные частицы. Классификация частиц. Лептоны. Кварки. Квантовые числа.
3. Фундаментальные взаимодействия. Сильное взаимодействие. Электрослабое взаимодействие. Гравитационное взаимодействие. Объединение взаимодействий.
4. Распады фундаментальных частиц. Спонтанность распада. Законы сохранения зарядов при распаде. Закон сохранения энергии при распаде. Закон сохранения момента импульса при распаде.
5. Статистическое описание распадов. Период полураспада. Среднее время жизни.
6. Активность. Объёмная активность. Массовая активность.
7. Распады лептонов и кварков.
8. Реакции фундаментальных частиц. Понятие реакции. Символическая запись. Законы сохранения зарядов. Законы сохранения энергии в реакциях. Закон сохранения импульса. Энергия порога. Закон сохранения момента импульса.
9. Статистическое описание реакций. Микроскопическое сечение. Макроскопическое сечение. Длина свободного пробега. Дифференциальное сечение.
10. Рассеяние фотона на фотоне. Рассеяние фотона на электроны. Реакция рождения пар при рассеянии на электроны. Рассеяние электрона на электроны. Реакция аннигиляции.
11. Элементарные частицы. Систематика элементарных частиц. Барионы, мезоны. Характеристики протона и нейтрона. Электрические и магнитные свойства элементарных частиц.
12. Распады элементарных частиц. Закон сохранения барионного заряда. Распад нейтрона.
13. Взаимодействие между элементарными частицами. Общее о реакциях элементарных частиц. Упругое рассеяние. Упругое рассеяние твёрдых шариков.
14. Практически важные реакции элементарных частиц. Законы сохранения при высоких энергиях. Фейнмановские диаграммы.
15. Структура ядер. Характеристики ядер. Заряд, масса.
16. Ядерные силы. Энергия связи ядра. Энергия связи нуклонов в ядре. Энергия связи ядерных образований в ядре. Устойчивость ядер. Стабильность ядер.
17. Ядерные модели. Капельная модель ядра. Модель Ферми-газа.
18. Оболочечная модель ядра. Потенциальная яма ядра. Распределение нуклонов по уровням энергии. Энергия ядра как целого. Механический, магнитный и электрический моменты, чётность, изотопический спин. Спин ядра и его магнитные свойства.
19. Радиус и плотность ядер. Радиус ядра. Электрические свойства ядер. Обобщённая модель ядра.
20. Распад ядер. Радиоактивность. Основные законы радиоактивного распада.
21. Радиоактивный распад ядер.
22. Бета-распад. Электронный распад. Двойной электронный распад. Позитронный распад. Способность ядер к бета-распаду.
23. Гамма-распад. Отдача при испускании фотонов ядром. Гамма-распад изомерных ядер.
24. Нейтронный распад. Протонный распад. Двухнейтронный распад. Двухпротонный распад.
25. Альфа-распад. Кластерный распад. Цепочки распадов. Радиоактивные семейства. Накопление изотопов в радиоактивных цепочках.
26. Спонтанное деление. Спонтанное деление как источник нейтронов. Спонтанное деление из изомерных состояний. Суперасимметричное спонтанное деление.
27. Ядерные реакции. Понятие ядерной реакции. Общие характеристики. Законы сохранения.
28. Ядерные реакции при низких энергиях. Реакции через составное ядро. Энергетические уровни промежуточного ядра. Прямые ядерные реакции. Инклюзивные ядерные реакции.

28. Статистическое описание ядерных реакций. Сечение реакции. Полное сечение. Суммарное сечение. Выход ядерной реакции. Время ядерной реакции. Скорость ядерной реакции.
29. Энергия реакции. Порог ядерной реакции.
30. Реакции с нейтрино. Реакции с фотонами. Дифракционное рассеяние. Реакции с фотонами как источники нейтронов. Фотоядерная реакция образования пар.
31. Реакции электронов с ядрами. Реакции с протонами.
32. Реакции с дейтерием. Реакции с тритием и гелием-3. Реакции синтеза. Термоядерные реакции.
33. Реакции с альфа-частицами. Реакции с тяжёлыми ионами.
34. Реакции с нейтронами. Потенциальное упругое рассеяние нейтронов. Внутреннее упругое рассеяние. Неупругое рассеяние. Радиационный захват. (n, p)-реакция. (n, гелий-4)-реакция. (n, 2n)-реакция. Систематизация реакций с нейтронами.
35. Реакция вынужденного деления. Запаздывающие нейтроны. Реакции размножения.
36. Образование элементов в природе. Синтез трансурановых элементов. Трансмутация. Карта нуклидов.
37. Взаимодействие излучений с веществом. Реакции электронов с веществом. Характеристики пучков электронов. Обратное рассеяние электронов. Дифракционное рассеяние электронов. Ионизационные потери электронов. Ионизация вещества. Линейная ионизация электронами. Радиационные потери для электронов. Многократное рассеяние электронов в веществе. Траекторный пробег электронов. Проникновение электронов в вещество. Слой половинного поглощения. Нагревание вещества электронами. Особенности реакции позитронов с веществом. Эффект Вавилова-Черенкова. Переходное излучение.
38. Реакции ионов с веществом. Характеристики пучков ионов. Обратное рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Потери энергии ионов в веществе. Линейная передача энергии. Тормозная способность вещества. Ионизация среды. Радиационные потери. Выделение теплоты. Ионная люминесценция. Вторичные электроны. Перезарядка ионов. Пробег ионов в веществе. Особенности пробега осколков деления. Каналирование ионов. Последствия реакций ионов с веществом.
39. Реакции фотонов с веществом. Характеристики пучков фотонов. Обратное рассеяние фотонов. Дифракционное рассеяние фотонов поверхностью. Ослабление пучка фотонов в веществе. Эффективный атомный номер вещества. Ослабление широкого пучка фотонов. Фактор накопления.
40. Реакции нейтронов с веществом. Характеристики пучков нейтронов. Обратное отражение нейтронов. Дифракционное рассеяние нейтронов. Рассеяние нейтронов в веществе. Ионизация нейтронами. Активация нейтронами. Радиационные разрушения нейтронами. Замедление нейтронов. Длина свободного пробега. Нейтронная радиография. Диффузия нейтронов. Длина миграции. Выход нейтронов из вещества.
41. Космические лучи. Происхождение космических лучей. Первичное и вторичное излучение. Интенсивность, состав, энергетический спектр. Взаимодействие первичного космического излучения с магнитным полем Земли. Радиационные пояса.
42. Методы регистрации элементарных частиц и ядер.

Составитель \_\_\_\_\_ Б.Н. Виноградов  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.



Содержание билетов	З.1	У.1	У.2	В.1	В.2
Билет № 1	+	+	+	+	+
Билет № 2	+	+	+	+	+
Билет № 3	+	+	+	+	+
Билет № 4	+	+	+	+	+
Билет № 5	+	+	+	+	+
Билет № 6	+	+	+	+	+
Билет № 7	+	+	+	+	+
Билет № 8	+	+	+	+	+
Билет № 9	+	+	+	+	+
Билет № 10	+	+	+	+	+
Билет № 11	+	+	+	+	+
Билет № 12	+	+	+	+	+
Билет № 13	+	+	+	+	+
Билет № 14	+	+	+	+	+
Билет № 15	+	+	+	+	+
Билет № 16	+	+	+	+	+
Билет № 17	+	+	+	+	+
Билет № 18	+	+	+	+	+
Билет № 19	+	+	+	+	+
Билет № 20	+	+	+	+	+
Билет № 21	+	+	+	+	+
Билет № 22	+	+	+	+	+
Билет № 23	+	+	+	+	+
Билет № 24	+	+	+	+	+
Билет № 25	+	+	+	+	+

### Критерии и шкалы оценивания

Итоговая сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS	Градация
90-100	отлично	зачтено	A	отлично
85-89	хорошо		B	очень хорошо
75-84			C	хорошо
70-74			D	удовлетворительно
65-69				
60-64	удовлетворительно		E	посредственно
ниже 60	неудовлетворительно	не зачтено	F	неудовлетворительно

**«Отлично»** - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

**«Очень хорошо»** - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.

**«Хорошо»** - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**«Удовлетворительно»** - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**«Посредственно»** - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.

**«Неудовлетворительно»** - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

Экзаменационные билеты.

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина **«Ядерная физика»**

Экзаменационный билет № 1

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	В результате комптоновского эффекта электрон приобрёл кинетическую энергию 80 фДж. Определите энергию налетающего фотона, если энергия рассеянного фотона равна 8 фДж.	5
2	Ширина резонанса $\Gamma(J/\Psi) = 91$ кэВ. Рассчитайте среднее время жизни $J/\Psi$ -мезона.	5
3	Сколько нуклонов может находиться в ядре на самом низком уровне энергии?	5

4	Найдите дефект массы для ядер ${}^4_2\text{He}$ , ${}^7_3\text{Li}$ и вычислите дефект массы на 1 нуклон.	5
5	Препарат U-238 массой 1 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ $\alpha$ -частиц в секунду. Найдите период полураспада этого изотопа.	5
6	Измерениями установлено, что при электронном распаде некоторого ядра минимальная энергия вылетающего электрона составляет 560 фДж. Каким должен быть минимальный линейный размер ядра, чтобы можно было считать, что до распада электрон находится в ядре?	5
7	Изобразите общую схему ядерной реакции через составное ядро. Составным ядром является ${}^{14}_7\text{N}$ . У реакции должно быть три входных и три выходных канала.	5
8	Когда бор ${}^{11}_5\text{B}$ захватывает быстро движущийся протон, то в камере Вильсона, где протекает этот процесс, образуются три почти одинаковых трека, расходящихся веером в разные стороны. Какие частицы образовали эти треки? Запишите ядерную реакцию.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

**Дисциплина «Ядерная физика»**

**Экзаменационный билет № 2**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Угол разлёта электрона отдачи и рассеянного фотона при эффекте Комптона составляет 1,57 рад. Определите энергию падающего фотона, если кинетическая энергия электрона отдачи равна 40,8 фДж.	5
2	Можно ли разделить на части заряды элементарных частиц-электронов и протонов?	5
3	Сколько нейтронов может находиться на нейтронном уровне с главным квантовым числом 4, орбитальным квантовым числом 3, полным квантовым числом $\frac{7}{2}$ ?	5
4	Найдите энергию отделения нейтрона, энергию отделения протона, дефект массы, энергию связи и энергию связи на нуклон в ядре лития-7.	5
5	При распаде радиоактивного полония Po-210 массой 40 г в течение 10 часов образовался гелий He-4, который при нормальных условиях занял объем 8,9 см <sup>3</sup> . Определите период полураспада полония-210.	5
6	Первоначально покоившееся изомерное ядро цинк-60 переходит в основное состояние, испуская фотон с энергией 69,79 фДж. Вычислите кинетическую энергию отдачи ядра после испускания фотона.	5

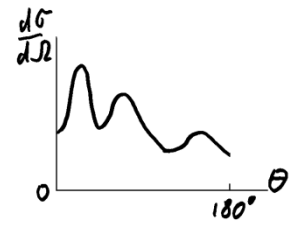
7	При исследовании некоторой реакции были получены данные об угловом распределении вылетающих продуктов реакции. Полученная зависимость дифференциального сечения от угла показана на рисунке. Что можно сказать о механизме ядерной реакции?		5
8	Какая энергия выделится, если при реакции ${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{30}_{13}\text{Si} + {}^1_1\text{H}$ подвергаются превращению все ядра, находящиеся в 1 г алюминия? Какую энергию надо затратить, чтобы осуществить это превращение, если известно, что при бомбардировке ядра алюминия $\alpha$ -частицами с энергией 8 МэВ только одна $\alpha$ -частица из $2 \cdot 10^6$ частиц вызывает превращение?		5

<b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b>  <b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b>	141501 – Ядерные реакторы и материалы <small>(код и наименование специальности)</small>  Кафедра ядерных реакторов и материалов <small>(наименование кафедры)</small>
---	---

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 3

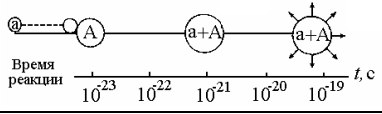
№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии, равные 38,4 фДж, при соударении превратились в два одинаковых фотона. Определите энергию фотона.	5
2	Определите электрические заряды систем кварков $uud$ , $udd$ , $usc$ , $\bar{u}\bar{s}\bar{c}$ , $s\bar{b}$ , $d\bar{s}$ .	5
3	Сколько и какие уровни энергии нейтронов в ядре должны быть заполнены при магическом числе нейтронов, равном 50?	5
4	Какую энергию надо затратить, чтобы разделить ядро бора ${}^{11}_5\text{B}$ на составляющие протоны и нейтроны?	5
5	При массе человека 70 кг содержания калия в организме составляет в среднем 140 г, из них 0,01% приходится на радиоактивный изотоп ${}^{40}_{19}\text{K}$ . Определите количество $\gamma$ -фотонов, возникающих каждую секунду при распаде радиоактивного ${}^{40}_{19}\text{K}$ , если из 100 распадов 11 сопровождаются испусканием $\gamma$ -фотона.	5
6	Ядро урана-235 делится по схеме: ${}^{235}\text{U} \rightarrow {}^{143}\text{Ba} + {}^{72}\text{Kr}$ . Кинетическая энергия обоих осколков равна 25,5 кДж. Считая, что осколки при делении разлетаются в противоположные стороны, определите скорость ядра бария-143.	5

7	При исследовании некоторой реакции были получены данные об угловом распределении вылетающих продуктов реакции. Полученная зависимость дифференциального сечения от угла показана на рисунке. Что можно сказать о механизме ядерной реакции?		5
8	Для получения нейтронов широко используется реакция ${}^3_1\text{H}({}^2_1\text{H}, n){}^4_2\text{He}$ . Определите кинетическую энергию нейтронов, вылетающих под углом $90^\circ$ в нейтронном генераторе, использующем ядра дейтерия, ускоренные до энергии 0,2 МэВ.		5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 4

№	Текст задачи или вопроса	Балл	
1	Фотон при эффекте Комптона на свободном электроне был рассеян на угол $3,14$ рад. Определите импульс, приобретённый электроном, если энергия фотона до рассеяния была $81,6$ фДж.	5	
2	Объясните, какие из написанных ниже распадов невозможны и почему: $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + e^\pm$ ; $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + e^\pm + \nu_e(\bar{\nu}_e)$ ; $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + \mu^\pm + \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu)$ ; $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 + \mu^\pm + \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu) + \gamma$ .	5	
3	Оцените плотность ядерного вещества. Во сколько раз плотность вещества в ядре алюминия больше плотности алюминия?	5	
4	Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядра ${}^7_3\text{Li}$ и ${}^7_4\text{Be}$ ? Почему для ядра бериллия эта энергия меньше, чем для ядра лития?	5	
5	Определите энергию, которая выделяется при делении одного ядра урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ , если при делении всех ядер, содержащихся в уране массой $1$ г, выделяется энергия $82$ ГДж.	5	
6	Что такое естественная ширина уровня энергии ядра? Что такое естественная ширина линии гамма-излучения? Что можно сказать о ширине уровня ядра находящегося в изомерном состоянии?	5	
7	На рисунке приведены данные о протекании реакции во времени. Для какого механизма реакции характерен рисунок?		5
8	Радиоактивный марганец ${}^{54}_{25}\text{Mn}$ получают двумя путями. Первый путь состо-	5	

ит в получении изотопа железа ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ ядрами дейтерия, второй – в облучении изотопа железа ${}_{26}^{54}\text{Fe}$ нейтронами. Напишите ядерные реакции. Найдите их энергии. Если реакции эндозергетические, то найдите их пороги.
--

<p align="center"><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p align="center"><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p align="center">141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p align="center">Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

**Дисциплина «Ядерная физика»**

**Экзаменационный билет № 5**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Выясните с помощью законов сохранения лептонного и барионного зарядов, возможен ли следующий распад $\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ .	5
2	Протон и антипротон, имеющие массу по $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг каждый, соединяясь, превращается в гамма-фотоны. Запишите уравнение реакции и определите энергию фотонов, предполагая, что скорости протона и антипротона пренебрежимо малы.	5
3	Сколько уровней занимают нейтроны в ядре ${}^{17}\text{O}$ в основном состоянии?	5
4	Чем отличается друг от друга ядра изотопов урана-235 и урана-238? Сравните, в том числе, энергию связи этих ядер. Какое из этих ядер более устойчиво?	5
5	Какая теплота выделяет радоном, имеющим активность 37 ГБк, в час и за среднее время жизни? Кинетическая энергия вылетающей из радона $\alpha$ -частицы равна 5,5 МэВ.	5
6	Определите, может ли ядро ${}_{60}^{150}\text{Nd}$ испытать электронный распад.	5
7	Чем отличаются прямые ядерные реакции от реакций, идущих с образованием составного ядра? Зависит ли характер распада составного ядра от способа его образования? В чём отличие радиоактивного распада от реакций через составное ядро?	5
8	Для получения термоядерной энергии многообещающей является реакция соударения двух ядер дейтерия. Реакция может происходить по двум каналам. Определите продукты реакции в обоих случаях. В каком из них выделяется больше энергии и насколько?	5

<p align="center"><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p align="center"><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p align="center">141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p align="center">Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

**Дисциплина «Ядерная физика»  
Экзаменационный билет № 6**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Определите импульс отдачи электрона при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол $3,14$ рад.	5
2	Выясните с помощью законов сохранения лептонного и барионного зарядов, возможен ли следующий распад $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$ .	5
3	Сколько уровней энергии занимают протоны в ядре $^{17}\text{O}$ в основном состоянии?	5
4	Определите энергию связи на нуклон для ядра лития-7.	5
5	Период полураспада $330,5$ кс. Что это значит? За какой промежуток времени распадутся $7/8$ атомов из $6 \cdot 10^{23}$ радона?	5
6	Радиоактивное ядро, находившееся в состоянии покоя, распадается, выбрасывая электрон и нейтрино под прямым углом друг к другу. Импульс электрона $120 \cdot 10^{-24}$ Н·с, а нейтрино $64 \cdot 10^{-24}$ Н·с. Найдите модуль и направление импульса остаточного ядра, испытавшего отдачу. Масса остаточного ядра $58 \cdot 10^{-27}$ кг. Чему равна кинетическая энергия отдачи?	5
7	Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях: ${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + ?$ , $n + {}^{198}_{80}\text{Hg} \rightarrow {}^{198}_{79}\text{Au} + ?$ , $? + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + p$ .	5
8	При бомбардировке изотопа алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$ $\alpha$ -частицами получается радиоактивный изотоп фосфора ${}^{30}_{15}\text{P}$ , который затем распадается с выделением позитрона. Напишите уравнения обоих процессов. Найти удельную массовую полученного изотопа, если известно, что период его полураспада равен $130$ с.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

**Дисциплина «Ядерная физика»  
Экзаменационный билет № 7**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией $81,6$ фДж рассеялся под углом $2093$ мрад. Определите угол вылета электрона отдачи.	5
2	Какие из ниже перечисленных процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда: 1) $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$ ; 2) $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$ ; 3) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ; 4) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \nu_\mu$ ?	5
3	В ядре энергия уровней нейтронов $1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2}, 1d_{5/2}, 2s_{1/2}$ равны соответственно $-50$ МэВ, $-40$ МэВ, $-30$ МэВ, $-20$ МэВ, $-10$ МэВ. Определите энер-	5

