«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана инженерно-физического факультета

_____/Алиева М.Ф.

« 16 » марта 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.07.06 Атомная и ядерная физика

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность: Фундаментальная физика

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Майкоп, 2021

Факультет: Инженерно-физический

Кафедра: Теоретической физики

Составитель (разработчик) программы: д.ф.-м.н., доцент Тлячев В.Б.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики, протокол № 8 от «16» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., доцент Тлячев В.Б.

Согласовано:
Председатель УМК факультета: ст. преподаватель Плисенко О.А.

Содержание

Пояснительная записка **4**

1. Цели и задачи дисциплины (модуля). **4**

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы **6**

3. Содержание дисциплины (модуля) **6**

4. Самостоятельная работа обучающихся **9**

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) **20**

6. Образовательные технологии **22**

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю) **24**

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов **27**

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) **30**

10. Лист регистрации изменений **31**

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки *03.03.02 Физика,* направленность Фундаментальная физика.

Дисциплина (модуль) «Атомная и ядерная физика» относится к относится к обязательной части Блока 1 дисциплин учебного плана.

Для освоения дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик: элементарная физика (введение в физику), молекулярная физика, электричество и магнетизм, дифференциальные уравнения, теория вероятностей, квантовая теория, ознакомительная практика 2.

Трудоемкость дисциплины: 9 з.е./ 324 ч.;
контактная работа 132,55, из них
занятия лекционного типа – 62 ч.,
занятия семинарского типа (семинары) – 64 ч.,
контроль самостоятельной работы – 6 ч.,
иная контактная работа – 0,55 ч..
Контролируемая письменная работа – 0 ч.,
СР – 155,75 ч.,
контроль – 35,7 ч.

Ключевые слова: абсолютно-черное тело, формула Планка, квант, фотоэффект, атом, опыт Резерфорда, модели атомов, теория Бора для атома, гипотеза де Бройля, дифракция электронов, волновая функция, фермионы, бозоны, периодическая система элементов Менделеева, ядро атома, радиоактивность, закон радиоактивного распада, энергия связи ядра, спин ядра, сверхтонкая структура спектральных линий, альфа-распад, бета-распад, ядерные силы, ядерная реакция, термоядерная реакция, элементарная частица, античастицы, заряд (электрический, лептонный, барионный), квантовые числа, электромагнитные взаимодействия сильные взаимодействия, слабые взаимодействия, космические лучи.

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения курса «Атомная и ядерная физика» - формирование современного представления о структуре вещества и процессах, протекающих в микросистемах.

Цель дисциплины (модуля) достигается формированием следующих общепрофессиональных компетенций:

– способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

– способность проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-2).

Задачи дисциплины *(модуля)*:

- ознакомить студентов с основными законами, теориями и экспериментами курса «Атомная и ядерная физика» и создать базу для изучения в дальнейшем таких разделов теоретической физики физика конденсированного состояния, астрофизика;
- сформировать современные представления о природе света, о процессах распространения света и его взаимодействия с веществом;
- выяснить физический смысл и содержание основных понятий физики атомного ядра и элементарных частиц, сообщить студентам основные принципы и законы по данному разделу физики и их выражение в виде математических уравнений;

- ознакомить студентов с основными физическими явлениями, методами их наблюдения, с главными методами точного измерения физических величин;
- дать студентам ясное представление о границах применимости физических моделей, теорий и законов;
- помочь студентам овладеть философскими и методологическими вопросами атомной физики, ознакомиться с этапами истории его развития;
- формировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего мира на основе обобщения экспериментальных данных и построения моделей наблюдаемых явлений;
- привить навыки самостоятельной работы по предмету;
- формировать правильное представление о роли физики в научно- техническом прогрессе;
- формировать научное мышление, способное гибко перестраиваться к восприятию неизбежных трансформаций старых представлений в принципиально новые;
- развивать у студентов умения ставить и решать конкретные задачи;
- развивать любознательность и интерес к изучению физики;
- помочь студентам осознать, что многие прикладные направления (например, атомная и ядерная энергетика) – это модифицированные развитием техники разделы физики и без нее они не могли бы развиваться.

Таблица 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция (код и наименование)	**Индикаторы достижения компетенций** (код и наименование)	**Результаты обучения**
ОПК 1	ОПК-1.1. Анализирует проблемы, процессы и явления в области физики, использует на практике базовые знания и методы физических исследований.	*Знает:* терминологию, основные законы атомной и ядерной физики, на основе которых анализируются проблемы, процессы и явления в области физики. *Умеет:* анализировать проблемы, процессы и явления в физических системах атомной и ядерной физики. *Владеет:* навыками практического применения общих методов атомной и ядерной физики к решению конкретных задач.
	ОПК-1.4. Использует математический аппарат для описания, анализа теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	*Знает:* основные математические методы (дифференциального и интегрального исчисления, алгебры, теории вероятностей и мат. статистики), применяемые для описания, анализа теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических систем, явлений и процессов. *Умеет:* применять основные математические методы при теоретическом описании и исследовании физических систем. *Владеет:* математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования

		физических микросистем.
ОПК 2	ОПК-2.1. Разрабатывает математические модели физических объектов, систем и процессов. Осваивает современное физическое оборудование различного назначения, работает на нем.	*Знает:* математические модели явлений и процессов в атомной и ядерной физике. *Умеет:* разрабатывать математические модели явлений и процессов в атомной и ядерной физике. *Владеет:* навыком разработки простых математических моделей в атомной и ядерной физике.
	ОПК-2.3. Решает стандартные задачи профессиональной деятельности.	*Знает:* знает постановку и типичные алгоритмы решения стандартных задач. *Умеет:* решать стандартные задачи в атомной и ядерной физике. *Владеет:* методикой решения типичных задач атомной и ядерной физики на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения.

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Таблица 2. Объем дисциплины (модуля) общая трудоемкость: _9_ з.е. / _324_ ч.
Форма обучения очная

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
		VI	VII		
Общая трудоемкость дисциплины	324	216	108		
Контактная работа:					
занятия лекционного типа	62	30	32		
занятия семинарского типа (семинары)	64	30	34		
контроль самостоятельной работы	6	4	2		
иная контактная работа	0,55	0,25	0,3		
контролируемая письменная работа					
контроль	35,7		35,7		
Самостоятельная работа (СР)	155,75	151,75	4		
Промежуточный контроль		зачет	экзамен		
Вид окончательного промежуточного контроля	**экзамен**				

3. Содержание дисциплины (модуля)

Таблица 3. Распределение часов по темам и видам учебной работы
Форма обучения *очная*
Семестр _VI_

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	Контроль	КСР	СР и иная работа
1.	Модуль 1. Излучение и его корпускулярно-волновые	72	10	10		2	50

	свойства.						
2.	Модуль 2. Ядерная модель атома и теория Бора.	81	10	10		1	60
3.	Модуль 3. Волновые свойства вещества.	63	10	10		1	42
Итого:		216	30	30		4	152

Содержание дисциплины в VI семестре

Введение. Идея атомистического воззрения на природу вещества. Атом, взаимодействие электронов и ядер, взаимодействие атомов, процессы излучения как объекты атомной физики. Дискретность состояний атомных систем, вероятностный характер изменения состояний, волновой характер движения в пространстве. Единая атомистическая природа видов физического взаимодействия. Характерные масштабы величин в атомной физике.

Модуль 1. Излучение и его корпускулярно-волновые свойства.

