

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 10.11.2025 03:15:07
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c1eabbf73e943df4a4851fa56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра нанотехнологий, микроэлектроники,
общей и прикладной физики



КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Методические указания по самостоятельной работе для
студентов специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика

Курск – 2021

УДК 53

Составитель: Л.И. Рослякова

Рецензент

Кандидат физико-математических наук В.М. Пауков

Квантовая физика: методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.:Л.И. Рослякова. Курск, 2021. 50с., Библиогр.: с.49.

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС), учебному плану и рабочей программе дисциплины «Квантовая физика» студентов специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика.

Содержат основные требования к организации самостоятельной работы студентов. Перечислены виды и формы проведения самостоятельной работы и ее контроля, раскрыты особенности организационно-методического обеспечения. Представлен комплект заданий для индивидуальной работы самостоятельной работы по дисциплине «Квантовая физика».

Предназначены для студентов дневной формы обучения направления подготовки 30.05.03 Медицинская кибернетика.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л.3,1. Уч.- изд. л.. Тираж 50 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	5
2. Виды самостоятельных работ.....	5
3. Организационно-методическое обеспечение.....	7
4. Комплект индивидуальных заданий для самостоятельной работы.	9
4.1 Модуль 1.....	9
4.2 Модуль 2.....	22
5. Контроль над самостоятельной работой студентов.....	45
6. Вопросы для самоподготовки.....	46
7. Список рекомендуемой литературы....	49

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В связи с введением в образовательный процесс нового Федерального государственного образовательного стандарта по направлению 30.05.03 Медицинская кибернетика все более актуальной становится задача организации самостоятельной работы студентов. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов (СРС) являются обязательной частью учебно-методических комплексов учебных дисциплин, реализуемых в Юго-Западном государственном университете (ЮЗГУ) по всем направлениям подготовки.

Цель методических указаний – определить роль и место самостоятельной работы студентов в учебном процессе; конкретизировать ее уровни, формы и виды; обобщить методы и приемы выполнения определенных типов учебных заданий, объяснить критерии оценивания.

2. Виды самостоятельных работ

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Задачами внеаудиторной самостоятельной работы являются:

– освоение теоретического материала по изучаемой дисциплине, углубление и расширение теоретических знаний;

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических навыков студентов;

- формирование умений по поиску и использованию справочной и специальной литературы, а также других источников информации;

- развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самообразованию, самосовершенствованию и самореализации;

- развитие научно-исследовательских навыков.

Самостоятельная работа студентов включает в себя два вида: аудиторную и внеаудиторную работу.

Самостоятельная аудиторная работа студентов (САРС) по дисциплине выполняется под непосредственным руководством и кон-

тролем преподавателя, по его заданию. САРС осуществляется в сроки, определяемые учебным планом и расписанием занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентами по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия и не регламентируется расписанием занятий. Она может выполняться студентами с использованием дистанционных образовательных технологий в различных формах, главным принципом которых является удаленная СРС, где студент и преподаватель взаимодействуют (передают и получают задания, методические материалы, контрольные вопросы, тестовые задания и т. п. в электронном виде) посредством локальной и глобальной сетей.

Объем времени на САРС включается в общий объем времени, отведенного на СРС, согласно учебному плану. При этом на САРС не переносятся лабораторные, практические, семинарские и другие занятия, предусмотренные расписанием.

Самостоятельная аудиторная работа студентов включает следующие формы работ:

- дополнительные занятия;
- текущие консультации по дисциплине;
- консультация и прием индивидуальных домашних заданий;

Внеаудиторная СРС, в том числе с использованием дистанционных образовательных технологий, включает следующие формы работ:

- работа с учебниками, учебными и методическими пособиями (как на бумажных, так и на электронных носителях);
- работа с первоисточниками;
- работа с конспектами лекций, научными статьями;
- составление конспектов в виде электронного документа, презентаций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая электронные учебные издания (электронные учебники, курсы, презентации, модели, анимированные изображения, видео - кейсы, библиотеки, контрольно-измерительные материалы и др.);
- подготовка к практическим и лабораторным занятиям, в том числе по материалам электронных учебных изданий, специализированных тематических сайтов, электронных копий научных статей и т. п.;
- составление отчетов по лабораторным работам;
- решение индивидуальных заданий по практике;

- подготовка к тестированию;
- подготовка к контрольной работе.