	гию всех нейтронов в ядре $^{17}\text{O}$ .	
4	Сравните энергию связи в расчёте на один нуклон с энергией, необходимой для отрыва наименее связанного нейтрона от ядра $^{16}_8\text{O}$ .	5
5	Что больше – среднее время жизни радиоактивного ядра или период полураспада? Во сколько раз? Определите, во сколько раз массовая активность урана-238 меньше массовой активности радия-226.	5
6	Ядро испускает $\alpha$ -частицы с энергией 5 МэВ. В грубом приближении можно считать, что $\alpha$ -частицы проходят через прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 МэВ и шириной 5 мф. Найдите коэффициент прозрачности барьера для $\alpha$ -частиц.	5
7	Найдите энергию следующих ядерных реакций: а) $^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$ ; б) $^{35}\text{Cl}(n, p)^{35}\text{S}$ . Если какая-то из реакций окажется эндотергической, то вычислите её порог.	5
8	Какую массу воды можно нагреть от 273 К до кипения, если использовать всё тепло, выделяющееся при реакции $^7\text{Li}(p, ^4_2\text{He})$ , при полном разложении одного грамма лития?	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 8

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии, равные 0,24 МэВ, при соударении превратились в два одинаковых фотона. Определите энергию фотона и соответствующую ему длину волны.	5
2	Нейтрон распадается по схеме $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ . В то же время нейтрон восстанавливается по схеме $p + \bar{\nu}_e \rightarrow e^+ + n$ . Если эти реакции протекают последовательно, то в результате получим исходный нейтрон и, кроме того, электрон и позитрон. Как это согласовать с законами сохранения?	5
3	Какие значения может иметь спиновое квантовое число следующих ядер: 1) чётно-чётных; 2) чётно-нечётных; 3) нечётно-чётных; 4) нечётно-нечётных?	5
4	Вычислите дефект массы ядра, энергию связи ядра и энергию связи на нуклон ядра $^{235}_{92}\text{U}$ .	5
5	Вычислить массовую активность ядра натрия-24.	5
6	Почему в условии энергетической возможности бета-распада никак не учитывается вылет нейтрино или антинейтрино?	5
7	При облучении нейтронами алюминиевой мишени образуются следующие	5



	изотопы: алюминий-28, магний-27, натрий-24. Определите тип протекающих при этом реакций.	
8	Нейтрон, двигавшийся горизонтально, столкнулся с неподвижным ядром и передал ему 0,64 своей кинетической энергии. Удар прямой, центральный. Во сколько раз масса ядра больше массы нейтрона?	5

<b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b>  <b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b>	141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)  Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)
---	---

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 9

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией $E_\gamma$ столкнулся с неподвижной частицей и начал двигаться под углом $\theta$ к первоначальному направлению. После столкновения энергия фотона уменьшилась на $\Delta E_\gamma$ . Определите по этим данным массу частицы, с которой столкнулся фотон.	5
2	Выясните с помощью законов сохранения лептонного и барионного зарядов, возможна ли следующий распад $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu + \pi^0$ .	5
3	Определите среднее расстояние между протонами в ядре. Затем определите среднюю силу и среднюю потенциальную энергию взаимодействия двух протонов в ядре.	5
4	Энергия связи ядра кислорода-18 равна 22,37 пДж, ядра фтора-19 - 23,65 пДж. Определите, какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы оторвать один протон от ядра фтора-19?	5
5	Найдите массу, соответствующую активности 37 ГБк углерода-14.	5
6	Вычислите верхнюю границу спектра распада ядра $^{137}\text{Cs}$ учитывая, что дочернее ядро $^{137}\text{Ba}$ образуется в возбужденном состоянии и энергия излучаемых гамма-фотонов равна 0,67 МэВ.	5
7	Возможны ли реакции: ${}^4_2\text{He} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + n$ ; ${}^4_2\text{He} + {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^2_1\text{H}$ под действием альфа-частиц с кинетической энергией 10 МэВ?	5
8	При бомбардировке неподвижного ядра натрия гелием-4 сила отталкивания между ними достигла 140 Н. На какое наименьшее расстояние приблизилось ядро гелия-4 к ядру атома натрия? Какую скорость имел гелий-4? Влиянием электронной оболочки атома натрия пренебрегите.	5

<b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет</b>	141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)  Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)
---	---

«МИФИ» <b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b>	
-----------------------------------	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 10

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией 2 аДж при соударении со свободным электроном испытал комптоновское рассеяние под углом 1,57 рад. Определите, какая доля энергии осталась у фотона.	5
2	Выясните с помощью законов сохранения лептонного и барионного зарядов, возможна ли следующая реакция $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + e^+$ .	5
3	В ядре энергия уровней нейтронов $1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2}, 1d_{5/2}, 2s_{1/2}$ равны соответственно –50 МэВ, –40 МэВ, –30 МэВ, –20 МэВ, –10 МэВ. Определите энергию связи нейтронов в ядре $^{17}\text{O}$ .	5
4	Какую минимальную работу (в МэВ) надо совершить, чтобы «растачить» ядро кальция $^{40}_{20}\text{Ca}$ на отдельные протоны и нейтроны?	5
5	Определите массу препарата изотопа $^{60}\text{Co}$ , имеющего активность 37 ГБк.	5
6	Оцените среднюю энергию, уносимую антинейтрино при бета-распаде $^{204}_{81}\text{Tl}$ . Среднюю энергию, уносимую электроном, считать равной $\frac{1}{3} E_{\beta, \max}$ .	5
7	Вычислите порог реакции $^{14}\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}\text{O} + p$ , в двух случаях, если налетающей частицей является один раз альфа-частица, а другой раз ядро $^{14}\text{N}$ . Объясните результат.	5
8	Почему термоядерная реакция синтеза лёгких ядер начинается только при сверхвысоких температурах?	5

<b>Дмитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b>  <b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b>	141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)  Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)
--	---

Дисциплина Ядерная физика

Экзаменационный билет № 11

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией 1 МэВ рассеялся на свободном электроне. В результате рассеяния энергия фотона изменилась на 25 %. Найдите кинетическую энергию электрона после рассеяния.	5
2	Какой канал приведённых распадов $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$ и $\Sigma^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$ запрещён и по ка-	5

	кой причине?	
3	Предположим, что металлический кобальт является моноизотопным. Какую часть от объема атома кобальта $^{59}\text{Co}$ составляет объем его ядра? Плотность кобальта равна $4500 \text{ кг/м}^3$ .	5
4	Какая энергия (в МэВ) могла бы выделиться при слиянии двух альфа-частиц и нейтрона в ядро атома бериллия $^9_4\text{Be}$ ? Энергия связи на нуклон ядра $^9_4\text{Be}$ равна $6,46 \text{ МэВ}$ , а $^4_2\text{He}$ – $7,07 \text{ МэВ}$ .	5
5	Период полураспада радиоактивного аргона-41 равен $6,6 \text{ кс}$ . Определите время, в течение которого распадается $25\%$ начального количества ядер.	5
6	При делении ядра урана-235 на два осколка наряду с двумя нейтронами образовалось ядро ксенона-140. Изотопом какого элемента является второй осколок. При каких радиоактивных превращениях он переходит в стабильный изотоп?	5
7	Определите, при какой минимальной энергии можно ожидать дифракционного рассеивания быстрых нейтронов на ядрах висмута.	5
8	Какой энергией должен обладать нейтрон для того, чтобы вызвать $(n,2n)$ реакцию с ядром фосфора-32?	5

<p><b>Дмитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
---	--

**Дисциплина «Ядерная физика»**

**Экзаменационный билет № 12**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией в 2 раза превышающей энергию покоя электрона испытал лобовое столкновение с покоившимся свободным электроном. Найдите радиус кривизны траектории электрона, получившего импульс отдачи, в магнитном поле $120 \text{ мТл}$ . Предположите, что электрон движется перпендикулярно к индукции магнитного поля.	5
2	О какой ахроматичности адронов идет речь?	5
3	Если нейтроны в ядре полностью заполняют две нижних оболочки, то каково количество этих нейтронов?	5
4	Найдите для урана-238 радиус, энергию связи ядра и энергию связи, приходящуюся на один нуклон.	5
5	Какая доля ядер кобальта-58 распадается за месяц?	5
6	Конечными продуктами распада урана-238, урана-235, тория-232, сопровождающегося испусканием ядер гелия-4 и электронов, являются изотопы свинца. Напишите суммарное уравнение распада этих изотопов и определите массовые числа образующихся изотопов свинца.	5
7	Найдите, какая из двух ядерных реакций $^{35}\text{Cl}(n, p)^{35}\text{S}$ ; $^{24}\text{Mg}(n, p)^{24}\text{Na}$	5

	может протекать при любой энергии бомбардирующего нейтрона.	
8	При бомбардировке ядер углерода-12 пучком водорода-2 с энергией 80 фДж идёт реакция с отделением нейтрона. Энергия образующихся нейтронов равна 33,6 фДж. Определите массу изотопа азота-13.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

**Дисциплина «Ядерная физика»**

**Экзаменационный билет № 13**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Объясните, почему не наблюдается распад $\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \gamma$ .	5
2	Найдите энергию распада $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ . Какой вывод можно сделать относительно этого распада из полученной энергии распада?	5
3	В ядре энергия уровней нейтронов $1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2}, 1d_{5/2}, 2s_{1/2}$ равны соответственно –50 МэВ, –40 МэВ, –30 МэВ, –20 МэВ, –10 МэВ. Определите минимальную энергию возбуждения нейтронов в ядре $^{17}\text{O}$ .	5
4	Вычислите дефект массы ядра, энергию связи ядра и энергию связи на нуклон ядра гелия-4.	5
5	Начертите график зависимости натурального логарифма активности $\ln A$ от времени. Какие данные могут быть из него получены?	5
6	Может ли ядро $^9_5\text{B}$ испустить альфа-частицу?	5
7	Вычислите энергию ядерной реакции $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{18}_8\text{O} + ^2_1\text{H}$ . Освобождается или поглощается эта энергия? Если эта реакция окажется эндоэнергетической, то найдите её энергию порога.	5
8	В 1 дм <sup>3</sup> воды содержится 1/30 г дейтерия. Насчитайте энергию, которая выделится при сжигании этого количества дейтерия в ходе термоядерной реакции образования ядер трития из ядер дейтерия.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 14

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Комптоновское рассеяние фотонов может происходить на любых частицах, а не только на электронах. И, тем не менее, именно при рассеянии на свободных электронах оно наиболее отчётливо выражено. Поясните, почему это так с помощью выведенной нами формулы для энергии фотона после комптоновского рассеяния.	5
2	Имеется пучок нейтронов с кинетической энергией $4 \cdot 10^{-21}$ Дж. Какая доля нейтронов распадается на длине 2 м?	5
3	В ядре энергия уровней нейтронов $1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2}, 1d_{5/2}, 2s_{1/2}$ равны соответственно $-50$ МэВ, $-40$ МэВ, $-30$ МэВ, $-20$ МэВ, $-10$ МэВ. Определите энергию всех нейтронов в ядре $^{17}\text{O}$ .	5
4	Какую минимальную энергию нужно затратить для того, чтобы удалить из ядра гелия-4 один нейтрон или один протон? Объясните, почему эти энергии различны?	5
5	За 8 суток распалось $\frac{3}{4}$ начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определите постоянную распада, период полураспада, среднее время жизни ядра изотопа.	5
6	Ядро полония испытывает альфа-распад. Получающееся при этом ядро приобретает скорость 310 км/с. Ядро гелия-4 приобретает скорость 16 Мм/с. Определите массовое число ядра полония. Масса ядра гелия-4 равна $6,443 \cdot 10^{-27}$ кг.	5
7	При бомбардировке изотопа лития-7 протонами образуется две частицы. Энергия каждого гелия-4 в момент их образования равна 1,46 пДж. Чему равна энергия бомбардирующих протонов?	5
8	Найти, сколько нейтронов в одну секунду создают $\alpha$ -частицы от 37 ГБк радона, попадая на порошок бериллия. Считать, что только одна $\alpha$ -частица из 4000 вызывает реакцию.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 15

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией 40 фДж рассеялся на свободном электроном. Энергия рассеянного фотона 32 фДж. Определите угол рассеяния.	5
2	Требованиями какого закона сохранения обусловлено присутствие антинейтрино в распаде $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ?	5

3	В ядре $^{17}_8O$ энергия уровней нейтронов $1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2}, 1d_{5/2}, 2s_{1/2}$ равны соответственно $-50$ МэВ, $-40$ МэВ, $-30$ МэВ, $-20$ МэВ, $-10$ МэВ. Определите минимальную энергию возбуждения.	5
4	Какова наименьшая энергия, которую нужно затратить для расщепления ядра бериллия-9 на отдельные нуклоны?	5
5	За сутки активность нуклида уменьшилась от 118,4 ГБк до 7,4 ГБк. Определите постоянную распада, период полураспада, среднее время жизни ядра изотопа.	5
6	В периодической системе элементов рядом расположены три элемента. Условно назовем их А, Б, В. Радиоактивный изотоп элемента А превращается в элемент Б, а тот, в свою очередь, в элемент В. Последний превращается в изотоп исходного элемента А. Какими процессами обусловлены переходы $A \rightarrow B, B \rightarrow V, V \rightarrow A$ ?	5
7	Вычислите энергию ядерной реакции, возникающую при столкновении ядра бериллия-9 с ядром водорода-2 с образованием ядра бора-10 и нейтрона.	5
8	Азот-14 облучался в течение 3,6 кс пучком ядер гелия-4, ускоренных в циклотроне. Найдите число атомов образовавшегося изотопа кислорода-17, если ток в пучке равен 200 мкА. Ядерную реакцию вызывает одно ядро гелия-4 из каждых 100000 частиц в пучке.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

**Дисциплина «Ядерная физика»**

**Экзаменационный билет № 16**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Определите угол, на который был рассеян фотон с энергией 163,2 фДж при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи равна 81,6 фДж.	5
2	Свободный нейтрон радиоактивен. Выбрасывая электрон и антинейтрино, он превращается в протон. Определите сумму кинетических энергий всех частиц, возникающих в процессе превращения нейтрона. Примите, что кинетическая энергия нейтрона пренебрежимо мала.	5
3	В ядре $^{16}_8O$ энергия уровней нейтронов $1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2}, 1d_{5/2}, 2s_{1/2}$ равны соответственно $-50$ МэВ, $-40$ МэВ, $-30$ МэВ, $-20$ МэВ, $-10$ МэВ. Определите минимальную энергию, необходимую для удаления нейтрона из ядра.	5
4	Найти энергию отрыва нейтрона от ядра $^4_2He$ .	5
5	Определите активность радиоактивного изотопа натрия-24, масса которого 5 мкг, а период полураспада равен 53,3 кс.	5
6	Запишите уравнение е-захвата. Что сопровождает е-захват? В чём его отличие от бета-распада? Почему электронный захват называют также К-захватом?	5

	Объясните его механизм.	
7	Определите суммарную кинетическую энергию ядер, образовавшихся в результате реакции $^{13}\text{C}(^2\text{H}, ^4\text{He})^{11}\text{B}$ , если кинетическая энергия дейтерия равна 1,5 МэВ. Ядро-мишень $^{13}\text{C}$ считайте неподвижным.	5
8	При бомбардировке изотопа лития-6 ядрами водорода-2 образуется два ядра гелия-4. При этом выделяется энергия, равная 3568 фДж. Зная массы водорода-2 и гелия-4, найдите массу изотопа лития-6.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 17

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией 200 аДж рассеялся на свободном электроны под углом 1,57 рад. Какую долю своей энергии фотон передал электрону?	5
2	Выясните с помощью законов сохранения лептонного и барионного зарядов, возможен ли следующий распад $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$ .	5
3	Какое ядро имеет вдвое больший радиус, чем ядро алюминия-27?	5
4	Найдите разность энергий отделения нейрона и протона в ядре $^{11}_5\text{B}$ . Объясните причину их различия.	5
5	Какая доля начального количества радиоактивного вещества остаётся нераспавшейся через 1,5 периода полураспада?	5
6	Определите энергию альфа-распада ядра полония-210.	5
7	Нейтрон ударяется о неподвижное ядро атома углерода и атома урана-235., Найдите, какую часть своей скорости потеряет нейтрон при ударе. Считайте удар центральным и упругим.	5
8	Может ли иметь место реакция $^4_2\text{He} + ^{24}_{12}\text{Mg} \rightarrow ^{27}_{13}\text{Al} + n$ ?	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
---	--

(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 18

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией 120 фДж рассеялся на свободном электроном под углом 1,05 рад. Найдите энергию рассеянного фотона, кинетическую энергию и импульс отдачи электрона. Кинетической энергией электрона до соударения пренебрегите.	5
2	Свободный нейтрон радиоактивен. Выбрасывая электрон и антинейтрино, он превращается в протон. Определите сумму кинетических энергий всех частиц, возникающих в процессе превращения нейтрона. Примите, что кинетическая энергия нейтрона пренебрежимо мала и что масса покоя антинейтрино равна нулю.	5
3	Почему оболочечная модель ядра называется оболочечной? Изобразите схематически вид средней потенциальной ямы для нейтронов и протонов ядра.	5
4	Найдите энергию отделения нейтрона и альфа-частицы в ядре ${}^{11}_5\text{B}$ .	5
5	Один грамм изотопа урана-238 излучает $12,4 \cdot 10^3$ ядер гелия-4 в секунду. Определите период полураспада и активность препарата.	5
6	Ядро бериллия-7 захватило электрон с К-оболочки атома. Какое ядро образовалось в результате К-захвата?	5
7	Объясните и покажите, почему при центральном столкновении с протоном нейтрон передает ему всю энергию, а при столкновении с ядром азота только её часть.	5
8	При соударении ядра гелия-4 с ядром бора-10 произошла ядерная реакция, в результате которой образовалось два новых ядра. Одним из этих ядер было ядро водород-1. Определите второе ядро. Дайте символическую запись ядерной реакции. Определите энергию реакции.	5

<p><b>Дмитровградский инженерно-технологический институт</b> – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</p> <p>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 19

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Найдите средний путь, проходимый пи-мезонами с кинетической энергией, которая в 1,2 раза превышает их энергию покоя. Среднее время жизни очень медленных пи-мезонов 25,5 нс.	5
2	Рассмотрите следующие реакции и укажите, какие из них запрещены законом	5



	сохранения лептонного заряда: $\nu_e + p \rightarrow n + e^+$ , $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + \mu^+$ , $\bar{\nu}_\mu + n \rightarrow \mu^- + p$ .	
3	В чём смысл модели жидкой капли для ядра?	5
4	Определите энергию отделения $\alpha$ -частицы из ядра ${}^{16}_8\text{O}$ .	5
5	Сколько процентов начального количества радиоактивного нуклида распадается за время, равное средней продолжительности жизни этого нуклида?	5
6	Чтобы определить возраст древней ткани, найденной в одной из египетских пирамид, была определена концентрация в ней атомов радиоуглерода ${}^{14}\text{C}$ . Она оказалась соответствующей 9,2 распадам в минуту на один грамм углерода. Концентрация ${}^{14}\text{C}$ в живых растениях соответствует 14,0 распадам в минуту на один грамм углерода. Период полураспада ${}^{14}\text{C}$ равен 5730 лет. Исходя из этих данных, оцените возраст древней ткани.	5
7	По каким ядерным реакциям и из каких стабильных изотопов можно получить радиоактивный натрий ${}^{22}\text{Na}$ ? Предложите не менее трёх реакций.	5
8	Ядро известной массы, движущееся со скоростью 210 км/с, ударяет по покоящемуся ядру в шесть раз большей массой. Какова скорость получившегося после соударения составного ядра? Какова доля кинетической энергии налетающего ядра, потеряна при соударении? Куда исчезла кинетическая энергия?	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