Тема 1. Основные характеристики поля излучения и излучающих тел: спектральная плотность излучения, испускательная и поглощательная способность и единицы их измерения. Связь между испускательной способностью и плотностью энергии направленного и изотропного излучения. Связь между спектральными плотностями в шкале длин волн и шкале частот. Свойство равновесности теплового излучения. Закон Кирхгофа для теплового излучения. Понятие абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула спектрального распределения Вина. Формула Релея-Джинса Формула Планка и понятие кванта.

Тема 2. Внешний фотоэффект и его законы. Недостаточность классической физики для их объяснения. Гипотеза о квантах излучения, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Многофотонный фотоэффект. Квантовый выход.

Тема 3. Эффект Комптона и законы сохранения при рассеянии фотонов. Эффект Комптона при рассеянии рентгеновских лучей: основные закономерности. Недостаточность классической теории для объяснения эффекта и квантовая трактовка. Законы сохранения энергии и импульса в процессах с участием фотонов.

Тема 4. Флуктуации энергии излучения и корпускулярно-волновая природа света. Волновая и корпускулярная компоненты флуктуации энергии излучения. Двойственные свойства света.

Модуль 2. Ядерная модель атома и теория Бора.

Тема 1. Экспериментальное обоснование ядерной модели атома. Ранние модели атома. Экспериментальные схемы исследований строения атома. Опыты Резерфорда-Гейгера по рассеянию альфа-частиц. Оценка размеров ядра. Сечение рассеяния. Формула Резерфорда и ее экспериментальная проверка. Ядерная модель атома и несоответствие ей классических представлений.

Тема 2. Теория атома Бора и ее подтверждение. Проблема закономерностей в спектрах излучения атомов. Комбинационный принцип Ритца. Спектральные серии атома водорода. Постулаты Бора о дискретных стационарных состояниях атома и переходах между ними. Боровское условие квантования и его толкование в рамках принципа соответствия. Уровни энергии стационарных состояний атома водорода. Объяснение спектральных серий атома водорода. Изотопическое смещение спектральных линий. Опыты Франка и Герца как прямое наблюдение стационарных состояний в атоме. Способы возбуждения атомов, потенциал ионизации.

Модуль 3. Волновые свойства вещества.

Тема 1. Волновая гипотеза Де-Бройля и опыты по дифракции и интерференции частиц вещества. Оптико-механическая аналогия между частицей в силовом поле и лучом света в среде. Волна Де Бройля, соотношения Де Бройля для частоты и длины волны.

Вероятностный смысл волновой функции частицы. Объяснение боровского условия квантования с помощью волновых свойств электрона в атоме. Опыты по интерференции и дифракции электронов. Принцип электронной микроскопии.

Тема 2. Основные принципы квантовой механики частицы и уравнение Шредингера. Принципы суперпозиции и принцип неопределенности. Соотношения неопределенности для координаты и импульса, его физическое истолкование. Соотношение неопределенности для энергии и времени, его физическое истолкование. Квантование момента импульса и его проекции. Сложение квантованных моментов импульса.

Тема 3. Неклассические свойства движения микрочастицы. Квантование энергетических уровней связанной частицы.

Семестр _VII_

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	Контроль	КСР	СР и иная работа
4.	Модуль 4. Квантово-механическая картина строения и свойств атома.	30,2	8	10	10,7	0,5	1
5.	Модуль 5. Свойства атомных ядер. Радиоактивность.	25,8	8	8	8	0,5	1,3
6.	Модуль 6. Ядерные реакции.	26,5	8	8	9	0,5	1
7.	Модуль 7. Элементарные частицы.	25,5	8	8	8	0,5	1
Итого:		108	32	34	35,7	2	4,3

Содержание дисциплины в VII семестре

Модуль 4. Квантово-механическая картина строения и свойств атома.

Тема 1. Волновые функции и квантовые числа стационарных состояний атома водорода. Результаты решения уравнения Шредингера для атома водорода. Волновые функции и электронные облака в атоме водорода. Квантовые числа и форма электронных облаков. Физические величины, определяющие стационарные состояния электрона в атоме водорода.

Тема 2. Принцип запрета Паули и электронные конфигурации многоэлектронного атома. Принцип неразличимости тождественных частиц и принцип запрета Паули. Электронные оболочки и слои. Эквивалентные электроны и электронные конфигурации.

Тема 3. Периодическая система элементов Менделеева. Построение периодической системы элементов с помощью принципов наименьшей энергии, принципа запрета Паули. Периодичность ионизационных потенциалов и атомных объемов.

Тема 4. Систематизация состояний многоэлектронного атома. Электрическое и спин-орбитальное взаимодействия в многоэлектронном атоме. Векторная модель атома. Типы связи электронов в атоме. Правила Хунда, их физический смысл. Правила отбора для излучательных переходов. Схемы атомарных уровней энергии и излучательных переходов. Уровни энергии и оптический спектр атома натрия. Уровни энергии и оптический спектр атома гелия.

Тема 5. Атом во внешнем магнитном поле. Эффект Зеемана расщепления спектральных линий атома в магнитном поле и объяснение простого эффекта Зеемана с позиций классической электронной теории. Расщепление энергетических уровней атома в магнитном поле. Гиромагнитный множитель Ланде. Эффект Пшена-Бака. Магнитный резонанс и его применения. Принцип магнитно-резонансной томографии.

Модуль 5. Свойства атомных ядер. Радиоактивность.

Тема 1. Введение: исторический обзор. Энергия связи ядра, размеры ядра. Спин ядра и сверхтонкая структура спектральных линий. Влияние спина ядра на эффект

Зеемана. Четность. Закон сохранения четности. Электрические свойства и форма ядра.

Тема 2. Введение в радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад.

Тема 3. Эффект Мессбауэра. Модели атомных ядер, общие сведения. Оболочечная модель ядра. Свойства ядерных сил.

Тема 4. Ядерные силы. Нуклон-нуклонное взаимодействие. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Прохождение заряженных частиц через вещество. Прохождение гамма квантов через вещество.

Модуль 6. Ядерные реакции.

Тема 1. Терминология и определения. Законы сохранения в ядерных реакциях. Ядерные реакции. Составное ядро. Ядерные реакции, идущие через составное ядро.

Тема 2. Деление тяжелых ядер. Цепная реакция. Возможность получения энергии за счет реакции синтеза легких ядер. Проблема управляемого термоядерного синтеза.

Тема 3. Источники и методы регистрации ядерных частиц. Эксперименты в физике высоких энергий.

Модуль 7. Элементарные частицы.

Тема 1. Частицы и взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Античастицы.

Тема 2. Законы сохранения энергии и импульса и их приложения. Законы сохранения электрического, лептонных и барионного зарядов. Другие законы сохранения и квантовые числа.

Тема 3. Механизмы взаимодействия элементарных частиц. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.

Тема 4. Современные астрофизические представления: источники энергии звезд, космические лучи.

4. Самостоятельная работа обучающихся

Цели самостоятельной работы – освоить те разделы дисциплины, которые не были затронуты в процессе аудиторных занятий, но предусмотрены рабочей программой, а также расширить границы получаемых знаний, умений и навыков (владений) в процессе дополнительного изучения отдельных тем, решении практических задач, исследования отдельных вопросов дисциплины с помощью учебно-методической литературы; подготовиться к занятиям лекционного и семинарского типа.

Виды самостоятельной работы:

- выполнение домашних заданий;
- подготовка рефератов;
- изучение отдельных тем, вопросов, их конспектирование;
- подготовка докладов по отдельным вопросам тем;
- подготовка презентаций по отдельным вопросам тем;
- выполнение домашних контрольных заданий;
- подготовка к занятиям лекционного и семинарского типа;
- подготовка к текущим контрольным мероприятиям;
- другие виды самостоятельной работы студентов.