Формы, объем и содержание заданий по СРС устанавливаются кафедрой в соответствии с учебными планами и рабочими программами учебных дисциплин.

3.ОРГАНИЗАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРС

Организационно-методическое обеспечение СРС включает разработку и проведение комплекса мероприятий по планированию и организации СРС:

- планирование СРС;
- обеспечение учебной литературой, методическими пособиями, в том числе электронными учебными изданиями, компьютерной техникой, программными продуктами;
- создание учебно-лабораторной базы и ее оснащение в соответствии с содержанием самостоятельной работы по курсам учебных дисциплин;
- создание необходимых условий для СРС в общежитиях, библиотеках, читальных залах, компьютерных классах.

Активизация СРС при проведении различных видов учебных занятий включает:

- переработку учебных планов и программ в рамках существующих ГОСов и ФГОСов с целью увеличения доли СРС. При этом должна учитываться обеспеченность тем и разделов учебной литературой и ее доступность для всех обучающихся;
- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс современных образовательных и информационных технологий с учетом компетентного подхода;
- разработку собственных электронных учебных изданий на основе имеющихся инструментов и средств;
- совершенствование системы текущего оперативного контроля СРС в течение семестра (использование возможностей балльно-рейтинговой системы, компьютеризированного тестирования и др.);
- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы студентов;

- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования для увеличения самостоятельности студентов на всех этапах работы.

Работа по учебно-методическому и техническому обеспечению СРС включает:

- определение тем дисциплины для самостоятельного изучения;
- определение форм самостоятельной работы;
- определение приемов контроля результатов СРС;
- техническое обеспечение СРС с использованием дистанционных образовательных технологий;
- обучение и консультация профессорско-преподавательского состава по разработке электронных учебных изданий и применению дистанционных образовательных технологий;
- разработка нового специализированного ПО.

Руководство СРС осуществляется преподавателями кафедры. В функции преподавателя входит:

- разработка календарно-тематического плана выполнения СРС по учебному курсу;
- определение объема учебного содержания и количества часов, отводимых на СРС, с учетом компетентностного подхода;
- подготовка пакета контрольно-измерительных материалов и определение периодичности контроля;
- определение системы индивидуальной работы со студентами.

Мониторинг СРС предусматривает организацию и корректировку учебной деятельности студентов, помощи при возникающих затруднениях. Контроль СРС предусматривает соотнесение содержания контроля с целями обучения; соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить; дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

К видам контроля СРС относятся

- текущий (оперативный) контроль;
- рубежный контроль;
- итоговый контроль (зачет, экзамен);
- самоконтроль.

Формами контроля СРС являются

- устный контроль;
- письменный контроль;
- тестовый контроль.

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;

- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.

4.КОМПЛЕКТ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

4.1 Модуль 1. «Волновая оптика. Квантовая природа электромагнитного излучения. Корпускулярно-волновой дуализм вещества»

Вариант № 1

1. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. При заполнении пространства между линзой и стеклянной пластинкой прозрачной жидкостью радиусы темных колец в отраженном свете уменьшились в 1,21 раза. Определите показатель преломления жидкости. [$n=1,46$]

2. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. На экран, находящийся от решетки на расстоянии $L = 1$ м, с помощью линзы, расположенной вблизи решетки, проецируется дифракционная картина, причем первый главный максимум наблюдается на расстоянии $l = 15$ см от центрального. Определите число штрихов на 1 см дифракционной ре-

щетки. [$n = 3 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$]

3. Определите степень поляризации P света, который представляет собой смесь естественного света с плоскополяризованным, если интенсивность поляризованного света равна интенсивности естественного. [$P = 0,5$]

4. Определите, во сколько раз необходимо уменьшить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость R_e ослабилась в 16 раз. [$\frac{T_1}{T_2} = 2$]

5. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 500 нм. Определите работу выхода электронов из этого металла. [$A = 2,49 \text{ эВ}$]

6. Определите импульс и энергию : 1) рентгеновского фона; 2) электрона, если длина волны того и другого равна 10^{-10} м. 1) $p_y = 6,63 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}, E_y = 12,4 \text{ кэВ}$; 2) $p_e = 6,63 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}, E_e = 151 \text{ эВ}$]