**Дисциплина «Ядерная физика»**

**Экзаменационный билет № 20**

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Остановившийся положительный мюон распался на позитрон и два нейтрино. Найдите максимально возможную кинетическую энергию позитрона. Запишите уравнение распада.	5
2	Нейтрон и антинейтрон аннигилируют, образуя два фотона. Запишите уравнение реакции и найдите энергию каждого из возникающих фотонов, считая, что начальная энергия частиц ничтожно мала.	5
3	В чём смысл кластерной модели ядра?	5
4	Найдите энергию, необходимую для разделения ядра ${}^{16}_8\text{O}$ на четыре одинаковые частицы.	5
5	Счётчик $\alpha$ -частиц, установленный вблизи радиоактивного изотопа, при первом измерении регистрировал 1400 частиц в минуту, а через 4 ч – только 400. Определите период полураспада изотопа.	5
6	Ядро атома азота-13 выбросило позитрон. Кинетическая энергия позитрона 160 фДж. Определите кинетическую энергию нейтрино, выброшенного вместе с позитроном. Кинетической энергией отдачи ядра пренебрегите.	5

7	В результате двух разных ядерных реакций одной из частиц-продуктов является нейтрон. Однако известно, что одна реакция является прямой, а другая происходит через составное ядро. В чём отличие механизмов этих реакций? Каким образом различие в механизмах скажется на характеристиках вылетающих нейтронов?	5
8	Некоторое ядро, движущееся со скоростью 18 Мм/с, сталкивается с точно таким же, ранее покоившимся, ядром. Оба ядра сливаются, образуют составное ядро и далее движутся вместе. Пренебрегая возможным дефектом массы, определите скорость составного ядра.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 21

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	В результате эффекта Комптона фотон с энергией 48 фДж испытал рассеяние под углом 2,10 рад. Определите энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию отдачи электрона.	5
2	Какой из законов сохранения запрещает реакцию $p + n \rightarrow e^+ + \nu_e$ ?	5
3	Какие ядра называется зеркальными? Приведите примеры не менее трёх пар зеркальных ядер. Почему зеркальные ядра представляют интерес?	5
4	Каков характер зависимости энергии связи на нуклон от числа нуклонов в ядре? Как связана с этой зависимостью возможность получения энергии в ядерных процессах?	5
5	Активность некоторого препарата уменьшается в течение трёх часов с 35 МБк до 31 МБк. Чему равен период полураспада?	5
6	Покоившееся ядро полония-210 выбросило альфа-частицу с кинетической энергией 850 фДж. Определите кинетическую энергию ядра отдачи и полную энергию, выделившуюся при альфа-распаде.	5
7	При пропускании пучка нейтронов со скоростью 2200 м/с через кадмиевый фильтр толщиной 60 мкм интенсивность потока их уменьшилась вдвое. Определите сечение поглощения тепловых нейтронов кадмием.	5
8	Почему альфа-частицы, испускаемые радиоактивными препаратами, не могут вызвать ядерных реакций в тяжёлых элементах, но способны их вызвать в лёгких элементах?	5

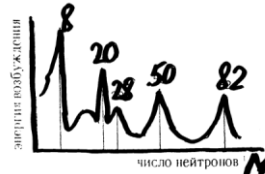
<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Националь-</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

ный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  <b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b>	
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 22

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Фотон с энергией 800 фДж превратился в пару электрон-позитрон. Принимая, что кинетическая энергия частиц одинакова, определите кинетическую энергию каждой частицы.	5
2	Нейтральный пи-мезон, распадаясь, превращается в два фотона с одинаковой энергией. Определите энергию фотона. Кинетической энергией и импульсом мезона пренебрегите.	5
3	На рисунке приведена зависимость энергии возбуждения ядра от числа нейтронов в нём. Почему у выделенных чисел нейтронов энергия возбуждения максимальна?	5
4	Вычислите дефект массы ядра, энергию связи ядра и энергию связи на нуклон ядра железа-56.	5
5	Период полураспада радиоактивного аргона-40 равен 6,6 кс. Определите время, в течение которого распадается 25% начального количества атомов.	5
6	Определите интенсивность гамма-излучения на расстоянии 50 мм от точечного изотропного радиоактивного источника имеющего активность 148 ГБк. Считайте, что при каждом акте распада излучается в среднем 1,8 гамма-фотонов с энергией 81,6 фДж каждый.	5
7	В чём главное отличие ядерных реакции на нейтронах от ядерных реакции, вызванных заряженными частицами? Почему нейтроны являются более эффективными снарядами для инициирования ядерных реакций, чем заряженные частицы?	5
8	Идентифицируйте частицу $x$ и рассчитайте энергию реакции ${}^7\text{Li}(x, n){}^7\text{Be}$ .	5



<b>Дмитровградский инженерно-технологический институт</b> – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  <b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b>	141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)  Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)
--	---

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 23

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Определите импульс отдачи электрона при эффекте Комптона, если фотон с	5

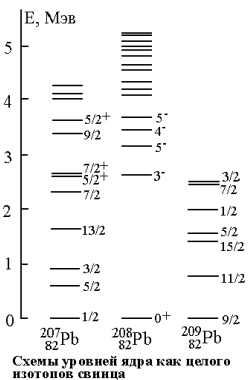
	энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол, равный 3,14 рад.	
2	Напишите недостающую частицу в следующей реакции: $\gamma + n \rightarrow p + e^-$ .	5
3	Какие ядра можно назвать дважды магическими? Приведите примеры пяти дважды магических ядер.	5
4	Вычислите дефект массы ядра, энергию связи ядра и энергию связи на нуклон ядра урана-238.	5
5	Активность препарата урана с массовым числом 238 равна 25 кБк, масса препарата 1 г. Найдите период полураспада.	5
6	Ядро углерода-14 выбросило электрон и антинейтрино. Определите полную энергию электронного распада ядра.	5
7	Сколько требуется времени нейтрону, обладающему энергией 1 МэВ, чтобы пройти сквозь ядро ${}_{92}^{235}\text{U}$ ?	5
8	Бомбардируя ядра одного химического элемента ядрами другого (соответствующим образом подобранного), можно получить (в принципе) любой элемент. Почему это открытие не используют для промышленного получения золота или платины?	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 24

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Электрон и позитрон, образованные фотоном с энергией 912 фДж, дают в камере Вильсона, помещённой в магнитное поле, траекторию с радиусом кривизны 30 мм. Найдите индукцию магнитного поля.	5
2	Выясните с помощью законов сохранения лептонного и барионного зарядов, возможна ли следующая реакция $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + e^+$ .	5
3	На рисунке приведены схемы уровней ядра как целого для трёх изотопов свинца. Почему у ядра ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ первый возбуждённый уровень расположен выше, чем у соседних изотопов?	5
4	Вычислите дефект массы ядра, энергию связи ядра и энергию связи на нуклон ядра бора-10.	5



5	Активность препарата фосфора-32 равна 185 кБк. Какова она будет через неделю?	5
6	Как можно отличить бета-электроны от электронов конверсии? Когда может наблюдаться парная конверсия?	5
7	Что такое сечение ядерной реакции? Какие виды сечений бывают? Является ли сечение реакции свойством только ядра мишени? Как связано сечение ядерной реакции с площадью поперечного сечения ядра?	5
8	На какое расстояние альфа-частица может приблизиться к ядру цинка? Скорость альфа-частицы составляет 15 Мм/с.	5

<p><b>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»</b></p> <p><b>(ДИТИ НИЯУ МИФИ)</b></p>	<p>141501 – Ядерные реакторы и материалы (код и наименование специальности)</p> <p>Кафедра ядерных реакторов и материалов (наименование кафедры)</p>
--	--

Дисциплина «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 25

№	Текст задачи или вопроса	Балл
1	Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол 3,14 рад? Энергия фотона до рассеяния была 40,8 фДж.	5
2	Какая энергия необходима для рождения нейтрон-антинейтронной пары?	5
3	На рисунке приведены схемы уровней ядра как целого для двух ядер. Почему эти схемы уровней так похожи?	5
4	Найдите минимальную энергию, необходимую для удаления один раз одного протона, а другой одного нейтрона из ядра урана-238.	5
5	Вычислите активность 1 г урана-238, свободного от продуктов распада, и сравните её с активностью 1 г радия-226.	5
6	Период полураспада полония-210 равен 12,1 мс. При испускании альфа-частицы полоний превращается в стабильный свинец. Сколько свинца образуется в 1 мг полония за 8,64 мс в результате распада?	5
7	Чем отличается сечение ядерной реакции от дифференциального сечения ядерной реакции и от макроскопического сечения ядерной реакции? Каковы единицы измерений всех названных сечений?	5
8	Определите кинетическую энергию ядра ${}^9\text{Be}$ , образующегося при пороговом значении энергии нейтрона в реакции ${}^{12}\text{C}(n, \alpha){}^9\text{Be}$ .	5

## 2.4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ

Для выполнения работы по проверке остаточных знаний по ядерной физике отводится 45 минут. Работа состоит из 32 заданий. К каждому заданию дается несколько ответов, из которых, в некоторых случаях, правильными могут оказаться более одного.

При выполнении тестовых заданий в бланке ответов указывается цифра, которая обозначает выбранный вами ответ, поставив знак «х» в соответствующей клеточке бланка для каждого задания

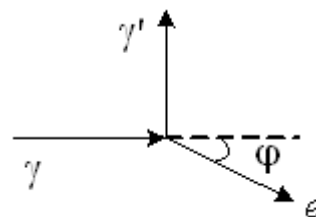
За каждое правильно решенное тестовое задание начисляется 0,1 балла. Пересчет в баллы, начисляемые по итогам проверки остаточных знаний, производится по соответствующей формуле.

### Тест проверки остаточных знаний № 1

ЗАДАНИЕ № 1. Натуральный логарифм двух равен ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 2; 2)  $e$ ; 3) 0,7; 4) 0,653; 5) **0,693**.

ЗАДАНИЕ № 2. На рисунке показаны направления падающего фотона ( $\gamma$ ), рассеянного фотона ( $\gamma'$ ) и электрона отдачи ( $e$ ). Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\varphi = 30^\circ$ . Если импульс падающего фотона  $3$  (МэВ·с)/м, то импульс электрона отдачи (в тех же единицах) равен...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $1,5\sqrt{3}$  (МэВ·с)/м; 2)  $\sqrt{3}$  (МэВ·с)/м; 3)

$2\sqrt{3}$  (МэВ·с)/м; 4) 1,5 (МэВ·с)/м.

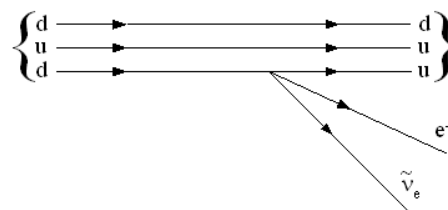
ЗАДАНИЕ № 3. Энергия покоя позитрона равна ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 0; 2) **0,511 МэВ**; 3) 1,022 МэВ; 4) 931,5 МэВ; 5) 939 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 4. Рассмотрим реакцию  $a + b \rightarrow c + d$ . Предположим, что частица  $b$  до реакции покоилась. Как запишется выражение для закона сохранения барионного заряда? ♦

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $q_a + q_b - q_c - q_d = 0$ ; 2)  $B_a + B_b - B_c - B_d = 0$ ; 3)  $L_a + L_b - L_c - L_d = 0$ ; 4)  $q_a - q_c - q_d = 0$ ; 5)  $B_a - B_c - B_d = 0$ ; 6)  $L_a - L_c - L_d = 0$ .

ЗАДАНИЕ № 5. На рисунке показана кварковая диаграмма электронного распада нуклона. Эта диаграмма соответствует распаду ...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 2)

$p \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 3)  $p \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 4)  $n \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ .

ЗАДАНИЕ № 6. В двух ядрах  ${}^7_4\text{Be}$  и  ${}^{15}_8\text{O}$ , протоны заменили нейтронами, а нейтроны протонами. Какие элементы образовались?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{11}_7\text{Na}$ ,  ${}^{23}_{15}\text{P}$ ; 2)  ${}^6_3\text{Li}$ ,  ${}^{14}_7\text{Na}$ ; 3)  ${}^7_{11}\text{Na}$ ,  ${}^{15}_{23}\text{V}$ ; 4)  ${}^7_3\text{Li}$ ,  ${}^{15}_7\text{Na}$ ; 5)  ${}^4_1\text{H}$ ,  ${}^{12}_5\text{B}$ .

ЗАДАНИЕ № 7. Ядерные силы между протоном и нейтроном осуществляются обменом виртуальными:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Фотонами; 2) Глюонами; 3) Мюонами; 4) **Пионам**.

ЗАДАНИЕ № 8. Какой модели ядра не существует:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Капельной; 2) Оболочечной; 3) **Планетарной**; 4) Сверхтекучей.

ЗАДАНИЕ № 9. Принцип Паули в конкретном применении к распределению электронов по уровням в ядре можно сформулировать как утверждение о том, что ...

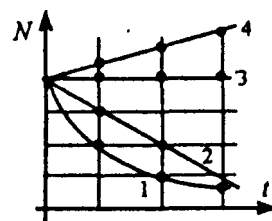
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) на каждом уровне может находиться только 1 нуклон;

- 2) на каждом уровне может находиться только 2 нуклон; 3) на каждом уровне может находиться только  $j$  нуклонов; 4) на каждом уровне может находиться только  $j + 1$  нуклонов; 5) на каждом уровне может находиться только  $(2j + 1)$  нуклонов; 6) на каждом уровне может находиться только  $2(2j + 1)$  нуклонов.

ЗАДАНИЕ № 10. Какой из графиков правильно выражает закон радиоактивного распада ядер?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

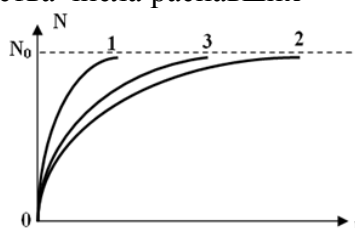
- 1) 1;  
2) 2;  
3) 3;  
4) 4.



ЗАДАНИЕ № 11. На рисунке представлен график зависимости количества числа распавшихся атомов для пяти радиоактивных элементов от времени. В каком из нижеприведенных соотношений, находятся их периоды полураспада?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1)  $T_1 > T_2 > T_3$ ;  
2)  $T_1 < T_2 < T_3$ ;  
3)  $T_1 > T_3 > T_2$ ;  
4)  $T_1 < T_3 < T_2$ ;  
5) Нельзя определить.

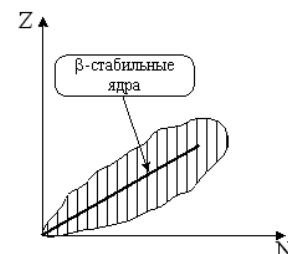


ЗАДАНИЕ № 12. Неподвижное ядро  ${}_{12}^{23}\text{Mg}$  испытывает  $\beta^+$ -распад. Какое из нижеприведенных выражений в результате этого распада справедливо?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Выделяется энергия 1229,58 МэВ; 2) Поглощается энергия 1229,58 МэВ; 3) Поглощается энергия 931,5 МэВ; 4) Поглощается энергия 2487,11 МэВ; 5) Выделяется энергия 3,17 МэВ.

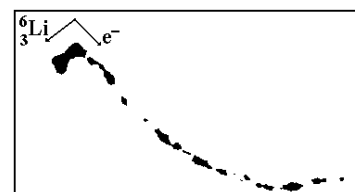
ЗАДАНИЕ № 13. На рисунке показана область существования  $\beta$ -активных ядер. Прямая линия соответствует равновесным значениям  $Z_\beta$ , соответствующим  $\beta$ -стабильным ядрам. Здесь  $Z$  – порядковый номер элемента, а  $N$  – число нейтронов в ядре. В области  $Z > Z_\beta$  ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) ядра обладают избытком нейтронов и  $\beta^+$ -активны; 2) ядра обладают избытком протонов и  $\beta^-$ -активны; 3) ядра обладают избытком протонов и  $\beta^+$ -активны; 4) ядра обладают избытком нейтронов и  $\beta^-$ -активны.



ЗАДАНИЕ № 14. Какой принципиальный вывод был сделан при анализе этой картины электронного распада?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Все сложно в этом мире; 2) законы сохранения теряют свою силу в микромире; 3) при электронном распаде вылетает еще и третья частица; 4) при фотографировании надо делать более длительную выдержку.



ЗАДАНИЕ № 15. Ядра с долгоживущим возбужденным состоянием называют...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) изобары; 2) изомеры; 3) изоспины; 4) изотопы.

ЗАДАНИЕ № 16. При  $\alpha$ -распаде...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) заряд ядра уменьшается на  $2e$ , масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.; 2) заряд ядра не изменяется, масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.; 3) заряд ядра уменьшается на  $2e$ , масса не изменяется; 4) заряд ядра уменьшается на 4  $e$ , масса ядра уменьшается на 2 а.е.м.

Тест проверки остаточных знаний № 1

ЗАДАНИЕ № 1. После испускания альфа-частицы, двух электронов, одного фотона и двух электронных антинейтрино, ядро, состоявшее ранее из 90 протонов и 144 нейтронов, будет иметь ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 87 протонов, 146 нейтронов; 2) 85 протонов, 144 нейтрона; 3) 88 протонов, 144 нейтрона; 4) 90 протонов, 140 нейтронов; 5) 90 протонов, 142 нейтрона.

ЗАДАНИЕ № 2. В периодической таблице Менделеева последовательно расположены три радиоактивных элемента X; Y; Z. В результате цепочки радиоактивных превращений, происходят следующие превращения:  $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ . Какие из нижеприведенных последовательностей радиоактивных превращений, удовлетворяют данной схеме?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\alpha$ ;  $\beta^-$ ;  $\beta^-$ ; 2)  $\beta^-$ ;  $\beta^-$ ;  $\alpha$ ; 3)  $\beta^-$ ;  $\alpha$ ;  $\beta^-$ ; 4)  $\alpha$ ;  $\beta^+$ ;  $\beta^-$ . 5) Такая ситуация не возможна.

ЗАДАНИЕ № 3. Если суммарная масса частиц, участвующих в реакции  $A + B \rightarrow X + Y$ , уменьшилась, то ...

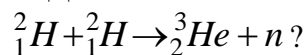
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) энергия не выделяется и не поглощается; 2) реакция идет с поглощением энергии; 3) реакция идет с выделением энергии; 4) ответ неоднозначен.

ЗАДАНИЕ № 4. Формула для порога эндотергической реакции имеет вид ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $E_{thr} = \frac{m_a + m_A}{m_A} |Q|$ ; 2)  $E_{thr} = \frac{m_A}{m_a + m_A} |Q|$ ; 3)  $E_{thr} = \frac{m_a}{m_A} |Q|$ ;

4)  $E_{thr} = \frac{m_A}{m_a} |Q|$ .

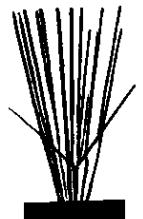
ЗАДАНИЕ № 5. Сколько энергии выделится при образовании 1 г гелия в результате реакции



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Примерно 360 кДж; 2) Примерно 360 МДж; 3) Примерно 360 Дж; 4) Энергия в данной реакции поглощается; 5) Реакция возможна только при достаточной энергии налетающего дейтерия.

ЗАДАНИЕ № 6. В некотором препарате происходит альфа-распад. Вылетающие из препарата альфа-частицы попадают в атмосферу, содержащую самые разные газы. С одним из ядер атомов альфа-частица испытывает столкновение. Этим ядром является ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^2_1\text{H}$ ; 2)  ${}^4_2\text{He}$ ; 3)  ${}^{14}_7\text{N}$ ; 4)  ${}^{16}_8\text{O}$ ; 5) по фотографии ничего сказать нельзя.