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы рабочей программы	Форма отчетности
1	Внеаудиторная:		

	- изучение теоретического материала по конспектам лекций; конспектирование вопросов, оговоренных на лекции, по учебной литературе; - выполнение домашних заданий и подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка рефератов, докладов (презентаций) для выступления	1-7	Конспект лекций, письменные ответы на вопросы Тексты заданий и ответов Текст реферата, выступление, презентация

4.1. Типы семестровых заданий:

Темы рефератов для самостоятельной работы

1. Тепловое излучение реальных тел. Принцип действия тепловизора.
2. Формула Планка и спектральное распределения интенсивности излучения Солнца. Измерение мощности излучения Солнца.
3. Внутренний фотоэффект. Фотодиоды и фотосопротивления. Проблема быстродействие фотодетекторов и ограничение скорости передачи информации в оптических линиях связи.
4. Эффект Комптона при рассеянии рентгеновских лучей на свободных электронах. Лазеры на свободных электронах.
5. Атомная и ядерная физика в школьном курсе физики.
6. Лазеры и их применение.
7. Лазерный эталон метра.
8. Ядерный магнетон Бора и принцип и устройство магнитно-резонансного томографа (МРТ).
9. Туннельный эффект и принцип работы туннельного микроскопа.
10. Дифракция рентгеновских лучей для диагностики структуры кристаллов.
11. Рентгеновские серии, закон Мозли и его применение для элементного анализа в электронном микроскопе.
12. Структура нуклона.
13. Элементарная теория дейтона.
14. Трансурановые элементы.
15. Тормозное излучение.
16. Излучение Вавилова- Черенкова.
17. История открытия нейтрона и его свойства.
18. Методы регистрации нейтронов.
19. Открытие деления ядер.
20. Возможность использования ядерной энергии.
21. Термоядерный синтез.
22. Физика нейтрино.
23. Радиационные пояса Земли.
24. Реакторные материалы. Ядерное топливо.
25. Атомная энергетика.
26. Ускорители заряженных частиц.
27. Дозиметрия.
28. Детектирование ядерных излучений.

Примеры заданий для практических занятий
Часть А

1. Определите задерживающее напряжение, необходимое для прекращения эмиссии электронов с фотокатода, если на его поверхность падает излучение с длиной волны 0,4 мкм, а красная граница фотоэффекта 0,67 мкм. Постоянная Планка $6{,}63\cdot10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $3\cdot10^{8}$ м/с. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до сотых.

Дано:	**Решение:**
$\lambda = 0{,}4$ мкм $= 4\cdot10^{-7}$м $\lambda_{кр} = 0{,}67$ мкм $= 6{,}7\cdot10^{-7}$м $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ Дж·с $c = 3\cdot10^{8}$ м/с	Формула Эйнштейна для фотоэффекта: $h\frac{c}{\lambda} = A + \frac{m\upsilon^2}{2}$ или $h\frac{c}{\lambda} = A + eU_з$.
$U_з$ – ?	Для красной границы фотоэффекта $h\frac{c}{\lambda_{кр}} = A$,

тогда $U_з = \dfrac{hc\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{1}{\lambda_{кр}}\right)}{|e|} = \dfrac{6{,}63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}\left(\dfrac{1}{4\cdot10^{-7}} - \dfrac{1}{6{,}7\cdot10^{-7}}\right)}{1{,}6\cdot10^{-19}} = 1{,}25$ (В).

Ответ: $U_з = 1{,}25$ В

2. Чему равна масса фотона рентгеновского излучения с длиной волны $2{,}5\cdot10^{-10}$ м?

1) 0 кг; 2) $3{,}8\cdot10^{-33}$ кг; 3) $6{,}6\cdot10^{-32}$ кг; 4) $8{,}8\cdot10^{-31}$ кг; 5) $1{,}6\cdot10^{-19}$ кг.

Дано:	**Решение:**
$\lambda = 2{,}5\cdot10^{-10}$ м	Энергия фотона: $\varepsilon = h\frac{c}{\lambda}$; энергия и масса связаны соотношением:
m – ?	

$\varepsilon = mc^2$. Тогда $mc^2 = h\frac{c}{\lambda}$; отсюда $m = \frac{h}{c\lambda} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}}{3\cdot10^{8}\cdot2{,}5\cdot10^{-10}} = 8{,}8\cdot10^{-31}$ (кг).

Ответ: [4]

3. Пучок ультрафиолетовых лучей с длиной волны $1\cdot10^{-7}$ м сообщает металлической поверхности за 1 секунду энергию 10^{-6} Дж. Определить силу возникшего фототока, если фотоэффект вызывают 1% падающих фотонов.

1) $5\cdot10^{-10}$ А; 2) $6\cdot10^{-14}$ А; 3) $7\cdot10^{-10}$ А; 4) $8\cdot10^{-10}$ А; 5) $5\cdot10^{-9}$ А.

Дано:	**Решение:**
$\lambda = 10^{-7}$ м $\Delta t = 1$ с $W = 10^{-6}$ Дж $N_2 = 0{,}01N_1$	$W = \varepsilon N_1$, $N_1 = \frac{\varepsilon}{W}$, где W – энергия всех фотонов в пучке, N_1 – число фотонов в пучке, $\varepsilon = h\frac{c}{\lambda}$ – энергия одного фотона;
J – ?	$N_1 = \frac{W\lambda}{hc}$; $N_2 = 0{,}01N_1$; $J = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\lvert e\rvert N_2}{\Delta t} = \frac{\lvert e\rvert 0{,}01W\lambda}{hc\Delta t} = 8\cdot10^{-10}$ (А).

Ответ: [4]

4. Мощность излучения Солнца $3{,}9\cdot10^{26}$ Вт. Считая его излучение постоянным, найдите, за какое время масса Солнца уменьшится вдвое? Принять массу Солнца

$1{,}9894\cdot10^{30}$ кг, скорость света в вакууме $3\cdot10^{8}$ м/с. Результат представьте в терагодах (1 Тера = 10^{12}) и округлите до целого числа.

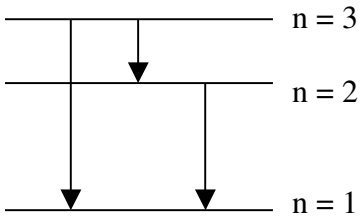
Дано:	**Решение:**
$P = 3{,}9\cdot10^{26}$ Вт $\Delta m = M/2$ $M = 1{,}9894\cdot10^{30}$ кг $c = 3\cdot10^{8}$ м/с	Связь массы и энергии: $\Delta E = \Delta mc^2$; где $\Delta E = Pt$, отсюда $Pt = \Delta mc^2$; $\Delta m = \dfrac{M}{2}$, тогда $t = \dfrac{Mc^2}{2P}$.
t – ?	$t = \dfrac{1{,}9894\cdot10^{30}\cdot(3\cdot10^{8})^2}{2\cdot3{,}9\cdot10^{26}} = 2{,}3\cdot10^{20}(\text{с}) == 7\cdot10^{12}(\text{лет}) = 7(\text{Тлет})$

Ответ: $t = 7$ Тлет

5. Сколько возможных квантов с различной энергией может испустить атом водорода, если электрон находится на третьей стационарной орбите?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.

Решение:



Ответ: [3]

6. Какое неизвестное ядро X образуется в результате ядерной реакции $p + {}^{11}_{5}B \to \alpha + \alpha + X$?

1) ${}^{3}_{2}\text{He}$; 2) ${}^{4}_{2}\text{He}$; 3) ${}^{6}_{3}\text{Li}$; 4) ${}^{1}_{1}p$; 5) ${}^{3}_{1}\text{H}$.