ЗАДАНИЕ № 7. Поток  $\alpha$ -частиц при своем движении в течение одной минуты создает в пространстве конвекционный ток 3,2 мА. Каково число этих частиц в данном пучке?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $12 \cdot 10^{17}$ ; 2)  $2 \cdot 10^{17}$ ; 3)  $1,2 \cdot 10^{17}$ ; 4)  $2 \cdot 10^{16}$ ; 5)  $6 \cdot 10^{16}$ .

ЗАДАНИЕ № 8. Определите, какую долю кинетической энергии теряет нейтрон при упругом столкновении с покоящимся ядром углерода C-12, если после столкновения частицы движутся вдоль одной прямой. Массу нейтрального атома углерода принять равной  $19,9272 \cdot 10^{-27}$  кг.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 0,288; 2) 0,332; 3) 0,466; 4) 0,178; 5) нет правильного ответа.

ЗАДАНИЕ № 9. Про такую зависимость сечения ядерной реакции с нейтроном говорят ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Сечение обратно пропорционально кинетической энергии нейтрона; 2) зависимость имеет стандартный

характер; 3)  $\sigma \sim \frac{1}{v}$ ; 4) такой вид зависимости невозможен.

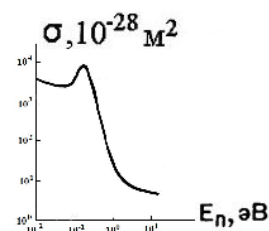




ЗАДАНИЕ № 10. Для какого элемента характерна такая зависимость сечения поглощения нейтронов от их энергии?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

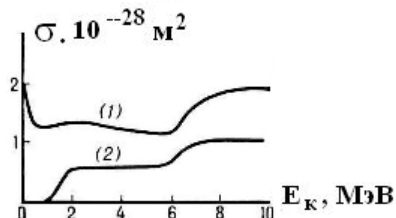
- 1)  $H$  ;
- 2)  $Fe$  ;
- 3)  $Cd$  ;
- 4)  $U$  ;
- 5) у всех так.



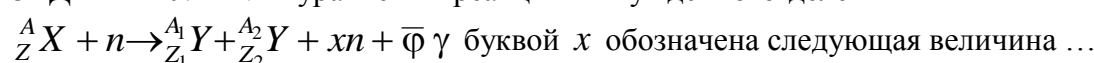
ЗАДАНИЕ № 11. Для каких изотопов урана характерна показанная на рисунке зависимость сечения деления?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) (1) – уран-235, (2) – уран-238; 2) (1) – уран-238, (2) – уран-235; 3) (1) – уран-233, (2) – уран-235; 4) (1) – уран-234, (2) – уран-238; 5) (1) – уран-235 по будним дням, (2) – уран-235 по выходным дням.

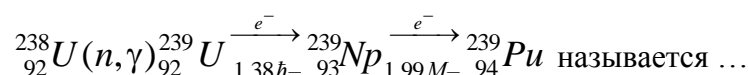


ЗАДАНИЕ № 12. В уравнении реакции вынужденного деления



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 2,5; 2)  $\nu$  ; 3)  $\bar{\nu}$  ; 4)  $\bar{\nu}_e$  ; 5) каждый автор имеет свое обозначение.

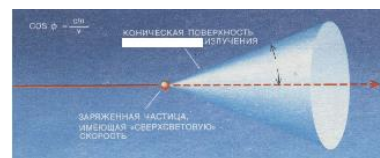
ЗАДАНИЕ № 13. Происходящая в атомном реакторе последовательность процессов



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) радиационным захватом; 2) реакцией накопления; 3) реакцией возрождения; 4) реакцией размножения; 5) каждый автор дает свое название.

ЗАДАНИЕ № 14. Из соображений секретности слишком ретивый работник убрал с рисунка одно слово. Но мы знаем, что это есть слово

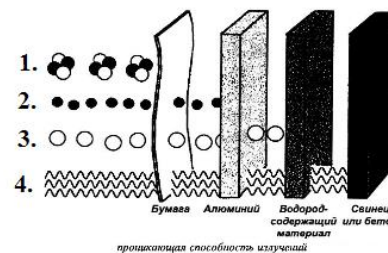
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) фотонного; 2) нейтронного; 3) курчатовского; 4) черенковского; 5) боюсь назвать, чтобы не разглашать секрет.



ЗАДАНИЕ № 15. Приведенный рисунок иллюстрирует разную проникающую способность различных излучений в веществе. Здесь ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

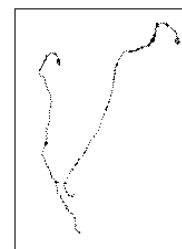
- 1) 1.  $\alpha$ , 2.  $\beta$ , 3.  $\gamma$ , 4.  $n$  ; 2) 1.  $\beta$ , 2.  $\gamma$ , 3.  $n$ , 4.  $\alpha$  ;
- 3) 1.  $\gamma$ , 2.  $n$ , 3.  $\alpha$ , 4.  $\beta$  ; 4) 1.  $n$ , 2.  $\alpha$ , 3.  $\beta$ , 4.  $\gamma$  ;
- 5) 1.  $\alpha$ , 2.  $\beta$ , 3.  $n$ , 4.  $\gamma$  .



ЗАДАНИЕ № 16. На рисунке показана траектория движения в веществе ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) фотонов;
- 2) нейтронов;
- 3) электронов;
- 4) протонов;
- 5) ядер гелия-4.



### Тест проверки остаточных знаний № 3

ЗАДАНИЕ № 1. Что такое  $\gamma$ -излучение?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) поток электронов; Б) поток протонов; В) поток ядер атомов гелия; Г) поток квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами.

ЗАДАНИЕ № 2. Что такое бета-излучение?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) поток отрицательно заряженных частиц; 2) поток коротковолнового электромагнитного излучения; 3) поток нейтронов.

ЗАДАНИЕ № 3. Какая из формул описывает зависимость сечения фотоэлектрического поглощения гамма фотонов веществом?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\sigma \sim \frac{Z}{E_\gamma}$ ; 2)  $\sigma \sim \frac{Z^2}{E_\gamma}$ ; 3)  $\sigma \sim Z^2 \ln \frac{E_\gamma}{2m_e c^2}$ ; 4)  $\sigma \sim \frac{Z^5}{E_\gamma^{3,5}}$ .

ЗАДАНИЕ № 4. Какое утверждение в отношении эффекта Мессбауэра является ложным?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Импульс отдачи вылетающего фотона передаётся всему кристаллу; 2) Ширина спектральной линии определяется эффектом Доплера; 3) Вероятность эффекта Мессбауэра увеличивается при понижении температуры кристалла. 4) Спектры излучения и поглощения мессбауровских фотонов одним и тем же кристаллом совпадают.

ЗАДАНИЕ № 5. Электромагнитное, фотонное ионизирующее излучение это...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) гамма  $\gamma$ -излучение, нейтронное излучение; 2) альфа ( $\alpha$ ), гамма  $\gamma$ -излучение; 3) нейтронное излучение, рентгеновское излучение; 4) гамма  $\gamma$ -излучение, рентгеновское излучение.

ЗАДАНИЕ № 6 Первичным актом действия ионизирующего излучения является...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) возбуждение и ионизация молекул, в результате чего возникают свободные радикалы (прямое действие излучения); 2) возбуждение и ионизация молекул, в результате чего возникают одиночные атомы (косвенное действие излучения); 3) возбуждение и ионизация молекул, в результате чего возникают явления теплового излучения (прямое и косвенное действия).

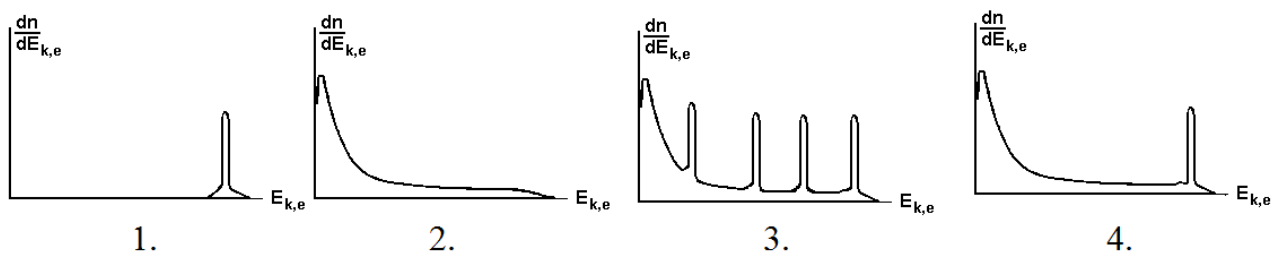
ЗАДАНИЕ № 7. Что такое  $\beta^+$ -излучение?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) это поток позитронов; 2) это поток протонов; 3) это поток ядер атомов гелия; 4) это поток квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами.

ЗАДАНИЕ № 8. Какой заряд имеет  $\beta^-$ -частица:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) отрицательный; 2) положительный; 3) нейтральный.

ЗАДАНИЕ № 9. Какой из рисунков правильно отражает спектр электронов вторичной эмиссии?



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 4; 2) 3; 3) 2; 4) 1.

ЗАДАНИЕ № 10. Угол к направлению движения электрона, под которым излучается черенковское излучение, определяется по формуле...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\operatorname{tg} \theta = \frac{c_0}{nv}$ ; 2)  $\sin \theta = \frac{c_0}{nv}$ ; 3)  $\sin \theta = \frac{nc_0}{v}$ ; 4)  $\cos \theta = \frac{c_0}{nv}$ ; 5)

$$\cos \theta = \frac{nc_0}{v}.$$

ЗАДАНИЕ № 11. Бета-минус-излучение представляет собой поток ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) протонов; 2) ядер атомов гелия; 3) электронов; 4) фотонов, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбуждённого состояния в основное.

ЗАДАНИЕ № 12. Бета-плюс-излучение представляет собой поток ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) протонов; 2) ядер атомов гелия; 3) позитронов; 4) фотонов, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбуждённого состояния в основное.

ЗАДАНИЕ № 13. Один из видов радиоактивного излучения представляет собой является поток быстро движущихся электронов. Это ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) альфа-излучение; 2) бета-плюс-излучение; 3) бета-минус-излучение; 4) гамма-излучение.

ЗАДАНИЕ № 14. Что такое бета-частицы и гамма-излучение?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Бета-частицы - это ядра атомов гелия, имеющие двойной положительный заряд, а гамма-излучение - это высокоэнергетичное фотонное излучение; 2) Бета-частицы - это электроны, обладающие большой проникающей способностью, а гамма-излучение - это поток ядер гелия; 3) Бета-частицы - это быстрые электроны, образующиеся при превращении нейтронов в протоны, а гамма-излучение - это фотонное излучение наибольшей энергии; 4) Бета-частицы - это медленные электроны, а гамма-излучение - это высокоэнергетичные фотоны с самой большой проникающей способностью.

ЗАДАНИЕ № 15. Что такое альфа-излучение?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Это поток положительно заряженных частиц; 2. Это поток отрицательно заряженных частиц; 3. Это поток нейтронов.

ЗАДАНИЕ № 16. Альфа-излучение представляет собой поток ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) ядер атомов гелия; 2) электронов; 3) протонов; 4) фотонов, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбуждённого состояния в основное.

#### Тест проверки остаточных знаний № 4

ЗАДАНИЕ № 1. С помощью опытов Резерфорд установил, что...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) положительный заряд распределён равномерно по всему объёму атома; 2) положительный заряд сосредоточен в центре атома и занимает очень малый объём; 3) в состав атома входят электроны; 4) атом не имеет внутренней структуры.

ЗАДАНИЕ № 2. В опыте Резерфорда по изучению структуры атома альфа-частица отклоняется от прямолинейной траектории под действием...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) гравитационного взаимодействия; 2) магнитного взаимодействия;

3) электрического взаимодействия; 4) ядерного (сильного) взаимодействия.

ЗАДАНИЕ № 3. При проведении опыта Резерфорда по рассеянию альфа-частиц при взаимодействии с атомами металлов было обнаружено, что примерно одна из двух тысяч альфа-частиц отклонилась на угол, больше  $90^\circ$ . Этот результат позволил Резерфорду сделать вывод, что...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) атом имеет значительно меньшие размеры, чем считалось до проведения этих опытов; 2) весь положительный заряд и масса сосредоточены в очень малой области пространства атома; 3) весь отрицательный заряд и масса сосредоточены в очень малой области пространства атома; 4) размеры альфа-частиц значительно меньше размеров атомов исследуемых металлов.

ЗАДАНИЕ № 4. В опытах Резерфорда, которые привели к созданию планетарной модели атома, применялись...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) протоны; 2) альфа-частицы; 3) нейтроны; 4) бета-частицы.

ЗАДАНИЕ № 5. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц подтвердили, что...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) атом является нейтральным; 2) альфа-частицы являются ядрами атомов гелия; 3) атом имеет ядро, размеры которого значительно меньше размеров самого атома; 4) размер электрона намного меньше размеров ядра атома.

ЗАДАНИЕ № 6. В опытах Резерфорда по рассеянию альфа-частиц при их прохождении через золотую фольгу было обнаружено, что только одна примерно из  $10^5$  частиц отклоняется на угол больше  $90^\circ$ . Какая из перечисленных гипотез лучше соответствует этим опытам?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) масса альфа-частиц в  $10^5$  раз меньше массы ядра золота; 2) скорость альфа-частицы в  $10^5$  раз меньше скорости электронов в атоме; 3) размеры ядра в  $10^5$  раз меньше размеров сечения атома; 4) 99 999 из 100 000 альфа-частиц поглощаются фольгой.

ЗАДАНИЕ № 7. В опыте Резерфорда большая часть альфа-частиц свободно проходит сквозь фольгу, испытывая малые отклонения от прямолинейной траектории. Можно ли сделать вывод, что...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) альфа-частицы имеют массу больше массы атома; 2) в атоме имеется ядро, размеры которого значительно меньше размеров атома; 3) заряд ядра равен заряду альфа-частицы; 4) заряд электронов равен заряду альфа-частицы.

ЗАДАНИЕ № 8. Какова, в сравнении со скоростью света в вакууме  $c$ , скорость распространения альфа-лучей?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) больше  $c$ ; 2) меньше  $c$ ; 3) такая же.

ЗАДАНИЕ № 9. Укажите элемент, являющийся источником альфа-частиц, для схемы опыта Резерфорда.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) свинцовый цилиндр с узким каналом; 2) радиоактивное вещество; 3) тонкая фольга; 4) экран, покрытый люминофором; 5) микроскоп.

ЗАДАНИЕ № 10. Укажите элемент схемы опыта Резерфорда, формирующий пучок альфа-частиц:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) свинцовый цилиндр с узким каналом; 2) радиоактивное вещество; 3) тонкая фольга; 4) экран, покрытый люминофором; 5) микроскоп.

ЗАДАНИЕ № 11. Укажите элемент схемы опыта Резерфорда, который служит для регистрации альфа-частиц.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) свинцовый цилиндр с узким каналом; 2) радиоактивное вещество; 3) тонкая фольга; 4) экран, покрытый люминофором; 5) микроскоп.

ЗАДАНИЕ № 12. Схема какого опыта изображена на рисунке?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) опыт Столетова по фотоэффекту; 2) опыт Резерфорда по строению атома; 3) опыт Лебедева по давлению света; 4) опыт Рентгена по изучению рентгеновских лучей.

ЗАДАНИЕ № 13. Корпускулярное ионизирующее излучение – это...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) альфа-, гамма-излучение; 2) гамма-, бета-излучение; 3) альфа-, бета-излучение; 4) гамма-излучение.

ЗАДАНИЕ № 14. Наибольшая проникающая способность ионизирующего излучения – это...

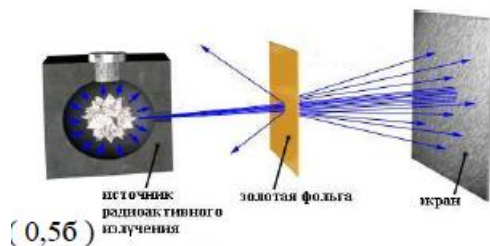
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электромагнитное излучение сверхвысоких частот переменного тока; 2) бета-излучение; 3) гамма-излучение; 4) альфа-излучение.

ЗАДАНИЕ № 15. Какой вид излучения альфа, бета, гамма обладает наименьшей проникающей способностью?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) альфа-излучение; 2) бета-излучение; 3) гамма-излучение; 4) проникающая способность всех указанных видов излучений одинакова; 5) альфа- и бета-излучение.

ЗАДАНИЕ № 16. Какое из трёх типов излучений: альфа, бета или гамма обладают наибольшей проникающей способностью?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электромагнитное излучение сверхвысоких частот переменного тока; 2) бета-излучение; 3) гамма-излучение; 4) альфа-излучение.



### Тест проверки остаточных знаний № 5

ЗАДАНИЕ № 1. Уравнения ядерных реакций не содержат сведений о...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) направлении протекания реакции; 2) скорости протекания реакции; 3) массах частиц участвующих в реакциях; 4) нуклонном составе частиц участвующих в реакциях.

ЗАДАНИЕ № 2. В каких из следующих реакций нарушен закон сохранения заряда?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\gamma + {}_8^{15}\text{O} \rightarrow {}_1^1\text{H} + {}_8^{14}\text{O}$ ; 2)  ${}_3^6\text{Li} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_2^3\text{He}$ ; 3)  ${}_2^3\text{He} + {}_2^3\text{He} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_1^1\text{H} + {}_1^1\text{H}$ ; 4)  ${}_3^7\text{Li} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^1\text{n}$ .

ЗАДАНИЕ № 3. В каком из приведённых ниже уравнений ядерных реакций нарушен закон сохранения барионного заряда? Выберите правильный ответ.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_{1}^{1}\text{H}$ ; 2)  ${}_{7}^{15}\text{N} + {}_{1}^{1}\text{H} \rightarrow {}_{5}^{11}\text{B} + {}_{2}^{4}\text{He}$ ; 3)  ${}_{4}^{9}\text{Be} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{0}^{1}\text{n}$ .

ЗАДАНИЕ № 4. Макроскопическим сечением реакции называется ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) сечение реакции, наблюдаемой в микроскоп; 2) выражение  $\Sigma = N\sigma$ ; 3) выражение  $\Sigma = n\sigma$ ; 4) выражение  $\Sigma = v\sigma$ ;

ЗАДАНИЕ № 5. Если суммарная масса частиц, участвующих в реакции  $A + B \rightarrow X + Y$ , увеличилась, то ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) энергия не выделяется и не поглощается; 2) реакция идет с поглощением энергии; 3) реакция идет с выделением энергии; 4) ответ неоднозначен.

ЗАДАНИЕ № 6. Ядерная реакция:  ${}_{4}^{9}\text{Be} + ? \rightarrow 2{}_{2}^{4}\text{He} + {}_{0}^{1}\text{n}$  протекает под действием частицы, которая называется ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) нейтрон; 2) протон; 3) альфа-частица; 4) фотон.

ЗАДАНИЕ № 7. Ядро гольмия  ${}_{67}^{153}\text{Ho}$ , захватив электрон, испустило альфа-частицу и фотон. В результате образовалось ядро...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}_{64}^{150}\text{Gd}$ ; 2)  ${}_{65}^{148}\text{Tb}$ ; 3)  ${}_{69}^{150}\text{Tm}$ ; 4)  ${}_{64}^{149}\text{Gd}$ .

ЗАДАНИЕ № 8. Выделяется или поглощается энергия в ядерной реакции  $p + {}_{3}^{6}\text{Li} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{2}^{3}\text{He}$ ? Массы ядер и частиц в а.е.м. соответственно равны:  $m({}_{3}^{6}\text{Li}) = 6,01513$ ;  $m({}_{1}^{1}\text{H}) = 1,00728$ ;  $m({}_{2}^{4}\text{He}) = 4,00260$ ;  $m({}_{2}^{3}\text{He}) = 3,01602$ .

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) поглощается, т.к.  $\Delta m < 0$ ; 2) выделяется, так как  $\Delta m < 0$ ; 3) выделяется, так как  $\Delta m > 0$ ; 4) поглощается, так как  $\Delta m > 0$ .

ЗАДАНИЕ № 9. Протоны  ${}_{1}^{1}\text{H}$  (1,008) с пренебрежимо малой кинетической энергией могут вызвать реакцию деления лития  ${}_{3}^{7}\text{Li}$  (7,016) на две альфа-частицы  ${}_{2}^{4}\text{He}$  (4,003). Обе альфа-частицы в этом случае имеют суммарную кинетическую энергию...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 17 МэВ; 2) 21 МэВ; 3) 27 МэВ; 4) 32 МэВ; 5) 0.

ЗАДАНИЕ № 10. При поглощении протона ядро тория  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  превращается в ядро франция  ${}_{87}^{212}\text{Fr}$ , выбрасывая протоны и нейтроны. Сколько протонов и сколько нейтронов образуется при этой реакции?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 3 протона и 20 нейтронов; 2) 3 протона и 17 нейтронов; 3) 4 протона и 21 нейтрон; 4) 4 протона и 17 нейтронов.

ЗАДАНИЕ № 11. В реакции  $p + {}_{3}^{6}\text{Li} \rightarrow {}_{2}^{3}\text{He} + {}_{2}^{4}\text{He}$  масса исходных продуктов превышает массу конечных продуктов на 0,004296 а. е. м. При этом...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) выделяется 4 МэВ энергии; 2) поглощается 4 МэВ энергии; 3) выделяется 2 МэВ энергии; 4) поглощается 2 МэВ энергии.

ЗАДАНИЕ № 12. В процессе ядерной реакции ядро поглощает протон и испускает альфа-частицу. В результате массовое число ядра...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) увеличится на 3 единицы; 2) увеличится на 1 единицу; 3) не изменится; 4) уменьшится на 1 единицу; 5) уменьшится на 3 единицы.

ЗАДАНИЕ № 13. Масса ядра дейтерия  ${}_{1}^{2}\text{H}$  равна 2,0141 а.е.м. Масса ядра трития  ${}_{1}^{3}\text{H}$  равна 2,0141 а.е.м. Масса ядра гелия  ${}_{2}^{4}\text{He}$  равна 2,0141 а.е.м. В результате термоядерной реакции  ${}_{1}^{2}\text{H} + {}_{1}^{3}\text{H} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{0}^{1}\text{n}$  выделится энергия...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 1,03 МэВ; 2) 957 МэВ; 3) 17,7 МэВ; 4) 0,019 МэВ.

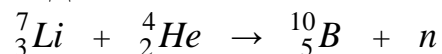
ЗАДАНИЕ № 14. Энергия ядерной реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H}$  равна:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) -18,3 МэВ; 2) -3,5 МэВ; 3) 18,3 МэВ; 4) 3,5 МэВ; 5) -6,9 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 15. Минимальная энергия налетающей альфа-частицы, необходимая для осуществления ядерной реакции  ${}^4_2\text{He} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^{10}_5\text{O} + n$  (10,012937), равна

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 2,78 МэВ; 2) 4,38 МэВ; 3) 1,01 МэВ; 4) 5,56 МэВ; 5) 4,64 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 16. Поглощается или выделяется энергия при ядерной реакции



6533,9 3727,4 9327,1 939,6

Под символами частиц указаны их энергии покоя в МэВ.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) выделяется 5,4 МэВ; 2) выделяется 20 528 МэВ; 3) поглощается 5,4 МэВ; 4) поглощается 20 528 МэВ.

### Тест проверки остаточных знаний № 6

ЗАДАНИЕ № 1. При бомбардировке некоторого элемента альфа-частицами, выбрасывается нейтрон и образуется элемент, который после позитронного распада превращается в изотоп  ${}^{13}_6\text{C}$ . Какой элемент подвергся облучению?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{10}_3\text{Li}$ ; 2)  ${}^9_5\text{B}$ ; 3)  ${}^{10}_5\text{B}$ ; 4)  ${}^{14}_7\text{N}$ ; 5)  ${}^{16}_8\text{O}$ .

ЗАДАНИЕ № 2. Массы ядер и частиц (в а.е.м.):  $m_N = 14,00307$ ,  $m_{\text{He}} = 4,00260$ ,  $m_o = 16,99913$ ,  $m_n = 1,00728$ . Энергия ядерной реакции  ${}^4_2\text{He} + {}^{17}_7\text{N} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + p$  равна ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 0,69 МэВ; 2) 1,20 МэВ; 3) -0,77 МэВ; 4) -0,69 МэВ; 5) -1,20 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 3. Ядро атома алюминия  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ , захватывая альфа-частицу, образует радиоактивный элемент, выбрасывая при этом нейтрон. Образовавшийся элемент испускает позитрон и превращается в изотоп некоторого ядра. Насколько число нейтронов в образовавшемся элементе отличается от числа нейтронов в первоначальном элементе?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) на один нейтрон больше; 2) на один нейтрон меньше; 3) на два нейтрона больше; 4) на два нейтрона меньше; 5) число нейтронов одинаково.

ЗАДАНИЕ № 4. Какова сила взаимодействия альфа-частицы с ядром атома меди Cu, пролетающей от ядра на расстоянии 10 пм, при бомбардировке альфа-частицами медной фольги?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 130 мкН; 2) 840 нН; 3) 130 фН; 4) 650 мкН.

ЗАДАНИЕ № 5. Вблизи тяжелого неподвижного ядра пролетела альфа-частица по гиперболической траектории. Сохраняются ли: а) орбитальный момент импульса частицы относительно центра ядра; б) ее полная энергия?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) а) да, б) да; 2) а) нет, б) нет; 3) а) да, б) нет; 4) а) нет, б) да.

ЗАДАНИЕ № 6. На рисунке показана альфа-частица, приближающаяся к ядру атома. По какой траектории (А-Г) она полетит через атом?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г.

ЗАДАНИЕ № 7. Масса ядра дейтерия  ${}^2_1\text{H}$  на  $3,9 \cdot 10^{-30}$  кг меньше суммы масс нейтрона и протона. Сколько энергии выделяется при ядерной реакции  $n + p \rightarrow {}^2_1\text{H} + \gamma$ ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $3,9 \cdot 10^{-30}$  Дж; 2)  $11,7 \cdot 10^{-22}$  Дж; 3)  $3,5 \cdot 10^{-13}$  Дж; 4)  $1,75 \cdot 10^{-13}$  Дж.

ЗАДАНИЕ № 8. Когда ядро  ${}^{10}\text{B}$  бомбардируют нейтронами, нейтрон поглощается этим ядром, а из него вылетает альфа-частица ( ${}^4\text{He}$ ). Кинетическая энергия продуктов этой ядерной реакции равна:



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) кинетической энергии падающего нейтрона; 2) общей энергии падающего нейтрона; 3) энергии, эквивалентной уменьшению массы при реакции; 4) энергии, эквивалентной уменьшению массы при реакции, минус кинетическая энергия падающего нейтрона; **5) энергии, эквивалентной уменьшению массы при реакции, плюс кинетическая энергия падающего нейтрона.**

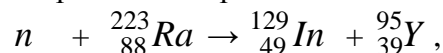
ЗАДАНИЕ № 9. Какие ядра в наименьшей степени поглощают электроны?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) водород; **2) дейтерий**; 3) углерод.

ЗАДАНИЕ № 10. Определите, какую долю кинетической энергии теряет нейтрон при упругом столкновении с покоящимся ядром углерода  $^{12}\text{C}$ , если после столкновения частицы движутся вдоль одной прямой. Массу нейтрального атома углерода принять равной  $19,9272 \times 10^{-27}$  кг.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: **1) 0,288**; 2) 0,332; 3) 0,466; 4) 0,178; 5) нет правильного ответа.

ЗАДАНИЕ № 11. Возможна ли ядерная реакция, приведённая ниже, с точки зрения закона сохранения энергии? Под символами частиц указаны их атомные массы (в а. е. м.).



1,01 223,02 128,92 94,91,

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) возможна; 2) невозможна; **3) возможна при очень большой энергии нейтрона**; 4) невозможна, так как это реакция деления.

ЗАДАНИЕ № 12. При бомбардировке некоторого элемента нейтронами образуется  $\beta$ -радиоактивный элемент и протон. В результате  $\beta$ -распада образовавшегося элемента образуется  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ . Какой из нижеприведённых элементов подвергался бомбардировке нейтронами?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{56}_{25}\text{Mn}$ ; 2)  ${}^{58}_{27}\text{Co}$ ; 3)  ${}^{56}_{28}\text{Ni}$ ; **4)  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$** ; 5)  ${}^{57}_{28}\text{Ni}$ .

ЗАДАНИЕ N 13. Ядро урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , захватив нейтрон, делится на два осколка:  ${}^{140}_{55}\text{Cs}$  и  ${}^{94}_{37}\text{Rb}$ .

Сколько нейтронов выделяется в такой ядерной реакции деления?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 0; 2) 1; **3) 2**; 4) 3; 5) 4.

ЗАДАНИЕ № 14. При радиоактивном распаде урана протекает ядерная реакция:  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0n \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + X + 3{}_0^1n$ . При этом образуется изотоп...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{92}_{51}\text{Sb}$ ; 2)  ${}^{93}_{51}\text{Sb}$ ; **3)  ${}^{92}_{36}\text{Kr}$** ; 4)  ${}^{90}_{36}\text{Kr}$ ; 5)  ${}^{145}_{56}\text{Ba}$ .

ЗАДАНИЕ № 15. Какую энергию можно получить в реакции деления 1 г урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , если при делении одного ядра урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , выделяется энергия, равная 32 пДж?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 3,2 кДж; 2) 64 кДж; 3) 1,6 МДж; **4) 82 ГДж**; 5) 9,6 ТДж;

ЗАДАНИЕ № 16. Изотоп  ${}^{92}\text{U}$  захватывая нейтрон, превращается в ядро, подверженное электронному распаду, которое после двух электронных распадов, превращается в изотоп плутония  ${}^{239}\text{Pu}$ . Каково массовое число изотопа урана и сколько нейтронов в полученном изотопе плутония?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) массовое число урана 238; число нейтронов в плутонии 146; 2) массовое число урана 239; число нейтронов в плутонии 147; **3) массовое число урана 238; число нейтронов в плутонии 145**; 4) массовое число урана 237; число нейтронов в плутонии 146; 5) массовое число урана 238; число нейтронов в плутонии 94.

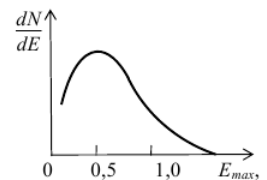
### Тест проверки остаточных знаний № 7

ЗАДАНИЕ №1. Излучение ядрами электронов объясняется тем, что в атомных ядрах...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электрон и протон соединяются, образуя нейтрон; 2) содержатся электроны, которые могут вылететь из ядра; **3) нейтрон распадается на протон и электрон**; 4) протон распадается на нейтрон и электрон.

ЗАДАНИЕ № 2. Какому радиоактивному распаду соответствует график, изображённый на рисунке?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) альфа-распаду; 2) бета-распаду; 3) гамма-распаду.



ЗАДАНИЕ № 3. Какое квантовое число может не сохраняться при слабых распадах ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) спин; 2) барионный заряд; 3) странность; 4) лептонный заряд.

ЗАДАНИЕ № 4. При электронном распаде калия  ${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow \text{Y} + e^- + \bar{\nu}_e$  в дочернем ядре Y ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) число протонов уменьшится на 1, число нейтронов увеличится на 1; 2) число протонов уменьшится на 1, число нейтронов уменьшится на 1; 3) число протонов увеличится на 1, число нейтронов уменьшится на 1; 4) число протонов увеличится на 1, число нейтронов увеличится на 1.

ЗАДАНИЕ № 5. Нагретый газ, содержащий изотоп углерода  ${}^15_6\text{C}$ , излучает свет. Этот изотоп испытывает электронный распад с периодом полураспада 2,5 с. Как изменится спектр излучения всего газа за 5 с?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) спектр углерода исчезнет и заменится спектром азота  ${}^{15}_7\text{N}$ ; 2) спектр станет ярче из-за выделяющейся энергии; 3) спектр сдвинется из-за уменьшения числа атомов углерода; 4) спектр углерода станет менее ярким, и добавятся линии азота  ${}^{15}_7\text{N}$ .

ЗАДАНИЕ № 6. Неподвижное ядро  ${}^{23}_{12}\text{Mg}$  испытывает позитронный распад. Какое из нижеприведённых выражений в результате этого распада справедливо?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) выделяется энергия 1229,58 МэВ; 2) поглощается энергия 1229,58 МэВ; 3) поглощается энергия 931,5 МэВ; 4) поглощается энергия 2487,11 МэВ; 5) выделяется энергия 3,17 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 7. Ядро атома изотопа кислорода  ${}^{15}_8\text{O}$  претерпевает позитронный  ${}^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^{15}_7\text{N} + e^+ + \nu_e$ . Масса атома  ${}^{15}_8\text{O}$  равна 15,003072 а.е.м., кинетическая энергия родившегося позитрона 80 фДж. Если кинетическая энергия образовавшегося ядра пренебрежимо мала, то энергия нейтрино равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $19,9 \times 10^{-14}$  Дж; 2)  $1,99 \times 10^{-14}$  Дж; 3)  $26,6 \times 10^{-14}$  Дж; 4)  $2,66 \times 10^{-14}$  Дж; 5) нет правильного ответа.

ЗАДАНИЕ № 8. Нейтрино возникает при радиоактивных превращениях...

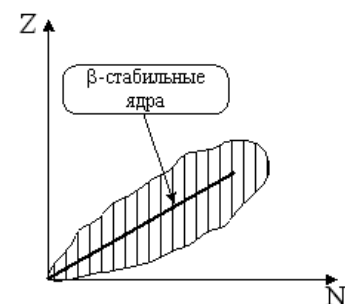
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) бета-плюс-распаде; 2) альфа-распаде; 3) бета-минус-распаде; 4) электронном захвате; 5) гамма-излучении.

ЗАДАНИЕ № 9. Какое или какие из нижеприведённых утверждений несправедливо? При бета-распаде: I. Изменяется массовое число. II. Изменяется массовое число и порядковый номер элемента. III. Изменяется порядковый номер элемента. IV. Ни массовое число, ни порядковый номер не изменяются.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) только III; 2) только II; 3) только I; 4) I и III; 5) I; II и I.

ЗАДАНИЕ № 10. На рисунке показана область существования  $\beta$ -активных ядер. Прямая линия соответствует равновесным значениям  $Z_\beta$ , соответствующим  $\beta$ -стабильным ядрам. Здесь  $Z$  – порядковый номер элемента, а  $N$  – число нейтронов в ядре. В области  $Z < Z_\beta$ ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) ядра обладают избытком нейтронов и склонны к электронному распаду; 2) ядра обладают избытком нейтронов и склонны позитронному распаду; 3) ядра обладают избытком протонов и склонны к позитронному распаду; 4) ядра обладают избытком протонов и склонны электронному распаду.



ЗАДАНИЕ № 11. Примером электронного захвата может быть превраще-



ние бериллия  ${}^7_4\text{Be}$  в ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^8_4\text{Be}$ ; 2)  ${}^6_4\text{Be}$ ; 3)  ${}^6_3\text{Li}$ ; 4)  ${}^7_3\text{Li}$ .

ЗАДАНИЕ № 12. Покоящийся изотоп неона  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ , переходя из возбуждённого состояния в основное, испускает фотон с частотой  $3,1 \cdot 10^{20}$  Гц. Какую кинетическую энергию приобретёт изотоп в данном процессе? Ответ округлите.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 10 эВ; 2) 20 эВ; 3) 30 эВ; 4) 40 эВ; 5) 50 эВ.

ЗАДАНИЕ № 13. Ядра с долгоживущим возбуждённым состоянием называют...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) изоспины; 2) изотопы; 3) **изомеры**; 4) изобары.

ЗАДАНИЕ № 14. Ядро бария  ${}^{143}_{56}\text{Ba}$  в результате испускания нейтрона, а затем электрона, превратилось в ядро...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{145}_{56}\text{Ba}$ ; 2)  ${}^{142}_{57}\text{La}$ ; 3)  ${}^{143}_{58}\text{Ce}$ ; 4)  ${}^{144}_{55}\text{Cs}$ .

ЗАДАНИЕ № 15. Как изменяется период полураспада альфа-радиоактивных ядер  ${}^{238}_{92}\text{U}$  при нагревании?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) возрастает; 2) убывает; 3) **не изменяется**.

ЗАДАНИЕ № 16. При альфа-распаде неподвижного ядра полония  ${}^{218}_{84}\text{Po}$  кинетическая энергия альфа-частицы равна 5,91 МэВ. Кинетическая энергия дочернего ядра, образующегося в основном состоянии при этом распаде, составляет...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 0,14 МэВ; 2) **0,11 МэВ**; 3) 5,91 МэВ; 4) 1,48 МэВ; 5) 0,54 МэВ.

### Тест проверки остаточных знаний № 8

ЗАДАНИЕ № 1. Тяжелое ядро с массовым числом  $A$  испускает альфа-частицу с кинетической энергией  $E_{k\alpha}$ . Определите выделяющуюся в этой реакции.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $E_{k\alpha} - 931,5A$ ; 2)  $\frac{A}{A-4} E_{k\alpha}$ ; 3)  $\frac{A-4}{A} E_{k\alpha}$ ; 4)  $\frac{A}{A+4} E_{k\alpha}$ ; 5)  $\frac{A+4}{A} E_{k\alpha}$ .

ЗАДАНИЕ № 2. Неизвестный радиоактивный химический элемент самопроизвольно распадается по схеме:  $X \rightarrow {}^{137}_{72}\text{Te} + {}^{97}_{40}\text{Zr} + 2n$ . Ядро этого элемента содержит...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) **92 протона и 144 нейтрона**; 2) 94 протона и 144 нейтрона; 3) 92 протона и 142 нейтрона; 4) 94 протона и 142 нейтрона.

ЗАДАНИЕ № 3. Возможен ли приведённый ниже распад? Под символами частиц указаны их атомные массы (в а. е. м.).

1)  ${}^6_3\text{Li} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^3_1\text{H}$ ;

2) 6,02 3,02 3,02.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) возможен; 2) не возможен, так как нарушен закон сохранения электрического заряда; 3) не возможен, так как нарушен закон сохранения массового числа; 4) **не возможен, так как нарушен закон сохранения энергии**.

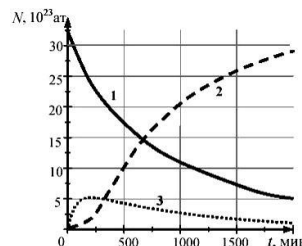
ЗАДАНИЕ № 4. Какую энергию можно получить в реакции деления 1 г урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , если при делении одного ядра урана-235 выделяется энергия, равная  $3,2 \cdot 10^{-11}$  Дж?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $3,2 \cdot 10^3$  Дж; 2)  $6,4 \cdot 10^4$  Дж; 3)  $1,6 \cdot 10^6$  Дж; 4)  **$8,2 \cdot 10^{10}$  Дж**; 5)  $9,6 \cdot 10^{12}$  Дж.