Решение:

$${}^{1}_{1}\text{P} + {}^{11}_{5}\text{B} \to {}^{4}_{2}\alpha + {}^{4}_{2}\alpha + {}^{A}_{z}X\ ;$$

Используя закон сохранения энергии и закон сохранения массы, определяем ${}^{A}_{z}X$. $A = 4$, $Z = 2$. Это ${}^{4}_{2}\text{He}$.

Ответ: [2]

7. На поверхность площадью 3 см^2 за 5 минут падает свет с энергией 20 Дж. Определить световое давление на поверхность, если она: а) полностью поглощает лучи; б) полностью отражает лучи.

Дано:	**Решение:**
$S = 3$ см^2 $= 3\cdot10^{-4}$ м^2 $t = 5$ мин $= 300$ с $W = 20$ Дж	а) полное поглощение $\Delta p = \dfrac{h}{\lambda}$; $p_3' = \dfrac{W}{Stc} = 7{,}4\cdot10^{-7}$ Па.
p_3' – ?	б) $p = \dfrac{h}{\lambda}$ – импульс фотона. При отражении изменение

импульса фотона $\Delta p = -2\dfrac{h}{\lambda}$. Такой же импульс получит зеркало $p_3 = |\Delta p| = \dfrac{2h}{\lambda}$, если N

фотонов, отраженных за единицу времени на единицу площади $N' = \frac{W}{St\varepsilon} = \frac{W\lambda}{Sthc}$.

$$p_3' = \frac{2h}{\lambda} \cdot \frac{W\lambda}{Sthc} = \frac{2W}{Sthc} = 14{,}8 \cdot 10^{-7}\ \text{Па}.\ .$$

Ответ: p_3' = 7,4·10^{-7} Па; p_3' = 14,8·10^{-7} Па.

8. Сколько граммов урана с атомной массой 0,238 кг/моль расщепляется за сутки работы атомной электростанции, тепловая мощность которой 10^6 Вт? Дефект массы при делении ядра урана равен 4·10^{-28} кг. КПД электростанции составляет 20%.

Дано:
M = 0,238 кг/моль
t = 1 сут = 86400 с
P = 10^6 Вт
Δm = 4·10^{-28} кг
η = 20% = 0,2

m_1 – ?

Решение:

Коэффициент полезного действия $\eta = \frac{A_п}{A_з}$, где $A_п = Pt$, $A_з = E$,

т.е. $\eta = \frac{Pt}{E}$. $E = (\Delta mc^2)N$; где $N = \frac{m}{M} N_A$ – число ядер в массе m. Тогда $\eta = \frac{PtM \cdot 100\%}{(\Delta mc^2) m_1 N_A}$, отсюда

$$m_1 = \frac{PtM}{\Delta mc^2 \eta N_A} = 4{,}7 \cdot 10^{-3}\ \text{кг} = 4{,}7\ \text{г}.$$

Ответ: m_1 = 4,7 г

9. Электрон, ускоренный электрическим полем, приобрел скорость, при которой его масса стала равна удвоенной массе покоя. Чему равна разность потенциалов, пройденная электроном? Масса покоя электрона 9,1·10^{-31} кг, заряд электрона 1,6·10^{-19} Кл, скорость света в вакууме 3·10^8 м/с. Результат представьте в мегавольтах (1 МВ = 10^6 В) и округлите до десятых.

Дано:
m_0 = 9,1·10^{-31} кг
$|e|$ = 1,6·10^{-19} Кл
c = 3·10^8 м/с

U – ?

Решение:

Работа поля $A = |e|U$ идет на изменение кинетической энергии частицы $\Delta E_к = E_к - 0 = E_к$; $E_к = mc^2 - m_0c^2 = 2m_0c^2 - m_0c^2 = m_0c^2$;

$$|e|U = m_0c^2;\ U = \frac{m_0c^2}{|e|},\ m_0 \text{ – масса покоя, } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

$$U = \frac{m_0c^2}{|e|} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 0{,}51\ \text{(МВ)}$$

Ответ: U = 0,5 МВ

10. Какое количество воды, взятой при 0°С можно перевести в пар, если использовать все тепло, выделяющееся при образовании из протонов и нейтронов 0,2 г гелия? Результат представьте в тоннах (т) и округлите до целого числа.

Дано:	**Решение:**
$t = 0°C$, $T = 273$ К $t = 100°C$, $T = 373$ К $m_г = 0{,}2$ г $= 2\cdot10^{-4}$ кг	Энергия, выделяющаяся при образовании из протонов и нейтронов гелия, идет на нагревание и парообразование воды $E = Q_1 + Q_2$, где $Q_1 = C_в m_в \Delta T$, $Q_2 = r\, m_в$. $E = \Delta m_г c^2 \cdot N$,
$m_в$ – ?	

$N = \dfrac{m_г}{M_г} N_A = 3{,}01\cdot10^{22}$. Тогда $C_в m_в (T_к - T_1) + r m_в = \Delta m_г c^2 \dfrac{m_г}{M_г} N_A$; $\Delta m_г$ – дефект массы ядра гелия. $\Delta m_г = z m_p + n m_n - m_я$, $z = 2$, $n = 2$. $\Delta m_г = 4.73\cdot10^{-29}$ кг.

$E = 1{,}3\cdot10^{11}$ Дж. $m_в = \dfrac{E}{C_в \Delta T + r} = 48\cdot10^3$ (кг) = 48 (т).

Ответ: $m_в = 48$ т.

11. Какая часть атомов радиоактивного кобальта $^{58}_{27}Co$ распадается за 20 суток, если период полураспада равен 72 суткам?

Дано:	**Решение:**
$^{58}_{27}Co$ $t = 20$ суток $T = 72$ сут	Используем закон радиоактивного распада: $N = N_0 e^{-\lambda t}$, где N - число нераспавшихся атомов; $N' = N_0 - N$ – число распавшихся атомов. $N' = N_0(1 - e^{-\lambda t})$, $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T}$ – постоянная радиоактивного распада атомов.
$\dfrac{N'}{N_0}$ = ?	

$\dfrac{N'}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t}$ – доля распавшихся атомов. $\dfrac{N'}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t} = 0{,}175$.

Ответ: $\dfrac{N'}{N_0} = 0{,}175$

Часть Б

1. Электрон в атоме водорода может находиться на круговых орбитах радиусами 0,5·10-8 м и 2·10-8 м. Во сколько различаются угловые скорости электрона на этих орбитах?

Дано:	**Решение:**
$r_1 = 0{,}5\cdot10^{-8}$ м $r_2 = 2\cdot10^{-8}$ м	$F_к = m a_ц$; $a_ц = \omega^2 r$; $F_к = \dfrac{q_я \lvert e \rvert}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$; $\dfrac{q_я \lvert e \rvert}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = m\omega^2 r$
ω_1/ω_2 – ?	

$$\frac{q_я \lvert e \rvert}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2} = m\omega_1^2 r_1 \quad (1); \qquad \frac{q_я \lvert e \rvert}{4\pi\varepsilon_0 r_2^2} = m\omega_2^2 r_2 \quad (2)$$

Разделим уравнение (1) на (2), получим

$$\frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{\omega_1^2 \cdot r_1}{\omega_2^2 \cdot r_2}, \qquad \text{отсюда} \qquad \frac{\omega_1}{\omega_2} = \sqrt{\frac{r_2^2}{r_1^2} \cdot \frac{r_2}{r_1}} = \sqrt{\frac{r_2^3}{r_1^3}} = \sqrt{\frac{(2\cdot10^{-8})^3}{(0{,}5\cdot10^{-8})^3}} = 8$$

Ответ: $\omega_1/\omega_2 = 8$

2. На сколько увеличится масса пружины жесткостью 10 кН/м при ее растяжении на 3 см (1 кН = 10^3 Н). Скорость света в вакууме $3\cdot10^8$ м/с. Результат представьте в аттокилограмах (1 акг = 10^{-18} кг).

Дано:
k = 10 кН/м
Δx = 3 см
$c = 3\cdot10^8$ м/с
m – ?

Решение:

Закон сохранения энергии $\Delta m\cdot c^2 = \dfrac{k\cdot x^2}{2}$, отсюда

$$\Delta m = \frac{k\cdot x^2}{2\cdot c^2} = \frac{10^4\cdot 9\cdot 10^{-4}}{2\cdot 9\cdot 10^{16}} = 50\,(\text{акг})$$

Ответ: m = 50 акг

3. С помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитное поле 0,01 Тл, наблюдается упругое рассеяние α-частицы на неподвижных ядрах дейтерия. Найдите начальную энергию α-частицы, если радиусы кривизны начальных участков траекторий ядра дейтерия и α-частицы после рассеяния оказались равными 0,1 м. Обе траектории лежат в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля. Масса протона $m_p = 1{,}67\cdot10^{-27}$ кг, элементарный заряд $q_p = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл. Считать массу α-частицы равной $4m_p$, заряд $2q_p$; массу ядра дейтерия – $2m_p$, заряд q_p. Результат представьте в эВ (1 эВ = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж) и округлите до целого числа.

Дано:
B = 0,01 Тл
R = 0,1 м
$m_p = 1{,}67\cdot10^{-27}$ кг
$q_p = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
$m_\alpha = 4m_p$
$q_\alpha = 2q_p$
$m_д = 2m_p$
$q_д = q_p$
W_α – ?

Решение:

$W_\alpha = W'_\alpha + W_\partial$ – закон сохранения энергии

$W'_\alpha = \dfrac{m_\alpha \upsilon_\alpha^2}{2}$ – энергия α-частицы после рассеяния

$F_л = ma_ц$; $\quad q_\alpha B\upsilon_\alpha = \dfrac{m_\alpha\upsilon_\alpha^2}{R}$, $\quad$ отсюда $\quad \upsilon_\alpha = \dfrac{q_\alpha BR}{m_\alpha}$

$$W'_\alpha = \frac{m_\alpha}{2}\left(\frac{q_\alpha BR}{2m_\alpha}\right)^2 = \frac{(q_\alpha BR)^2}{2m_\alpha}; \qquad W_д = \frac{(q_д BR)^2}{2m_д}$$

$$W_\alpha = \frac{(q_\alpha BR)^2}{2m_\alpha} + \frac{(q_д BR)^2}{2m_д} = \frac{(BR)^2}{2}\left(\frac{4q_p^2}{4m_p} + \frac{q_p^2}{2m_p}\right) = \frac{(BR)^2}{2}\cdot\frac{3}{2}\cdot\frac{q_p^2}{m_p} = \frac{3}{4}\cdot\frac{(BRq_p)^2}{m_p} =$$

$$= \frac{3}{4}\cdot\frac{(0{,}01\cdot0{,}1\cdot1{,}6\cdot10^{-19})^2}{1{,}67\cdot10^{-27}} = 72\,(\text{эВ})$$

Ответ: W_α = 72 эВ

4. Энергия покоя электрона 0,51 МэВ (1 МэВ = $1{,}6\cdot10^{-13}$ Дж). Какова скорость электрона после сообщения ему энергии 1 МэВ в ускорителе? Результат представьте в гигаметрах за секунду (1 Гм/с = 10^9 м/с) и округлите до сотых. Скорость света в вакууме $3\cdot10^8$ м/с.

Дано:
E_0 = 0,51 МэВ
$E_к$ = 1 МэВ
с = $3\cdot10^8$ м/с

Решение:

$E = mc^2$; $\quad E = E_0 + E_к$;

υ – ?

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{\upsilon}{c}\right)^2}}; \qquad E_0 = m_0 c^2;$$

$$\frac{E_0 + E_к}{E_0} = \frac{m_0 c^2}{m_0 c^2 \sqrt{1-\left(\frac{\upsilon}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{\upsilon}{c}\right)^2}};$$

$$1-\left(\frac{\upsilon}{c}\right)^2 = \left(\frac{E_0}{E_0 + E_к}\right)^2;$$

$$\upsilon = c \cdot \sqrt{1-\left(\frac{E_0}{E_0 + E_к}\right)^2} = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1-\left(\frac{0{,}51}{0{,}51+1}\right)^2} = 2{,}82 \cdot 10^8 \text{ (м/с)} = 0{,}28 \text{ (Гм/с)}$$

Ответ: υ = 0,28 Гм/с

5. На дифракционную решетку падает нормально пучок света от газоразрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решетки $5 \cdot 10^{-4}$ см. С какой орбиты должен перейти электрон на вторую орбиту, чтобы спектральную линию в спектре 5-го порядка можно было наблюдать под углом 41°. Постоянную Ридберга принять равной 10967876 м$^{-1}$.

Дано:

$d = 5 \cdot 10^{-4}$ см

$m = 2$

$k = 5$

$\varphi = 41°$

n – ?

Решение:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right); \qquad \frac{1}{n^2} = \frac{1}{m^2} - \frac{1}{R\lambda}; \qquad n = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{m^2} - \frac{1}{R\lambda}}}$$

$d \sin\varphi = k\lambda$, отсюда $\lambda = \dfrac{d \sin\varphi}{k}$

$$n = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{m^2} - \frac{k}{Rd\sin\varphi}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{5}{10967876 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot \sin 41}}} = 3$$

Ответ: $n = 3$

6. В результате реакции слияния неподвижных ядер дейтерия (заряд ядра $Z = 1$, массовое число $A = 2$) и трития ($Z = 1$, $A = 3$) образуется новое ядро и нейтрон. Определите кинетическую энергию нейтрона. Зависимостью массы от скорости пренебречь. Принять: 1 а.е.м. = 931,49 МэВ; масса атома дейтерия – 2,0141 а.е.м.; масса атома трития – 3,01605 а.е.м.; масса атома гелия – 4,00260 а.е.м.; масса нейтрона – 1,00867 а.е.м. Результат представьте в мегаэлектрон-вольтах и округлите до целого числа.

Дано:

${}^2_1\text{H}$; ${}^3_1\text{H}$

$m_д = 2{,}0141$ а.е.м.

$m_{тр} = 3{,}01605$ а.е.м.

$m_г = 4{,}00260$ а.е.м.

$m_n = 1{,}00867$ а.е.м.