ЗАДАНИЕ № 5. После серии альфа- и бета-распадов, первоначальное ядро превращается в ядро, имеющее на 27 нейтронов меньше, чем первоначальное. Определите суммарное число радиоактивных бета-распадов, если число распадов и альфа-распадов одинаково?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 9; 2) **18**; 3) 27; 4) 54; 5) такая серия превращений невозможна.

ЗАДАНИЕ № 6. Платина  ${}^{200}_{78}\text{Pt}$  в результате одного электронного распада переходит в радиоактивный изотоп золота  ${}^{200}_{79}\text{Au}$ , который затем превращается в стабильный изотоп ртути  ${}^{200}_{80}\text{Hg}$ . На рисунке приведены графики изменения числа атомов этих веществ с течением времени. Какой из графиков может относиться к изотопу платины?



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) график 1; 2) график 2; 3) график 3; 4) ни один из графиков.

ЗАДАНИЕ № 7. В периодической таблице Менделеева последовательно расположены три радиоактивных элемента  $X, Y, Z$ . В результате цепочки радиоактивных превращений, происходят следующие превращения:  $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ . Какие из нижеприведённых последовательностей радиоактивных превращений, удовлетворяют данной схеме?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\alpha$ ;  $e^-$ ;  $e^-$ ; 2)  $e^-$ ;  $e^-$ ;  $\alpha$ ; 3)  $e^-$ ;  $\alpha$ ;  $e^-$ ; 4)  $\alpha$ ;  $e^+$ ;  $e^-$ ; 5) такая ситуация невозможна.

ЗАДАНИЕ № 8. В образце, содержащем изотоп нептуния  ${}^{237}_{93}\text{Np}$ , происходят реакции превращения его в уран  ${}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{91}\text{Pa} \rightarrow {}^{233}_{92}\text{U}$ . При этом регистрируются следующие виды радиоактивного излучения:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) только альфа-частицы; 2) только электроны; 3) и альфа-частицы, и электроны; 4) только фотоны.

ЗАДАНИЕ № 9. Ядро изотопа  ${}^{211}_{83}\text{Bi}$  образовалось после последовательных альфа и электронного распадов из ядра изотопа ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{215}_{82}\text{Pb}$ ; 2)  ${}^{215}_{84}\text{Po}$ ; 3)  ${}^{213}_{84}\text{Po}$ ; 4)  ${}^{213}_{85}\text{At}$ ; 5)  ${}^{211}_{85}\text{At}$ .

ЗАДАНИЕ № 10. После пяти бета-распадов и нескольких альфа-распадов, первоначальное ядро занимает позицию в периодической таблице на 13 единиц меньше первоначального. Как изменилось массовое число в результате этих распадов?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) уменьшилось на 36; 2) увеличилось на 36; 3) увеличилось на 16; 4) уменьшилось на 16; 5) нельзя определить.

ЗАДАНИЕ № 11. Радиоактивный изотоп урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после двух  $\alpha$ -распадов и двух электронных распадов превращается в изотоп ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ ; 2)  ${}^{230}_{90}\text{Th}$ ; 3)  ${}^{238}_{92}\text{U}$ ; 4)  ${}^{238}_{88}\text{Ra}$ .

ЗАДАНИЕ № 12. Ядро тяжёлого элемента  ${}^{234}_{93}\text{Np}$  захватило электрон из К-оболочки атома и испустило альфа-частицу  ${}^4_2\text{He}$ . Ядро какого элемента образовалось в результате этих превращений?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  ${}^{231}_{91}\text{Pa}$ ; 2)  ${}^{230}_{91}\text{Pa}$ ; 3)  ${}^{231}_{92}\text{U}$ ; 4)  ${}^{230}_{91}\text{Pa}$ ; 5)  ${}^{230}_{90}\text{Th}$ .

ЗАДАНИЕ № 13. В результате семи альфа-распадов и четырёх электронных распадов элемент, содержащий 235 нуклонов, превращается в элемент, занимающий 82 позицию в таблице Менделеева. Какое из нижеприведённых утверждений справедливо?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Первоначальный элемент имеет порядковый номер 100, а конечный - имеет массовое число 207; 2) Первоначальный элемент имеет порядковый номер 207, а конечный - имеет массовое число 82. 3) Первоначальный элемент имеет порядковый номер 92, а конечный - имеет массовое число 207; 4) Первоначальный элемент имеет порядковый номер 207, а конечный - имеет массовое число 100; 5) Первоначальный элемент имеет порядковый номер 92, а конечный - имеет массовое число 211.

ЗАДАНИЕ № 14. После испускания альфа-частицы, двух электронов, одного фотона и двух электронных антинейтрино, ядро, состоявшее ранее из 90 протонов и 144 нейтронов, будет иметь ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 87 протонов, 146 нейтронов; 2) 85 протонов, 144 нейтрона; 3) 88 протонов, 144 нейтрона; 4) 90 протонов, 140 нейтронов; 5) 90 протонов, 142 нейтрона.

ЗАДАНИЕ № 15. В результате серии радиоактивных распадов уран  ${}_{92}^{238}\text{U}$  превращается в свинец  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Какое количество  $\alpha$  и  $\beta$ -распадов он испытывает при этом?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 8  $\alpha$  и 6  $\beta$ -распадов; 2) 6  $\alpha$  и 8  $\beta$ -распадов; 3) 10  $\alpha$  и 5  $\beta$ -распадов; 4) 5  $\alpha$  и 10  $\beta$ -распадов.

ЗАДАНИЕ № 16. Ядро  ${}_{92}^{238}\text{U}$  претерпело ряд альфа-распадов и ряд электронных распадов.

В результате образовалось ядро  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Определите число альфа-распадов.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 32; 2) 10; 3) 8; 4) 5.

### Тест проверки остаточных знаний № 9

ЗАДАНИЕ № 1. Для данного порядкового номера ядра энергия отделения нейтрона ...♦

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) с увеличением числа нейтронов плавно уменьшается; 2) с увеличением числа нейтронов плавно увеличивается; 3) не зависит от числа нейтронов; 4) для ядер с чётным числом нейтронов больше, чем с нечётным; 5) для ядер с чётным числом нейтронов меньше, чем с нечётным;

ЗАДАНИЕ № 2. Рассчитайте дефект массы ядра  ${}^7_3\text{Li}$ , зная, что  $m_p = 1,00728$ ;  $m_n = 1,00866$ ;  $m_{\text{Li}} = 7,01601$ .

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\Delta m \approx -0,4$  а.е.м.; 2)  $\Delta m \approx -0,04$  а.е.м.; 3)  $\Delta m = 0$  а.е.м.; 4)  $\Delta m \approx -0,2$  а.е.м..

ЗАДАНИЕ № 3. Каково соотношение между массой  $m(A, Z)$  радиоактивного ядра и суммой масс свободных протонов  $Zm_p$  и свободных нейтронов  $Nm_n$ , из которых составлено ядро?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $m(A, Z) = (Zm_p + Nm_n)$ ; 2)  $m(A, Z) < (Zm_p + Nm_n)$ ; 3)  $m(A, Z) > (Zm_p + Nm_n)$ ; 4) для радиоактивных ядер справедлив ответ 1, а для стабильных - ответ 2; 5) для радиоактивных ядер справедлив ответ 2, а для стабильных ядер - ответ 3.

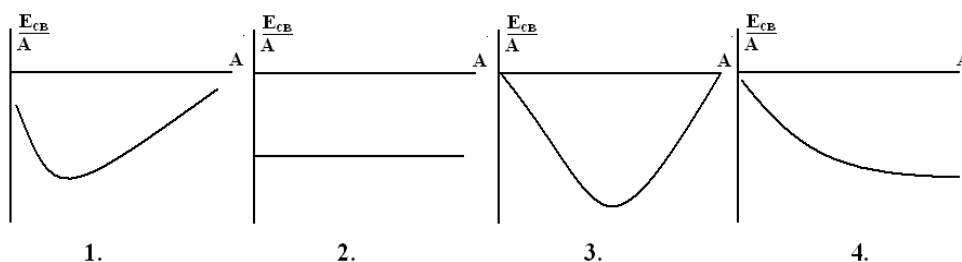
ЗАДАНИЕ № 4. Установите правильную последовательность в изменении энергии связи ядер следующих элементов: Be, Mg, Cr, Zn, Mo, W.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Be < Mg < Cr < Zn < Mo < W; 2) Be < Mg < Cr < Zn > Mo > W; 3) Be < Mg < Cr  $\approx$  Zn  $\approx$  Mo < W; 4) Be < Mg < Cr  $\approx$  Zn < Mo < W.

ЗАДАНИЕ № 5. Полная энергия системы, состоящей из одного свободного протона и одного свободного нейтрона, в результате их соединения в атомное ядро дейтерия...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится; 4) увеличится или уменьшится в зависимости от начального расстояния между протоном и нейтроном.

ЗАДАНИЕ № 6. Если крайне грубо изобразить зависимость энергии связи ядра, отнесённой к числу нуклонов в ядре, от массового числа, то эта зависимость будет иметь вид ...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

ЗАДАНИЕ № 7. Какова величина энергии связи на нуклон, если не рассматривать лёгкие ядра? Эта величина лежит между ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 7 эВ и 9 эВ; 2) 1 кэВ и 3 кэВ; 3) 7 кэВ и 9 кэВ; 4) 1 МэВ и 3 МэВ; 5) 7 МэВ и 9 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 8. Для тяжёлых ядер соотношение числа нейтронов  $N$  и протонов  $Z$  имеет вид ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\frac{Z}{N} = 1$ ; 2)  $\frac{N}{Z} \approx 1$ ; 3)  $\frac{N}{Z} < 1$ ; 4)  $\frac{N}{Z} > 1$ ; 5)  $\frac{N}{Z} \approx 10$ .

ЗАДАНИЕ № 9. Оцените энергию, которую необходимо затратить для расщепления ядра изотопа лития  ${}^7_3\text{Li}$  на отдельные нуклоны, если энергия связи на нуклон равна 5,6 МэВ.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 16,8 МэВ; 2) 22,4 МэВ; 3) 39,2 МэВ; 4) 56 МэВ; 5) 28 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 10. Вещества, содержащие уран, излучают. Интенсивность этого излучения зависит от...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) состава вещества и предварительного облучения; 2) Предварительного облучения; 3) Состава вещества и количества урана в нем; 4) Предварительного облучения и количества урана в препаратах.

ЗАДАНИЕ № 11. Число ядер, содержащихся в радиоактивном моноэлементах, определяется выражением...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\Delta N \approx \lambda N \Delta t$ ; 2)  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ; 3)  $N = \frac{m}{N_A} N_A$ .

ЗАДАНИЕ № 12. Периодом полураспада называется время, в течение которого...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) распадутся все радиоактивные ядра; 2) распадется часть радиоактивных ядер; 3) распадется половина радиоактивных ядер; 4) распадется доля радиоактивных ядер; 5) нет правильного ответа.

ЗАДАНИЕ № 13. Период полураспада ядер атомов некоторого вещества составляет 17 с. Это означает, что...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) за 17 с атомный номер каждого атома уменьшится вдвое; 2) один атом распадается каждые 17 с; 3) половина изначально имевших атомов распадётся за 17 с; 4) все изначально имевшиеся атомы распадутся через 34 с.

ЗАДАНИЕ № 14. Какая доля радиоактивных атомов распадется через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 25%; 2) 75%; 3) Все атомы распадутся; 4) 90%; 5) 50%; 6) 0%.

ЗАДАНИЕ № 15. Определите, во сколько раз начальное количество ядер радиоактивного изотопа уменьшится за три года, если за один год оно уменьшилось в 4 раза.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) в 128 раз; 2) в 32 раза; 3) в 256 раз; 4) в 64 раза; 5) в 16 раз.

ЗАДАНИЕ № 16. Определите период полураспада радиоактивного изотопа, если  $\frac{5}{8}$  начального количества ядер этого изотопа распалась за 849 с.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 12 мин; 2) 36 мин; 3) 24 мин; 4) 18 мин; 5) 10 мин.

### Тест проверки остаточных знаний № 10

ЗАДАНИЕ № 1. Какая доля от большого количества радиоактивных атомов остается нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 25%; 2) 50%; 3) 75%; 4) 0%.

ЗАДАНИЕ № 2. Если некоторый радиоактивный изотоп имеет постоянную распада  $1,44 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ , то 75 % первоначальной массы атомов этого изотопа распадётся в течение...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 4 мин; 2) 8 мин; 3) 24 мин; 4) 12 мин; 5) 16 мин.

ЗАДАНИЕ № 3. Период полураспада изотопа ртути  ${}^{190}_{80}\text{Hg}$  равен 20 минут. Если изначально было 40 г этого изотопа, то сколько примерно его будет через 1 час?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 5 г; 2) 4 г; 3) 0,67 г; 4) 0 г.

ЗАДАНИЕ № 4. Количество ядер, распавшихся в течение одних суток в 1 мг изотопа йода  ${}^{131}_{53}\text{J}$ , период полураспада которого составляет восемь суток, равно...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $45,9 \cdot 10^{17}$ ; 2)  $3,8 \cdot 10^{17}$ ; 3)  $11,5 \cdot 10^{17}$ ; 4)  $42,1 \cdot 10^{17}$ ; 5)  $5,7 \cdot 10^{17}$ .

ЗАДАНИЕ № 5. Период полураспада ядер радиоактивного изотопа висмута 19 мин. Через какое время распадётся 75% ядер висмута в исследуемом образце?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) через 19 мин; 2) **через 38 мин**; 3) через 28,5 мин; 4) через 9,5 мин.

ЗАДАНИЕ № 6. Период полураспада одного из изотопов фосфора равен 14 дням. На сколько процентов число распавшихся ядер через 28 суток будет отличаться от их количества в момент начала наблюдения?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) на 75% больше; 2) **на 75% меньше**; 3) на 25% больше; 4) на 25% меньше; 5) нельзя определить.

ЗАДАНИЕ № 7. Период полураспада радона 3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 64 раза?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) через 19 дней; 2) через 38 дней; 3) через 3,8 дня; 4) **через 22,8 дня**.

ЗАДАНИЕ № 8. Период полураспада стронция  $^{90}_{38}\text{Sr}$  равен 29 лет. Через сколько лет произойдет распад  $7/8$  от первоначального числа радиоактивных ядер?

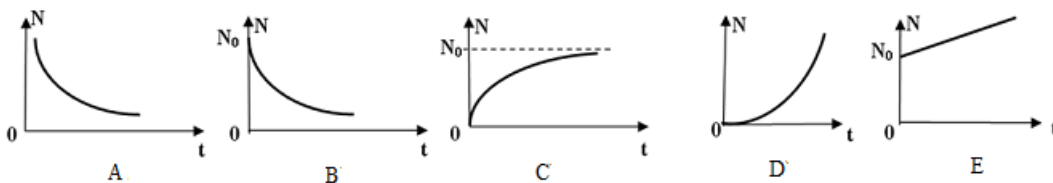
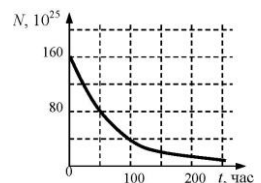
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) через 7,25 лет; 2) через 14,5 лет; 3) через 58 лет; 4) **через 87 лет**.

ЗАДАНИЕ № 9. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия

$^{172}_{68}\text{Er}$  от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

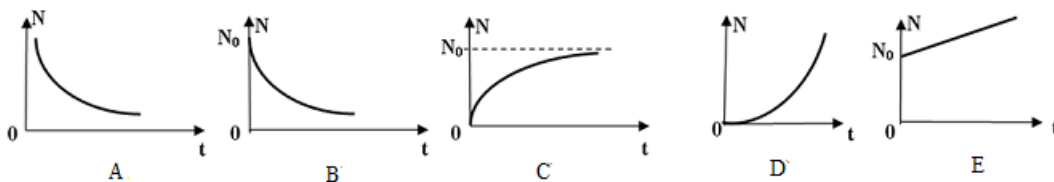
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 25 часов; 2) **50 часов**; 3) 100 часов; 4) 200 час.

ЗАДАНИЕ № 10. Какой из нижеприведённых графиков наиболее точно отражает зависимость числа распавшихся атомов радиоактивного вещества от времени?



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) A; 2) B; 3) **C**; 4) D; 5) E.

ЗАДАНИЕ № 11. Какой из нижеприведённых графиков наиболее точно отражает зависимость числа не распавшихся атомов радиоактивного вещества от времени?



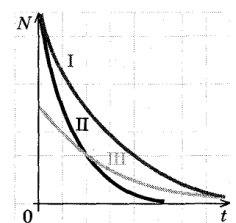
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) A; 2) **B**; 3) C; 4) D; 5) E.

ЗАДАНИЕ № 12. На рисунке приведена зависимость числа нераспавшихся ядер  $N$  от времени в процессе радиоактивного распада для трёх изотопов. Для какого из них период полураспада минимален?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) I; 2) **II**; 3) III; 4) у всех одинаков.

ЗАДАНИЕ № 13. Активностью радиоактивного вещества называется...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) **быстрота распада ядер**; 2) число распадов в секунду; 3) быстрота изменения концентрации радиоактивных ядер; 4) время опасности радиоактивных ядер; 5) нет правильного ответа.



ЗАДАНИЕ № 14. Радиоактивный препарат имеет активность равную 5 кБк. Сколько радиоактивных распадов происходит в препарате в течение 1 минуты?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) **300 000**; 2) 5 000; 3) 60.

ЗАДАНИЕ № 15. 1 мкг Cs-137 имеет активность приближённо 3,2 МБк. Какова будет массовая активность, если этот 1 мкг растворить в 1 Мг воды?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 3,2 ГБк/кг; 2) 3,2 МБк/кг; 3) 3,2 кБк/кг.

ЗАДАНИЕ № 16. Активность 5 мкг радиоактивного изотопа натрия  $^{24}_{11}\text{Na}$ , период полураспада которого составляет 53,3 кс, равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $1,63 \cdot 10^{10}$  Бк; 2)  $1,63 \cdot 10^{12}$  Бк; 3)  $1,63 \cdot 10^{15}$  Бк; 4)  $1,63 \cdot 10^{18}$  Бк; 5)  $1,63 \cdot 10^{21}$  Бк.

### Тест проверки остаточных знаний № 11

ЗАДАНИЕ № 1. Чему равно число электронов в ядре  $^{238}_{92}\text{U}$  ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 92; 2) 238; 3) 146; 4) 0.

ЗАДАНИЕ № 2. Сколько нейтральных частиц в ядре  $^7\text{Li}$  ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 4; 2) 10; 3) 0; 4) 7; 5) 3.

ЗАДАНИЕ № 3. В символическом обозначении атомного ядра  $^A_Z\text{X}$  величина  $A$  – это ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) масса ядра; 2) приведенная масса ядра; 3) относительная масса ядра; 4) молярная масса ядра; 5) массовое число.

ЗАДАНИЕ № 4. Что называют массовым числом?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) массу электрона; 2) массу протона, выраженную через массу электрона; 3) массу ядер атома, выраженную через массу электрона; 4) массу ядра атома в а.е.м.; 5) суммарное число протонов и нейтронов в ядре атома.