Решение:

${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{H}$

$Q = [m_д + m_{тр} - m_г - m_n] \cdot c^2$ – энергия, выделяемая при слиянии ядер дейтерия и трития

$Q = 17{,}5$ (МэВ)

Эта энергия распределяется между атомами гелия и нейтрона

$E_{к.n}$ – ? | $0 = m_г\upsilon_г - m_n\upsilon_n$; $m_г\upsilon_г = m_n\upsilon_n$

Возведем последнее выражение в квадрат

$$(m_г\upsilon_г)^2 = (m_n\upsilon_n)^2$$

Определим соотношение $E_{к.г} / E_{к.n}$

$$m_г\left(\frac{m_г\upsilon_г^2}{2}\right) = m_n\left(\frac{m_n\upsilon_n^2}{2}\right); m_г E_{к.г} = m_n E_{к.n}$$

$$E_{к.n} = \frac{m_г E_{к.г}}{m_n} = 4E_{к.г}, \quad \text{отсюда} \quad E_{к.г} = \frac{E_{к.n}}{4} \quad Q = E_{к.г} + E_{к.n} = \frac{5}{4}E_{к.n}$$

$$E_{к.n} = \frac{4 \cdot Q}{5} = \frac{4 \cdot 17{,}5}{5} = 14 \text{ (МэВ)}$$

Ответ: $E_{к.n}$ = 14 МэВ

Содержание практических занятий

Номер ПЗ	Модуль	Наименование и краткое содержание ПЗ
1	Модуль 5	Энергия связи ядра. Четность. Закон сохранения четности.
2	1	Введение в радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад.
3	1	Ядерные силы. Нуклон-нуклонное взаимодействие. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Прохождение гамма квантов через вещество.
4	Модуль 6	Ядерные реакции.
5	2	Законы сохранения в ядерных реакциях.
6	2	Источники и методы регистрации ядерных частиц.
7	Модуль 7	Классификация элементарных частиц. Античастицы.
8	3	Законы сохранения энергии и импульса и их приложения. Законы сохранения электрического, лептонных и барионного зарядов.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля

1) Сформулируйте законы излучения абсолютно черного тела.
2) Объясните ограниченность формул Вина и Релея-Джинса.
3) Выведите формула Планка и обоснуйте модель.
3) Обоснуйте недостаточность классической физики для объяснения фотоэффекта. Гипотеза о фотоне. Запишите уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
4) Объясните эффект Комптона при рассеянии рентгеновских лучей и получите формулу из законы сохранения энергии и импульса в процессах с участием фотонов.
5) Объясните опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц и обоснуйте ядерная модель атома.
6) Напишите формулу Бальмера. Физический смысл постоянной Ридберга..
7) Нарисуйте энергетический спектр атома водорода и объясните его связь с теорией Бора.

8) Объясните опыты Франка и Герца при изменении температуры паров ртути.
9) Объясните опыт Штерна-Герлаха по обнаружению магнитного момента атома и пространственного квантования.
10) Объясните физический смысл спин-орбитального взаимодействия.
11) Что позволяет определить временное и стационарное уравнения Шредингера.
12) Физический смысл туннельного эффекта, как устроен туннельный микроскоп.
13) Напишите уравнение Шредингера для атома водорода и перечислите квантовые числа и каков их физический смысл.
14) Расскажите об опыты по интерференции и дифракции электронов и молекулярных пучков. Физический смысл волновой функции.
15) Объясните физический смысл соотношения неопределенности для координаты и импульса, для энергии и времени.,
16) Объясните построение периодической системы химических элементов Менделеева
17) Какие существуют типы связей моментов электронов в атоме.
18) В чем отличие электронного и ядерного магнитного резонанса,
19) В чем особенности сплошного и характеристический рентгеновских спектров.
20) Объясните закон Мозли.
21) Структура атомного ядра. Основные свойства протонов и нейтронов.
22) Энергия связи ядер. Дефект масс.
23) Явление радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Период полу-распада.
24) Альфа, бета и гамма - распад.
25) Ядерные реакции. Деление тяжелых и синтез легких ядер.

Параллельно изучению дисциплины «Атомная и ядерная физика» студенты работают в учебном физическом практикуме по атомной физике в рамках учебной дисциплины «Физический практикум по атомной и ядерной физике», приобретая навыки правильного проведения экспериментальных исследований, грамотного обращения с измерительными приборами и измерительной аппаратурой, обработки экспериментальных данных.

Предусмотрено взаимодействие преподаватель - студенты посредством информационно-коммуникационных технологий для оказания консультаций, просмотра и оценки рефератов или других заданий.

Оценка качества освоения программы дисциплины «Атомная и ядерная физика» включает контроль самостоятельной работы, текущий контроль успеваемости и итоговый экзамен.

Для текущего контроля обучающихся по дисциплине используются задания в виде теоретических вопросов и типовых задач, позволяющих оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями предусматривается обеспечение учебно-методическими пособиями в печатном и электронном видах (http://www.phys.msu.ru , http://library.sgu.ru/ , учебная литература в виде pdf файлов) по согласованию с преподавателем, ведущим занятия.

Примерный список типовых задач для проведения текущего контроля

Номера типовых задач для проведения текущего контроля из книги: Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике: учеб. пособие. - Москва : Лань, 2013. - 288 с. **ЭБС** Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32823
Иродов, И.Е. Задачи по квантовой физике / И.Е. Иродов. – 6-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 220 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=95482

Модуль	Номера задач

Корпускулярно-волновые свойства излучения	1.2, 1.5, 1.21, 1.29
Ядерная модель атома и теория Бора	1.51, 1.55, 1.59, 1.63
Волновые свойства вещества	4.4, 4.14, 4.22, 4.24
Квантово-механическая картина строения и свойств атома	4.37, 4.41, 4.46, 4.47

4.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Профессиональные базы данных

Базы данных ИНИОН РАН http://inion.ru/resources/bazy-dannykh-inion-ran/

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru

Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии. В настоящее время включает более 130 тыс. наименований. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ **http://adygnet.bibliotech.ru**

Ресурс содержит электронные аналоги трудов преподавателей АГУ. Обеспечивает доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ООО «Научная электронная библиотека» (НЭБ) www.elibrary.ru

Российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии и образования, в том числе электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, из которых более 2800 журналов в открытом доступе.

Международные базы данных научных изданий

Web of Science https://apps.webofknowledge.com Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций. Режим доступа: IP адреса университета

Scopus https://www.scopus.com/search/ – это наукометрическая реферативная база данных, входящая в базу данных SciVerse компании Elsevier. SciVerse объединяет в себе материалы из коллекции рецензированной литературы SciVerse Scopus, собрания полнотекстовых статей SciVerse ScienceDirect. Режим доступа: IP адреса университета.

zbMATH https://zbmath.org/ Реферативная база данных по чистой и прикладной математике.

Интернет-ресурсы открытого доступа (Open Access)

(Информационно-поисковые (справочные) системы)

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» http://window.edu.ru/ Ресурс обеспечивает свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных порталов, объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России.

Университетская информационная система Россия uisrussia.msu.ru

Примерный перечень вопросов к зачету и экзамену

1. Энергетические характеристики излучения тела: спектральная испускательная способность (или спектральная плотность энергетической светимости) $R_{\nu,T}$, интегральная испускательная способность тела или его энергетическая светимость R_T, спектральная поглощательная способность тела $A_{\nu,T}$, интегральная поглощательная способность тела. Абсолютно чёрное тело.
2. Закон Кирхгофа. Универсальная функция Кирхгофа $r_{\nu,T}$.
3. Закон Стефана–Больцмана. Графики зависимости r от T и от ν.

4. Закон смещения Вина. Формула Вина. Графики зависимости r от T и от ν.
5. Формула Релея–Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.
6. Формула Планка и её связь с законом Стефана–Больцмана, Вина и Релея–Джинса.
7. Применения на практике законов излучения. Пирометр.
8. Фотоэффект. Виды фотоэффекта, вольтамперная характеристика (ВАХ).
9. Основные законы фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Красная граница фотоэффекта.
10. Законы Столетова для фотоэффекта. Применение фотоэффекта на практике.
11. Квант света (фотон). Энергия, масса и импульс фотона.
12. Эффект Комптона. Комптоновская длина волны.
13. Модели атомов. Опыт Резерфорда.
14. Модель атома водорода по теории Бора. Боровский радиус орбиты, энергия атома. Постоянная Ридберга.
15. Постулаты Бора. Закономерности в атомных спектрах. Обобщённая формула Бальмера.
16. Опыт Франка и Герца. Доказательство 1 и 2 постулатов Бора.
17. Элементы квантовой механики. Гипотеза де Бройля. Длина волны ускоренного электрона. Подтверждение гипотезы де Бройля.
18. Дифракция электронов. Опыты Девиссона и Джермера.
19. Физический смысл волн де Бройля. Фазовая и групповая скорость волн.
20. Соотношение неопределённостей Гейзенберга.
21. Понятие о волновой функции, вероятности, амплитуды вероятности, плотности вероятности.
22. Атом водорода по квантовой механике. Отличие от теории Бора. Связанное и свободное состояние в атоме. Уровни энергии.
23. Опыт Герлаха и Штерна.
24. Принцип неразличимости тождественных частиц.
25. Симметрия волновой функции. Фермионы. Бозоны.
26. Принцип запрета Паули. Распределение электронов в атомах по состояниям.
27. Периодическая система элементов Менделеева и её толкование Бором.
28. Ядерная физика. Состав атомного ядра. Дефект массы. Энергия связи ядра.
29. Ядерные реакции. Термоядерные реакции.

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Таблица 5.1. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев; под ред. Л.Л. Енковского. – М.: Лань, 2019. – Т. 3. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. – 527 с. **ЭБС** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483316 Гриф: Рекомендовано МО РФ в качестве учебного пособия для студентов физических специальностей высших учебных заведений
2	Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие / И.Е. Иродов. – 7-е изд. (эл.). – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 261 с. **ЭБС** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462152
3	Иродов И.Е. Задачи по общей физике: учебное пособие / И.Е. Иродов. – 11-е изд. (эл.). – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 434 с. **ЭБС** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462150

4	Сивухин, Д. В. Общий курс физики. В 5 т. Т.5. Атомная и ядерная физика: учебное пособие/ Д.В.Сивухин.- М.: Физматлит, 2002.- 783 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991 Гриф: Рекомендовано МО РФ в качестве учебного пособия для студентов физических специальностей высших учебных заведений
5	Сборник задач по общему курсу физики. В 5 тт. Кн. 5. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / В. Л. Гинзбург, Л. М. Левин, М. С. Рабинович, Д. В. Сивухин. - М.: Физматлит, 2006.- 184 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75704

Таблица 5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Пацева, Ю.В. Элементы атомной и ядерной физики: тесты по физике / Ю.В. Пацева. - М.: Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 51 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=29818
2	Алтунин, К.К. Теоретическая физика атомного ядра и элементарных частиц : учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. - 2-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - 71 с. **ЭБС:** Режим доступа: - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240556
3	Михайлов, М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц : учебное пособие / М.А. Михайлов. - М. : Прометей, 2011. - Ч. первая. Физика атомного ядра. - 94 с. - **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=108075

Таблица 5.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	http://www.youtube.com/ Опыты по физике
2	https://www.youtube.com/playlist?list=PLCKtVYi1kU05Ro29onkTb4oxXTD7M7WPp Курс видеолекций СПбГУ. Ядерная физика
3	https://www.youtube.com/watch?time_continue=12&v=wt7C3dfUP1c&feature=emb_logo Клёнов Н.В. Курс видеолекций по атомной физике
4	http://genphys.phys.msu.ru Сервер кафедры общей физики физфака МГУ
5	http://fizkaf.narod.ru Кафедра и лаборатория физики Московского института открытого образования (МИОО).
6	http://physics.fel.mirea.ru/old/upload/1258124998_Chast3_Zadachi_Zaochnoe.pdf Задерновский А.А., Туснов Ю.И., Фетисов Ю.К., Экономов Н.А. Оптика. Атомная и ядерная физика. Физика часть 3: Учебное пособие по решению задач по физике для студентов заочного отделения и указания по организации учебного процесса по физике на заочном отделении. – М.: МИРЭА, 2009. – 78 с.
7	http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2011/m14.pdf Кузнецов С.И. Сборник задач по физике с решениями. Специальная теория относительности, атомная и ядерная физика: учебное пособие / С.И. Кузнецов, Т.Н. Мельникова, Е.Н. Степанова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 36 с.
8	https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/430525/Udivitelnyy_mir_vnutri_atomnogo_yadra Иванов И. Удивительный мир внутри атомного ядра. Научно-популярная лекция для школьников. ФИАН, 11 сентября 2007 года.
9	http://nuclphys.sinp.msu.ru/ Ядерная физика в Интернете. Проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ осуществляется при поддержке НИИЯФ МГУ.

Таблица 5.4. Периодические издания

№ п/п	Наименование
1.	Журнал «Физическое образование в вузах». **ЭБС**: Физическое образование в Вузах. [Электронный ресурс]/ М.: Издательский дом "МФО". Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138985
2.	Жукова И.Н., Малых В.С., Некоторые приемы создания проблемных ситуаций при решении физических задач в вузе // Труды Физического Общества Республики Адыгея- 2011.- N 16.- С. 1-10 (http://fora.adygnet.ru).
3.	nauka.relis.ru ежемесячный научно-популярный журнал **«Наука и Жизнь»**.
4.	virlib.eunnet.net/mif (**М**атематика, **И**нформатика, **Ф**изика) **Журнал «МИФ»**
5.	Журнал «Успехи физических наук». www.ufn.ru

6. Образовательные технологии

Таблица 6. Образовательные технологии

№ п/п	**Наименование раздела**	**Виды учебных занятий**	**Образовательные технологии**
1	**2**	**3**	**4**
1.	**Введение.**	Лекция 1.	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно –

		Практическое занятие (ПЗ) Семинар 1. Самостоятельная работа	коммуникационная технология. Развернутая беседа с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
2	**Модуль 1. Излучение и его корпускулярно-волновые свойства.** .	Лекции 2-5 ПЗ 2-6 Самостоятельная работа	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Развернутая беседа с обсуждением вопросов. Решение задач. Контрольная работа Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
3	**Модуль 2. Ядерная модель атома и теория Бора.**	Лекции 6 и 10. Семинар 3 и 4. Самостоятельная работа	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Технология развития критического мышления. Технологии групповых дискуссий и развития критического мышления. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
4	**Модуль 3. Волновые свойства вещества.**	Лекции 11 - 13. Семинар 5 и 6. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Проектная технология. Анализ ситуаций и имитационных моделей. Консультирование и проверка выполненных заданий посредством выступлений.
5	**Модуль 4. Квантово-механическая картина строения и свойств атома.**	Лекции 14 и 17. Семинар 7 и 8.	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Технологии разноуровневого обучения.

		Самостоятельная работа	Анализ ситуаций и имитационных моделей. Консультирование и проверка выполненных заданий посредством выступлений.
6	**Модуль 5. Свойства атомных ядер. Радиоактивность.**	Лекции 18 и 22. Самостоятельная работа	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Развернутая беседа с обсуждением вопросов. Решение задач.
7	**Модуль 6. Ядерные реакции.**	Лекции 23 и 27.	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Развернутая беседа с обсуждением вопросов. Решение задач.
	Модуль 7. Элементарные частицы.	Лекции 28 и 32.	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Развернутая беседа с обсуждением вопросов. Решение задач.

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю)

Методические рекомендации преподавателю

Изучив содержание учебной дисциплины, целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы студентов, адекватных видам лекционных и семинарских занятий.

Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя студентов к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень. По учебному плану предусмотрено проведение разного типа занятий.

При подготовке лекционного материала преподаватель обязан руководствоваться рабочей программой для данного направления подготовки. При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

1. Проведение занятий с аудиторией студентов является публичным видом

деятельности, определяющим ряд специфических требований к преподавателю:

- Преподаватель должен иметь опрятный внешний вид;
- Преподаватель обязан владеть культурой речи;
- Поведение преподавателя при любых ситуациях должно быть корректным и достойным.