ЗАДАНИЕ № 5. Что общего и различного у изотопов?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) одинаковое число протонов и электронов, но разное – нейтронов; 2) разное число протонов и электронов, одинаковое – нейтронов; 3) разное число протонов, одинаковое – электронов и нейтронов; 4) разное число нейтронов и протонов, одинаковое – электронов.

ЗАДАНИЕ № 6. Изобарами называются ядра атомов, у которых...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) одинаковое число протонов в ядре; 2) одинаковое число нейтронов в ядре; 3) одинаковые массовые числа; 4) одинаковые атомные номера; 5) одинаковая радиоактивность.

ЗАДАНИЕ № 7. Порядковый номер химического элемента в периодической таблице Менделеева определяется:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) зарядовым числом  $Z$ ; 2) массовым числом  $A$ ; 3) разностью  $A - Z$ ; 4) разностью  $Z - A$ ; 5) суммой  $Z + A$ .

ЗАДАНИЕ № 8. Чему равен заряд ядра фтора  $^{19}_9\text{F}$  ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $9e$ ; 2)  $10e$ ; 3)  $19e$ ; 4)  $28e$ .

ЗАДАНИЕ № 9. В двух ядрах  $^7_4\text{Be}$  и  $^{15}_8\text{O}$  протоны заменили нейтронами, а нейтроны – протонами. Какие элементы образовались?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $^{11}_7\text{N}$  и  $^{23}_{15}\text{P}$ ; 2)  $^6_3\text{Li}$  и  $^{14}_7\text{N}$ ; 3)  $^7_{11}\text{Na}$  и  $^{15}_{23}\text{V}$ ; 4)  $^7_3\text{Li}$  и  $^{15}_7\text{N}$ ; 5)  $^4_1\text{H}$  и  $^{12}_5\text{B}$ .

ЗАДАНИЕ № 10. Что такое дейтерий?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) ядро атома изотопа водорода с массовым числом 2; 2) ядро атома изотопа водорода с массовым числом 3; 3) ускоритель элементарных частиц.

ЗАДАНИЕ № 11. Исключите лишнее понятие.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) альфа-частицы; 2) электроны; 3) нейтроны; 4) протоны.

ЗАДАНИЕ № 12. Химикам известен элемент, ядро которого имеет заряд  $Z = 36$  и массовое число  $A = 80$ . Сравните его с элементом, имеющим  $Z = 36$  и  $A = 86$ .

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) это разные вещества; 2) это изотопы одного вещества; 3) молярные массы этих веществ одинаковы; 4) в атомном ядре второго элемента больше протонов.

ЗАДАНИЕ № 13. В ядре изотопа углерода  $^{14}_6\text{C}$  содержится ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 8 протонов и 6 нейтронов; 2) 6 протонов и 14 нейтронов; 3) 6 протонов и 8 нейтронов; 4) 14 протонов и 6 нейтронов; 5) 14 протонов и 8 нейтронов.

ЗАДАНИЕ № 14. Число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого изотопа бора соответственно равно...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 6 протонам, 5 нейтронам; 2) 10 протонам, 5 нейтронам; 3) 6 протонам, 11 нейтронам; 4) 5 протонам, 6 нейтронам.

ЗАДАНИЕ № 15. Кремний имеет три изотопа  ${}_{14}^{28}\text{Si}$ ,  ${}_{14}^{29}\text{Si}$  и  ${}_{14}^{30}\text{Si}$ . Во сколько раз разность числа нейтронов в изотопе  ${}_{14}^{29}\text{Si}$  и предыдущего изотопа, отличается  ${}_{14}^{29}\text{Si}$  от соответствующей разности последующего изотопа?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) не отличается; 2) в 2 раза больше; 3) в 2 раза меньше; 4) в 30/29 раз больше; 5) в 15/14 раз больше.

ЗАДАНИЕ № 16. Ядерные силы обусловлены обменом нуклонами следующими частицами:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\pi$ -мезонами; 2) нейтрино; 3) глюонами; 4) электронами; 5) фотонами.

### Тест проверки остаточных знаний № 12

ЗАДАНИЕ № 1. Укажите, каким свойством не обладают силы, связывающие нуклоны в ядре.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) насыщением (каждый нуклон взаимодействует только с ограниченным числом ближайших к нему нуклонов); 2) зависимостью от ориентации спинов взаимодействующих нуклонов; 3) зарядовой зависимостью (имеют электрическую природу); 4) короткодействием (проявляются на расстояниях между нуклонами, сравнимых по порядку величины с размерами самих нуклонов).

ЗАДАНИЕ № 2. Какие силы необходимо учитывать при расчёте взаимодействия нуклонов в атомном ядре?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) ядерные и электростатические; 2) гравитационные и электростатические; 3) гравитационные и ядерные; 4) ядерные, электростатические и гравитационные.

ЗАДАНИЕ № 3. Какие значения принимает спиновое квантовое число частиц-носителей взаимодействия?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) любые; 2) 0, 1, 2, 3, ...; 3)  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{5}{2}$ , ...; 4) 1, 2; 5)  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{2}$ .

ЗАДАНИЕ № 4. Нуклоны в ядре взаимодействуют посредством обмена виртуальными частицами. Процесс их образования соответствует схеме ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $n \leftrightarrow n + \pi^-$ ; 2)  $n \leftrightarrow p + \pi^+$ ; 3)  $p \leftrightarrow n + \pi^-$ ; 4)  $n \leftrightarrow p + \pi^-$ ; 5)  $p \leftrightarrow p + \pi^+$ .

ЗАДАНИЕ № 5. Какой модели ядра не существует?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) капельной; 2) оболочечной; 3) планетарной; 4) сверхтекучей.

ЗАДАНИЕ № 6. Как на современном этапе развития науки представляют модель атомного ядра? Это...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) шарик из всех известных элементарных частиц; 2) шарик из протонов и электронов; 3) шарик из протонов и нейтронов; 4) положительно заряженная материальная точка.

ЗАДАНИЕ № 7. Что можно сказать про радиус ядер  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  и  ${}_{52}^{125}\text{Te}$ ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) радиусы всех ядер приближённо равны; 2) радиус ядра теллура в 4 раза больше, чем у ядра алюминия; 3) радиус ядра теллура 4,6 раз больше, чем у ядра алюминия; 4) радиус ядра теллура 2,1 раз больше, чем у ядра алюминия; 5) радиус ядра теллура 1,6 раз больше, чем у ядра алюминия.

ЗАДАНИЕ № 8. По какому квантовому числу вырождены уровни энергии нуклонов ядре?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) по магнитному квантовому числу; 2) по проекции спинового квантового числа; 3) по полному квантовому числу; 4) по проекции полного квантового числа; 5) по главному квантовому числу.

ЗАДАНИЕ № 9. С увеличением массового числа атомного ядра число уровней в его потенциальной яме ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) остается неизменным, так как в потенциальной яме умещается бесконечное число уровней; 2) остается неизменным; 3) уменьшается; 4) увеличивается; 5) увеличивается, при этом нижние уровни сливаются.

ЗАДАНИЕ № 10. Принципу Паули, фундаментальному закону квантовой физике, не подчиняются:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) фотоны; 2) электроны; 3) протоны.

ЗАДАНИЕ № 11. На нейтронном уровне с главным квантовым числом 4, орбитальным квантовым числом 3, полным квантовым числом  $\frac{7}{2}$  может находиться ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 32 нейтрона; 2) 14 нейтронов; 3) 8 нейтронов; 4) сколько угодно нейтронов; 5) 0 нейтронов.

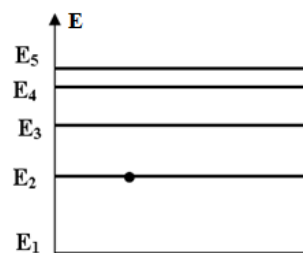
ЗАДАНИЕ № 12. В ядре  $^{17}\text{O}$  нейтроны в основном состоянии занимают ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 17 уровней энергии; 2) 9 уровней энергии; 3) 8 уровней энергии; 4) 4 уровня энергии; 5) 1 уровень энергии.

ЗАДАНИЕ № 13. Наиболее устойчивыми оказываются ядра, у которых число протонов, либо нейтронов (либо оба эти числа) равны ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126; 2) 2, 8, 18, 32, 46, 78, 110; 3) 2, 18, 36, 54, 72, 90, 108; 4) 2, 8, 18, 32, 64, 96, 128.

ЗАДАНИЕ № 14. На рисунке приведена диаграмма энергетических уровней некоторого ядра. Ядро находится на первом возбужденном уровне. Сколько переходов могут наблюдаться при дополнительном возбуждении этого ядра?



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5; 5) 6.

ЗАДАНИЕ № 15. Какие теоретически возможные значения спинового квантового числа может иметь ядро  $^3_2\text{He}$ ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 1/2, 3/2; 2) 1/2, 3/2, 5/2; 3) 0, 1; 4) 0, 1, 2.

ЗАДАНИЕ № 16. Какие теоретически возможные значения спинового квантового числа может иметь ядро  $^4_2\text{He}$ ?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 1/2, 3/2; 2) 1/2, 3/2, 5/2; 3) 0, 1; 4) 0, 1, 2.

### Тест проверки остаточных знаний № 13

ЗАДАНИЕ № 1. Какие из перечисленных ниже частиц в настоящее время считают фундаментальными?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) гипероны; 2) мезоны; 3) электроны; 4) нейтроны; 5) протоны.

ЗАДАНИЕ № 2. Нейтрино имеют спиновое квантовое число равное ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\frac{1}{2}$ ; 2) 1; 3) 0.

ЗАДАНИЕ № 3. Электроны имеют спиновое квантовое число равное ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\frac{1}{2}$ ; 2) 1; 3) 0.

ЗАДАНИЕ № 4. Позитрон является античастицей по отношению к ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) нейтрону; 2) фотону; 3) протону; 4) нейтрино; 5) электрону.

ЗАДАНИЕ № 5. Согласно современным представлениям адроны состоят из кварков шести типов: u, d, s, b, t. Какой из перечисленных кварков является носителем "странности".

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) b; 2) c; 3) d; 4) s; 5) t; 6) u.



ЗАДАНИЕ № 6. Какая из фундаментальных частиц имеет дробный заряд?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электрон; 2) позитрон; 3) нейтрино; 4) **кварк**.

ЗАДАНИЕ № 7. Какие значения принимает спиновое квантовое число частиц-носителей взаимодействия?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Любые; 2) 0, 1, 2, 3, ...; 3)  $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$ ; 4) **1, 2**; 5)  $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$ .

ЗАДАНИЕ № 8. Фотоны имеют спиновое квантовое число равное ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\frac{1}{2}$ ; 2) **1**; 3) 0.

ЗАДАНИЕ № 9. Чему равен собственный момент импульса электрона?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\frac{1}{2}$ ; 2)  $\frac{1}{2}\hbar$ ; 3)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ; 4)  $\frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$ ; 5) Точное значение задать нельзя,

так как собственный момент импульса электрона зависит от его скорости.

ЗАДАНИЕ № 10. Магнетоном Бора называется ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) магнитный дипольный момент электрона; 2) магнитный дипольный момент атома бора; 3) выражение  $\frac{q\hbar}{2m_q}$ ; 4) **выражение  $\frac{e\hbar}{2m_e}$** .

ЗАДАНИЕ № 11. В порядке возрастания интенсивности фундаментальные взаимодействия располагаются следующим образом...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электромагнитное, гравитационное, слабое, сильное; 2) **гравитационное, слабое, электромагнитное, сильное**; 3) гравитационное, электромагнитное, слабое, сильное; 4) электромагнитное, слабое, гравитационное, сильное; 5) слабое, сильное гравитационное, электромагнитное.

ЗАДАНИЕ № 12. Электрон вполне можно представить находящимся в покое. Можно ли остановить фотон?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) можно, как и любую другую частицу; 2) можно, если фотон поглотится веществом; 3) можно, но после большого числа рассеяний; 4) **нельзя, так как масса фотона равна нулю**; 5) это зависит от энергии фотона.

ЗАДАНИЕ № 13. Переносчиками взаимодействия между кварками являются...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) фотоны; 2) W- и Z-бозоны; 3) **глюоны**; 4) мезоны.

ЗАДАНИЕ № 14. Потенциал взаимодействия между кварками (модельный потенциал) описывается формулой...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $U = -a/r^2$ ; 2)  $U = -a/r$ ; 3)  **$U = -a/r + br$** ; 4)  $U = br$ .

ЗАДАНИЕ № 15. Какая частица является переносчиком слабого взаимодействия?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1. фотон; 2. глюон; 3.  **$W^+, Z^0$  – бозон**; 4.  $\pi$ -мезон.

ЗАДАНИЕ № 16. Какой физической величине соответствует выражение  $\frac{h}{Ft}$ , где: h- постоянная Планка; F- сила; t- время.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Частоте; 2) **Длине**; 3) Скорости; 4) Времени; 5) Импульсу.

#### Тест проверки остаточных знаний № 14

ЗАДАНИЕ № 1. Покоящаяся в лабораторной системе частица массой  $m$  самопроизвольно распадается на две частицы, массы которых  $m_1$  и  $m_2$ . Определите условие её самопроизвольного распада. Пусть  $E$  – энергия;  $\vec{p}$  – импульс;  $c_0$  – электродинамическая постоянная.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $mc_0^2 = E_1 + E_2$ ; 2)  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$ ; 3)  $mc_0^2 = E_1 + E_2$ ,  $p_1 + p_2 = 0$ ; 4)  $E_1 + E_2 = 0$ ,  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$ ; 5)  $mc_0^2 = E_1 + E_2$ ,  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$ .

ЗАДАНИЕ № 2. Как связаны между собой времена жизни двух одинаковых нестабильных частиц, одна из которых при измерении покоится относительно наблюдателя, а другая движется со скоростью, отличающейся на 10 % от скорости света в вакууме?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) у покоящейся частицы больше в 1,2 раза; 2) у движущейся частицы больше в 1,2 раза; 3) у покоящейся частицы больше в 2,3 раза; 4) у движущейся частицы больше в 2,3 раза; 5) времена жизни одинаковы.

ЗАДАНИЕ № 3. Реакция распада электрона по схеме  $e^- \rightarrow \gamma + \gamma + \bar{\nu}$  невозможна вследствие невыполнения закона сохранения...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) энергии; 2) электрического заряда; 3) лептонного заряда.

ЗАДАНИЕ № 4. Реакция  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$  не может идти из-за нарушения закона сохранения ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электрического заряда; 2) лептонного заряда; 3) барионного заряда; 4) спинового момента импульса.

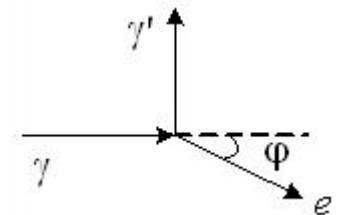
ЗАДАНИЕ № 5. Рассмотрим реакцию  $a + b \rightarrow c + d$ . Предположим, что частица b до реакции покоилась. Как запишется выражение для энергии реакции?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $Q = (m_a - m_c - m_d)c_0^2$ ; 2)  $Q = (m_a + m_b - m_c - m_d)c_0^2$ ; 3)  $Q = (m_a - m_c - m_d)gh$ ; 4)  $Q = (m_a + m_b - m_c - m_d)gh$ .

ЗАДАНИЕ № 6. Рассмотрим реакцию  $a + b \rightarrow c + d$ . Предположим, что частица b до реакции покоилась. Как запишется выражение для закона сохранения барионного заряда?

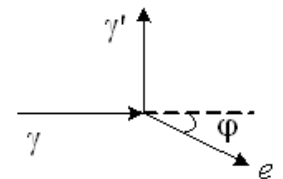
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $q_a + q_b - q_c - q_d = 0$ ; 2)  $B_a + B_b - B_c - B_d = 0$ ; 3)  $L_a + L_b - L_c - L_d = 0$ ; 4)  $q_a - q_c - q_d = 0$ ; 5)  $B_a - B_c - B_d = 0$ ; 6)  $L_a - L_c - L_d = 0$ .

ЗАДАНИЕ № 7. На рисунке показаны направления падающего фотона  $\gamma$ , рассеянного фотона  $\gamma'$  и электрона отдачи  $e$ . Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\varphi = 30^\circ$ . Если импульс электрона отдачи  $p_e$ , то импульс падающего фотона равен...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\sqrt{3}p_e$ ; 2)  $1,5p_e$ ; 3)  $0,5\sqrt{3}p_e$ ; 4)  $2\sqrt{3}p_e$ .

ЗАДАНИЕ № 8. На рисунке показаны направления падающего фотона  $\gamma$ , рассеянного фотона  $\gamma'$  и электрона отдачи  $e$ . Угол рассеяния  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\varphi = 30^\circ$ . Если импульс электрона отдачи  $p_e$ , то импульс рассеянного фотона равен...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\sqrt{3}p_e$ ; 2)  $1,5\sqrt{3}p_e$ ; 3)  $0,5p_e$ ; 4)  $2\sqrt{3}p_e$ .

ЗАДАНИЕ № 9. Энергия, передаваемая падающим фотоном электрону отдачи при комптоновском рассеянии при увеличении угла рассеяния от 0 до  $\pi$  ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

ЗАДАНИЕ № 10. Энергия фотона при комптоновском рассеянии уменьшилась в 2 раза. Импульс фотона при этом ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) увеличился в 2 раза; 2) увеличится в 4 раза; 3) уменьшился в 4 раза; 4) не изменился; 5) уменьшился в 2 раза.

ЗАДАНИЕ № 11. При каком угле комптоновского рассеяния фотона происходит наименьшее изменение его энергии?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $0^\circ$ ; 2)  $45^\circ$ ; 3)  $90^\circ$ ; 4)  $135^\circ$ ; 5)  $180^\circ$ ;

ЗАДАНИЕ N 12. При взаимодействии быстрых электронов с фотонами наблюдается обратный эффект Комптона. Как при этом изменяется кинетическая энергия  $E_k$  электрона и энергия соответствующего фотона?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $E_k$  и  $E_\gamma$  увеличиваются; 2)  $E_k$  и  $E_\gamma$  уменьшаются; 3)  $E_k$  уменьшается,  $E_\gamma$  увеличиваются; 4)  $E_k$  увеличивается,  $E_\gamma$  уменьшается.

ЗАДАНИЕ № 13. Какое из нижеприведённых утверждений справедливо? При аннигиляции электрона и позитрона...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) выделяется примерно 0,5 МэВ; 2) поглощается примерно 0,5 МэВ;

3) выделяется примерно 1 МэВ; 4) поглощается примерно 1 МэВ; 5) выделяется примерно  $26 \cdot 10^{27}$  МэВ.

ЗАДАНИЕ № 14. Электрон и позитрон при столкновении могут исчезнуть. При этом появляются несколько фотонов. Какова минимальная суммарная энергия этих фотонов?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 2,044 МэВ; 2) 1,533 МэВ; 3) 1,022 МэВ; 4) 0,511 МэВ.

ЗАДАНИЕ № 15. Как выглядит уравнение реакции рождения пары?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) Общее уравнение записать нельзя, так как реакцией рождения пары называется любая реакция, частицами-продуктами которой являются две частицы; 2)  $\gamma \rightarrow e^- + e^+$ ; 3)  $\gamma + \gamma \rightarrow e^- + e^+$ ; 4)  $\gamma + x \rightarrow x + e^- + e^+$ .

ЗАДАНИЕ № 16. Фотон с энергией 3,2 МэВ превратился в пару «электрон-позитрон». Если импульсы образовавшихся частиц одинаковы, то кинетическая энергия каждой частицы равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 1,09 МэВ; 2) 1,60 МэВ; 3) 0,97 МэВ; 4) 1,23 МэВ; 5) 1,45 МэВ.