2. Внимательно ознакомиться с методическими рекомендациями, приведенными в учебной литературе по изучаемому материалу.
3. Тема лекции должна быть ясно и четко сформулирована.
4. Перед началом подробного изложения материала целесообразно кратко обозначить, о чем пойдет речь в целом.
5. План (конспект) лекции должен быть заранее тщательно продуман (проработан) с тем, чтобы изложение материала было системным и строгим.
6. Изложение должно вестись ясным и четким языком, фразы и предложения не должны быть перегружены причастными, деепричастными и другими оборотами, затрудняющими восприятие смысла.
7. Определения и формулировки должны соответствовать современным представлениям о предмете и не должны противоречить представленным определениям в рекомендуемой учебной литературе.
8. Изложение материала должно сопровождаться обратной связью со слушателями. Особо важные места следует выделить или повторить. Некоторые вопросы сопровождать задиктовыванием материала.
9. Рисунки, выполненные от руки мелом или маркером на доске, должны быть ясными и хорошо видимыми с дальних рядов аудитории.
10. По возможности следует сопровождать изложение фундаментального материала примерами, имеющими прикладное значение.
11. Стараться избегать неоднозначной трактовки рассматриваемых величин: следить за тем, чтобы разные по смыслу величины обозначались по-разному.
12. При использовании технических средств обучения (видеопроекторов, средств мультимедиа и т.п.) давать возможность студентам делать необходимые записи и рисунки в конспектах или предусматривать возможность предоставления материала в электронном или другом виде.
13. Акцентировать внимание студентов на том, какие величины являются векторными, а какие – скалярными.
14. Изложение материала предпочтительнее вести в системе СИ.
15. В конце лекции кратко подвести итоги и выводы.

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине «Атомная и ядерная физика» физического эксперимента», является выработка у студентов понимания важности и полезности знания дисциплины для профессионального образования. Физика является средством решения прикладных задач и универсальной основой для технических разделов науки, а также содержит элементы общей культуры.

Методическая модель преподавания дисциплины «Атомная и ядерная физика» основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- проведение практических занятий, определяющих приобретение навыков решения проблемы;

- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

По учебному плану предусмотрено проведение лекционных, практических и лабораторных занятий. Лекции читаются с использованием наглядных пособий и электронных презентаций, с применением проблемного метода, стимулирующего познавательную активность. В начале каждого практического занятия преподаватель организует повторение изученного на лекции материала по контрольным вопросам к данному практическому занятию, вспоминает со студентами понятийный аппарат, основные технологии по теме практического занятия.

По уровню сложности предусматриваются самые различные вопросы, предполагающие воспроизведение и закрепление теоретического материала, проверку его осмысления, вопросы на обобщение, анализ и синтез и др. Обязательно предусматриваются контрольные вопросы на проверку усвоения определений ключевых понятий, знание основных теоретических и практических вопросов.

Вопросы и задания для контроля должны позволить студентам самостоятельно определить уровень усвоения учебного материала по теме, представленного в лекции, на практическом занятии и указанной учебной литературе.

Вопросы для самоконтроля могут быть заменены многоуровневыми заданиями.

Цель оценочных средств - определить уровень усвоения материала:

1 уровень – репродуктивный, предполагающий лишь воспроизведение материала и выполнение заданий по образцу;

2 уровень – репродуктивно-практический, предполагающий осмысление знаний и их использования на практике;

3 уровень – творческий, дающий возможность использовать знания не только в стандартных ситуациях и известных видах деятельности, но и в новых, ранее незнакомых.

Методические указания обучающимся по дисциплине

Профессиональная подготовка в современных вузах строится по принципу «от теории к практике», что создает базу для формирования умений и навыков на основе усвоения теоретического материала. Именно поэтому следует особое внимание уделять качеству усвоения теоретического материала.

Материал каждой лекции должен быть проработан: должны быть выделены определения, понятия, законы, теоремы и их доказательства. Должна быть усвоена логическая связь элементов изученного материала. Полезно делать опорный конспект каждой лекции.

При параллельной работе с учебной литературой необходимо конспектировать прорабатываемый материал с обязательным указанием источника информации (автор, название учебника, номер страницы). Все непонятные моменты следует обязательно разобрать с преподавателем на занятии или в рамках КСР.

После выполнения практических заданий, обучающийся должен знать структуру соответствующего программного обеспечения, его основные функции, правила использования его по назначению.

Технология выполнения заданий единообразна и включает в себя следующие этапы:

- теоретическое усвоение материала в объеме данных методических указаний и соответствующих разделов курса лекций;
- практическая работа (выполнение заданий работ);
- получение задания на самостоятельную работу, осмысление его и проведение необходимых подготовительных работ;
- выполнение задания с использованием вычислительной системы;

- оформление отчета;
- защиту выполненной работы.

Каждая практическое задание рассчитано на два или три аудиторных часа.

В начале занятия в устной форме проводится контроль на допуск обучающихся к выполнению задания. После выполнения задания обучающиеся предъявляют преподавателю результаты работы, представленные в виде рисунков, схем, программ, таблиц и графиков, иных записей. Преподаватель оценивает выполнение работы по шкале от 0 до 5 баллов. Защита состоит в индивидуальном собеседовании по теоретической и практической части. Если обучающийся выполнил и защитил все задания в полном объеме, то максимальное количество баллов, которое он может получить, составляет 30 баллов.

Под самостоятельной работой студентов понимают учебную деятельность студентов, которая организована преподавателями, но осуществляется студентом без непосредственного участия преподавателя в учебной деятельности студента. Все виды самостоятельной работы студентов по дисциплине представлены в фонде оценочных средств. Четкая организация самостоятельной работы студентов делает ее эффективной. Это обеспечивается предоставлением студентам: учебных и учебно-методических пособий; тематических планов лекций, практических занятий, образцов контрольных работ, тестов, кейсов и др.; перечня знаний и умений, которыми они должны овладеть при изучении дисциплины; информации о процедуре сдачи зачета и экзамена и др. Ответы представляются в письменной форме (печатной, непосредственно преподавателю, или электронной).

Самостоятельная работа студента является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Она включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Студентам следует: руководствоваться графиком самостоятельной работы, выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы; при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на консультации с преподавателем.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов.

Подготовка к промежуточной аттестации ведется на основе полученного лекционного материала и рекомендованной литературы, осмысления работы на практических занятиях и самостоятельной работы.

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы

обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

- для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

- для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, предоставляемых деканатом факультета в соответствии с расписанием. Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор и интерактивную доску или телевизор с выходом в сеть Интернет.

Отдельные занятия проводятся в специализированных лабораториях - лабораториях кафедры теоретической физики для демонстрации экспериментов.

Специализированные лаборатории - лаборатории кафедры теоретической физики (для демонстрации необходимого оборудования, формирования умений работать с физическими приборами):

- ✓ лаборатория методики и техники физического эксперимента;
- ✓ лаборатория оптики, атомной и ядерной физики.

На отдельных занятиях необходимы видеопроектор с экраном (или компьютерный класс), оборудование лабораторий и компьютеры.

Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Программное обеспечение ПК ауд. 323б, 329 и ноутбука для презентаций:

Лицензионное программное обеспечение

– операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN. Microsoft Open License No 48824880;

– офисный пакет программ Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN. Microsoft Open License No 45084044.

Свободно-распространяемое программное обеспечение:

– TeXworks - рабочая среда системы компьютерной верстки физико-математических текстов;

– Free Pascal - универсальный компилятор Pascal с открытым исходным кодом.

10. Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номера листов			Основание для внесения изменения	Подпись	Расшифровка подписи	Дата	Дата введения изменения
	замененных	новых	аннулированных					