### Тест проверки остаточных знаний № 15

ЗАДАНИЕ № 1. Известно, что кварки, входящие в состав барионов, обладают одним из трёх видов цветового заряда: красного, синего и жёлтого. Соответственно нуклон должен быть ...

◆

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) красно-синего цвета; 2) красно-жёлтого цвета; 3) сине-жёлтого цвета; 4) чёрного цвета; 5) нуклон должен быть бесцветным.

ЗАДАНИЕ № 2. Согласно современным представлениям адроны состоят из кварков шести типов: u, d, s, c, b, t. В соответствие с кварковой моделью протон имеет состав...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) cdu; 2) uud; 3) udd; 4) bcd; 5) uds; 6) sst.

ЗАДАНИЕ № 3. Протоны имеют спиновое квантовое число равное ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\frac{1}{2}$ ; 2) 1; 3) 0.

ЗАДАНИЕ № 4. Мезонами называются элементарные частицы, состоящие из ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) любых двух кварков; 2) кварка и вращающихся вокруг него электронов; 3) трёх кварков; 4) кварка и антикварка.

ЗАДАНИЕ № 5.  $\pi$ -мезоны имеют спиновое квантовое число равное ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\frac{1}{2}$ ; 2) 1; 3) 0.

ЗАДАНИЕ № 6. Установите правильную последовательность в изменении масс частиц: протона ( $m_p$ ), нейтрона ( $m_n$ ), электрона ( $m_e$ ), мюона ( $m_\mu$ ),  $\pi$ -мезона ( $m_\pi$ ),  $\Lambda$ -гиперона ( $m_\Lambda$ ).

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $m_e > m_n < m_p > m_\mu < m_\pi > m_\Lambda$ ; 2)  $m_p > m_n > m_\Lambda > m_\pi > m_e > m_\mu$ ; 3)  $m_e < m_\mu < m_\pi < m_p < m_n < m_\Lambda$ ; 4)  $m_n > m_p > m_\Lambda > m_\mu > m_\pi > m_e$ ; 5)  $m_p < m_n > m_\Lambda > m_\pi < m_\pi > m_e$ ; 6)  $m_\Lambda > m_n > m_p > m_\pi > m_e > m_\mu$ .

ЗАДАНИЕ № 7. В процессе сильного взаимодействия принимают участие...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) фотоны; 2) электроны; 3) нуклоны.

ЗАДАНИЕ № 8. В процессе сильного взаимодействия не принимают участие ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) нейтроны; 2) фотоны; 3) протоны.

ЗАДАНИЕ № 9. В сильном и слабом взаимодействии не участвуют...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электроны; 2) фотоны; 3) нейтроны; 4) протоны; 5) мюоны.

ЗАДАНИЕ № 10. В процессе электромагнитного взаимодействия принимают участие ...

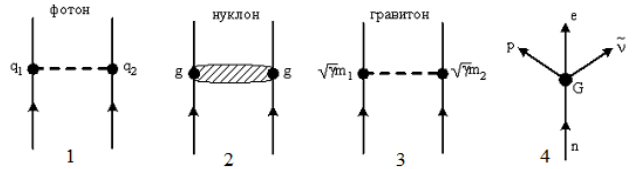
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) фотоны; 2) нейтрино; 3) нейтроны.

ЗАДАНИЕ № 11. В процессе гравитационного взаимодействия принимают участие ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) все элементарные частицы; 2) только нуклоны; 3) только частицы, имеющие нулевую массу покоя.

ЗАДАНИЕ № 12. Укажите квантовую схему, соответствующую гравитационному взаимодействию.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 4; 2) 3; 3) 2; 4) 1.



ЗАДАНИЕ № 13. Установить соответствие групп элементарных частиц характерным типам фундаментальных взаимодействий:

1) фотоны А. сильное; 2) лептоны Б. электромагнитное; 3) адроны В. слабое.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1) 1-Б, 2-В, 3-А; 2) 1-А, 2-В, 3-Б; 3) 1-В, 2-А, 3-Б.

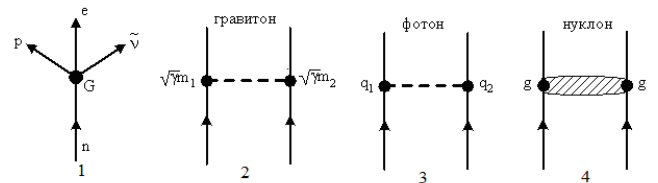
ЗАДАНИЕ № 14. Какой из приведённых ниже распадов отвечает закону сохранения лептонного заряда?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$ ; 2)  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 3)  $n \rightarrow p + e^- + \nu_\mu$ ; 5)

$n \rightarrow p + e^- + \nu_\tau$ .

ЗАДАНИЕ № 15. Укажите квантовую схему, соответствующую слабому взаимодействию...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) 2; 2) 4; 3) 3; 4) 1.



ЗАДАНИЕ № 16. Распад  $\Sigma^+$ -гиперона соответствует схеме...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ ; 2)  $\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^-$ ; 3)  $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^+$ ; 4)  $\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^0$ .

### Тест проверки остаточных знаний № 16

ЗАДАНИЕ № 1. Реакция распада нейтрона происходит по  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ . Присутствие в этой реакции антинейтрино обусловлено требованиями закона сохранения...

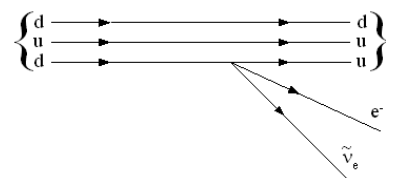
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) энергии; 2) спинового момента импульса; 3) лептонного заряда; 4) электрического заряда; 5) барионного заряда.

ЗАДАНИЕ № 2. Распад протона по схеме  $p \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_e$  невозможен. Это является следствием невыполнения закона сохранения...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) спинового момента импульса; 2) цветового заряда; 3) лептонного заряда; 4) электрического заряда; 5) барионного заряда.

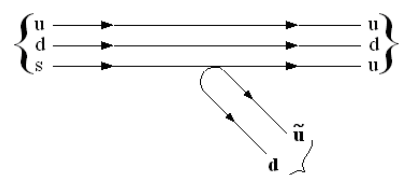
ЗАДАНИЕ № 3. На рисунке показана кварковая диаграмма электронного распада нуклона. Эта диаграмма соответствует распаду ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 2)



$p \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 3)  $p \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ ; 4)  $n \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ .

ЗАДАНИЕ № 4. На рисунке показана кварковая диаграмма распада  $\Lambda^0$ -гиперона. Эта диаграмма соответствует распаду ...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^+$ ; 2)  $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^-$ ;

3)  $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^+$ ; 4)  $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ .

ЗАДАНИЕ № 5. На рисунке показана кварковая диаграмма распада  $K^+$ -мезона. Эта диаграмма соответствует распаду...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ ; 2)

$K^+ \rightarrow \pi^- + \pi^0$ ; 3)  $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ ; 4)  $K^+ \rightarrow K^- + \pi^+$ .

ЗАДАНИЕ № 6. Законом сохранения спинного момента импульса запрещена реакция...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $p + \gamma \rightarrow n + e^+$ ; 2)  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ ; 3)

$\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^- + e^+$ ; 4)  $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_e + \mu^-$ ; 5) все реакции разрешены.

ЗАДАНИЕ № 7. Законом сохранения электрического заряда запрещена реакция...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $p + \gamma \rightarrow n + e^+$ ; 2)  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ ; 3)

$\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^- + e^+$ ; 4)  $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_e + \mu^-$ ; 5) все реакции разрешены.

ЗАДАНИЕ № 8. Законом сохранения электрического заряда запрещена реакция...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $n + \bar{p} \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$ ; 2)  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ ; 3)  $\nu_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$ ;

4)  $n + \nu_e \rightarrow p + e^+$ ; 5) все реакции разрешены.

ЗАДАНИЕ № 9. Законом сохранения барионного заряда запрещена реакция...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\bar{p} + p \rightarrow \bar{n} + n$ ; 2)  $n + p + \nu_e \rightarrow e^+$ ; 3)  $\nu_e + n \rightarrow p + e^-$ ; 4)

$\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^- + e^+$ ; 5) все реакции разрешены.

ЗАДАНИЕ № 10. Законом сохранения лептонного заряда запрещена реакция...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\nu_e + n \rightarrow p + e^-$ ; 2)  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$ ; 3)  $\mu^- + \nu_\mu \rightarrow e^- + \nu_e$ ;

4)  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ ; 5) все реакции разрешены.

ЗАДАНИЕ № 11. Какое квантовое число может не сохраняться при слабых взаимодействиях?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1. спин; 2. барионный заряд; 3. странность; 4. лептонный заряд.

ЗАДАНИЕ № 12. Реакция аннигиляции  $p + \bar{p} \rightarrow n + \bar{n}$  ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) имеет пороговый характер; 2) не может происходить, так анти-нейтронов не существует; 3) таковой не является, так как реакцией аннигиляции называется только реакция электрона с позитроном; 4) таковой не является, так как в реакции аннигиляции продуктами реакции должны быть фотоны.

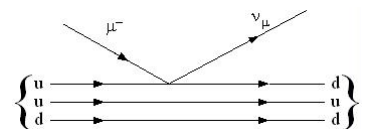
ЗАДАНИЕ № 13. Реакция  $p + n \rightarrow e^+ + \nu_e$  не может идти из-за нарушения закона сохранения...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1) электрического заряда; 2) спинного момента импульса; 3) лептонного заряда; 4) барионного заряда.

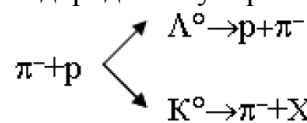
ЗАДАНИЕ № 14. На рисунке показана кварковая диаграмма захвата нуклоном  $\mu^-$  мезона. Эта диаграмма соответствует реакции...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $\mu^- + n \rightarrow \bar{n} + \nu_\mu$ ; 2)  $\mu^- + n \rightarrow p + \nu_\mu$ ; 3)

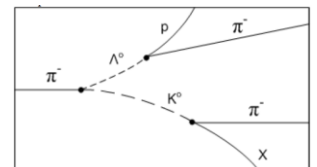
$\mu^- + p \rightarrow \bar{p} + \nu_\mu$ ; 4)  $\mu^- + p \rightarrow n + \nu_\mu$ .



ЗАДАНИЕ № 15. На рисунке показана фотография взаимодействия пи-мезона с протоном в водородной пузырьковой камере, которое идёт по схеме

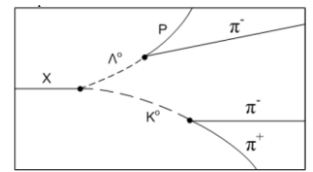
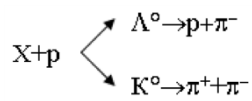


Если спинное квантовое число пи-мезона  $s = 0$ , то заряд и спинное квантовое число частицы X будут равны...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $q > 0; s = 0$ ; 2)  $q < 0; s = \frac{1}{2}$ ; 3)  $q < 0; s = 0$ ; 4)  $q > 0; s = \frac{1}{2}$ .

ЗАДАНИЕ № 16. На рисунке показана фотография взаимодействия неизвестной частицы X с протоном в водородной пузырьковой камере, которое идёт по схеме



Если спи-  
новое квантовое число пи-мезона  $s = 0$ , то заряд и спиновое квантовое число налетающей частицы будут равны...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ: 1)  $q < 0; s = 0$ ; 2)  $q > 0; s = \frac{1}{2}$ ; 3)  $q < 0; s = \frac{1}{2}$ ; 4)  $q > 0; s = 0$ .

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 180 часов, из них 54 часа аудиторных занятий и 36 часов, отведённых на самостоятельную работу студента.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание понятиям, связанными с единицами измерения и переводными множителями.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение задач по алгоритму.
Индивидуальные задания	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.
Лабораторная работа	Методические указания по выполнению лабораторных работ, находящиеся в лаборатории ядерной физики.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену (зачёту) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

## **ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ**

### **Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя**

#### **I. Образовательные технологии**

При реализации программы дисциплины физика (механика) применяется лекционно-семинарская система обучения. При этом используются следующие виды лекций: информационная лекция, лекция с опережающей самостоятельной подготовкой; практических занятий: практические занятия с использованием методов группового решения задач. В качестве интерактивных форм для обучения применяется тестирование, студентами приобретаются умения решения ситуационных и экономических физических задач. Применяются также: информационные технологии в виде использования электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим занятиям; работа в команде в виде совместной работы студентов в группе при разборе практических ситуаций по всем разделам дисциплины

#### **II. Виды и содержание учебных занятий**

##### **Раздел 1. Фундаментальные частицы**

##### **Теоретические занятия (лекции) 2 часа.**

**Лекция 1.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Строение фундаментальных частиц. Характеристики фундаментальных частиц. Виды зарядов фундаментальных частиц. Собственный момент импульса фундаментальных частиц. Магнитный дипольный момент фундаментальных частиц.

##### **Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Техника безопасности в лаборатории. Распределение вероятностей случайных величин, наблюдаемых в ядерно-физических исследованиях, и оценка их параметров.

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

##### **Практические - 2 часа.**

**Занятие 1.** Форма проведения занятий – решение задач.

Виды взаимодействия фундаментальных частиц. Квантовые характеристики фундаментальных частиц. Связь собственного момента импульса фундаментальных частиц с их магнитным дипольным моментом. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

##### **Управление самостоятельной работой студента.**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

##### **Раздел 2. Распады и реакции**

##### **Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 2.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Распады и реакции фундаментальных частиц. Основной закон радиоактивного распада. Формула Бугера для плотности потока частиц-снарядов. Статистическое описание реакции. Виды сечений реакций. Комptonовское рассеяние. Реакция аннигиляции. Реакция рождения пары.

##### **Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**



Наименование работ: Измерение бета-активности тонкого препарата известного изотопа с помощью тонкого сцинтилляционного детектора или торцового счетчика.

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

**Практические - 2 часа.**

**Занятие 2.** Форма проведения занятий – решение задач.

Период полураспада. Среднее время жизни. Парциальные сечения. Полное сечение. Дифференциальное сечение. Энергия реакции. Законы сохранения в распадах и реакциях. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

**Управление самостоятельной работой студента**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

### **Раздел 3. Элементарные частицы**

**Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 3.** Информационная лекция, посвященная следующим вопросам. Кварковое строение элементарных частиц. Адроны. Барионы. Мезоны. Квантовые характеристики элементарных частиц. Цветовой заряд элементарных частиц. Распады и реакции элементарных частиц.

**Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Определение периода полураспада долгоживущего изотопа. - 1

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

**Практические - 2 часа.**

**Занятие 3.** Форма проведения занятий – решение задач.

Аддитивные и неаддитивные характеристики элементарных частиц. Гиромагнитные множители. Магнитное поле, создаваемое элементарными частицами. Реакции упругого рассеяния. Реакции с изменением состава элементарных частиц. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

**Управление самостоятельной работой студента.**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

### **Раздел 4. Структура ядер**

**Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 4.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Строение ядер. Ядерные силы. Модели атомных ядер. Капельная модель. Кластерная модель. Модель Ферми-газа. Оболочечная модель. Уровни энергии нуклонов в ядре. Распределение нуклонов по уровням энергии. Характеристики ядра как целого: энергия, спин, магнитный дипольный момент.

**Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Определение периода полураспада долгоживущего изотопа. - 2

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

#### **Практические - 2 часа**

**Занятие 4.** Форма проведения занятий – решение задач.

Схема уровней нуклонов в атомном ядре. Заполнение уровней энергии нуклонами. Энергия нуклонов в ядре. Энергия возбуждения и энергия связи. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

#### **Управление самостоятельной работой студента**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

### **Раздел 5. Устойчивость ядер**

#### **Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 5.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Энергия отделения нуклонов и ядерных образований. Энергия связи ядра и энергия связи на нуклон. Параболы устойчивости. Статистическое описание распадов атомных ядер.

#### **Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Градуировка гамма-спектрометра по энергии фотонов и определение эффективности регистрации сцинтилляционного детектора.

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

#### **Практические - 2 часа.**

**Занятие 5.** Форма проведения занятий – решение задач.

Основной закон радиоактивного распада. Активность. Изменение активности со временем. Виды активности. Анализ кривой радиоактивного распада. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

#### **Управление самостоятельной работой студента**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

### **Раздел 6. Виды распада**

#### **Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 6.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Электронный распад. Позитронный распад. Бета-распад. Фотонный распад. Нейтронный распад. Протонный распад. Альфа-распад. Кластерный распад. Спонтанное деление.

#### **Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Взаимодействие излучений с веществом.

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

#### **Практические - 2 часа**

**Занятие 6.** Форма проведения занятий – решение задач.

Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса в радиоактивных распадах. Энергия распада. Период и среднее время жизни распада. Экспериментальное определение периода полураспада. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

**Управление самостоятельной работой студента.**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

## **Раздел 7. Ядерные реакции**

### **Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 7.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Механизмы ядерных реакций. Прямые ядерные реакции и реакции через составное ядро. Статистическое описание ядерных реакций. Сечения ядерных реакций и функции возбуждения. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса в реакциях. Виды реакции по энергии. Экзоэнергетические и эндоэнергетические реакции.

### **Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Изучение поглощения гамма-излучения в веществе. - 1

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

### **Практические - 2 часа**

**Занятие 7.** Форма проведения занятий – решение задач.

Связь энергии реакции с массами ядер и с энергией связи ядер. Порог ядерной реакции. Входные и выходные каналы ядерных реакций. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

### **Управление самостоятельной работой студента.**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

## **Раздел 8. Реакции с нейтронами**

### **Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 8.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Упругое рассеяние нейтронов. Неупругое рассеяние нейтронов. Радиационный захват. Реакции нейтрон-протон. Реакции нейтронов с вылетом альфа-частиц. Вынужденное деление. Реакции накопления радиоактивных изотопов.

### **Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Изучение поглощения гамма-излучения в веществе. - 2

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

### **Практические - 2 часа.**

**Занятие 8.** Форма проведения занятий – решение задач.

Изменение скорости и кинетической энергии при упругом рассеянии. Замедление нейтронов. Активация нейтронами. Энергетика вынужденного деления. Возникновение радиоактивных цепочек. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

### **Управление самостоятельной работой студента**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.

## **Раздел 9. Виды реакций**

### **Теоретические занятия (лекции) 2 часа**

**Лекция 9.** Информационная лекция, посвящённая следующим вопросам. Реакции с фотонами. Реакции с нейтрино. Реакции с электронами. Реакции с протонами. Реакции с альфа-частицами. Реакции с тяжелыми ионами.

### **Лабораторный практикум – 2 часа, 1 работа.**

Наименование работ: Определение периода полураспада короткоживущего изотопа  $^{116m}\text{In}$ . Определение максимальной энергии бета-спектра по толщине слоя половинного поглощения.

Форма выполнения в группах по 2 человека, на реальном оборудовании, типовая работа.

Цель работы заключается в приобретении навыков практической работы на физическом оборудовании.

Используется оборудование, находящееся в лаборатории ядерной физики, находящейся в помещениях НИИАР.

### **Практические - 2 часа.**

**Занятие 9.** Форма проведения занятий – решение задач.

Ядерный фотоэффект. Регистрация нейтрино. Форма ядра и распределения заряда в нём. Экспериментальное определение радиуса атомных ядер. Накопление изотопов в радиоактивных цепочках. Отрабатываемые вопросы связаны с актуализацией единиц измерения, знания основных формул, способами выбора оптимального пути решения задач.

### **Управление самостоятельной работой студента**

Консультации по лекционному материалу, консультации по решению аудиторных и домашних задач.