Вариант № 2

3. Какой должна была бы быть толщина плоскопараллельной стеклянной пластинки ($n = 1,55$), чтобы в отраженном свете максимум второго порядка для $\lambda = 0,65$ мкм наблюдался под тем же углом, что и у дифракционной решетки с постоянной $d = 1$ мкм. [$x = 577 \text{ нм}$]

2. Монохроматический свет нормально падает на дифракционную решетку. Определите угол дифракции, соответствующий максимуму четвертого порядка, если максимум третьего порядка отклонен на $\varphi_1 = 18^\circ$. [$\varphi_2 = 24^\circ 20'$]

3. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора составляет 30° . Определите изменение интенсивности прошедшего через них света, если угол между главными плоскостями равен 45° . [$\frac{I_1}{I_2} = 1,5$]

4. Определите, как и во сколько раз изменится мощность излучения черного тела, если длина волны, соответствующая максимуму его спектральной плотности энергетической светимости, сместилась с $\lambda_1 = 720$ нм до $\lambda_2 = 400$ нм. [$\frac{P_2}{P_1} = 10,5$]

5. Определите, до какого потенциала зарядится уединенный серебряный шарик при облучении его ультрафиолетовым светом длиной волны $\lambda = 208$ нм. Работа выхода электронов из серебра $A = 4,7$ эВ. [$\varphi = 1,28 \text{ В}$]

6. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89 \text{ эВ}$]

Вариант № 3

1. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга $d = 0,5 \text{ мм}$ ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). Определите расстояние l от щелей до экрана, если ширина Δx интерференционных полос равна $1,2 \text{ мм}$.

2. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. В спектре, полученном с помощью этой дифракционной решетки, некоторая спектральная линия наблюдается в первом порядке под углом $\varphi = 11^\circ$. Определите наивысший порядок спектра, в котором может наблюдаться эта линия. [$m_{\max} = 5$]

3. Степень поляризации частично поляризованного света составляет $0,75$. Определите отношение максимальной интенсивности света, пропускаемого анализатором, к минимальной. [$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = 7$]

4. Площадь, ограниченная графиком спектральной плотности энергетической светимости $r_{\lambda, T}$ черного тела, при переходе от термодинамической температуры T_1 к температуре T_2 увеличилась в 5 раз. Определите, как изменится при этом длина волны L_{\max} , соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости черного тела. [$\frac{\lambda_{\max 1}}{\lambda_{\max 2}} = 1,49$, уменьшится в 1,49 раза]

5. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 500 нм . Определите максимальную скорость электронов, вырываемых из этого металла светом с длиной волны 400 нм . [$v_{\max} = 468 \text{ км/с}$]

6. Определите длину волны де Бройля для электрона, находящегося в атоме водорода на третьей боровской орбите. [$\lambda = 1 \text{ нм}$]

Вариант № 4

1. Точечный источник света ($\lambda = 0,5 \text{ мкм}$) расположен на расстоянии $a = 1 \text{ м}$ перед диафрагмой с круглым отверстием диаметра $d = 2 \text{ мм}$. Определите расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, если отверстие открывает три зоны Френеля. [$b = 2 \text{ м}$]

2. Определите длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, если угол между направлениями на максимумы первого и второго порядка составляет 12° . [$\lambda = 664 \text{ нм}$]

3. Определите показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч полностью поляризован при угле преломления 35° . [$n = 1,43$]

4. В результате нагревания черного тела длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости, сместилась с $\lambda_1 = 2,7 \text{ мкм}$ до $\lambda_2 = 0,9 \text{ мкм}$. Определите, во сколько раз увеличилась энергетическая светимость тела. Максимальная спектральная плотность энергетической светимости черного тела возрастает по закону $(r_{\lambda, T})_{\max} = CT^5$, где

$$C = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5). \left[\frac{R_{e1}}{R_{e2}} = 81 \right]$$

5. Плоский серебряный электрод освещается монохроматическим излучением с длиной волны $\lambda = 83 \text{ нм}$. Определите, на какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон, если вне электрода имеется задерживающее электрическое поле напряженностью $E = 10 \text{ В/см}$. Красная граница фотоэффекта для серебра $\lambda_0 = 264 \text{ нм}$. [$s = 1,03 \text{ см}$]

6. Определите, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля λ для него была равна 1 нм. [$U = 0,822 \text{ мВ}$]

Вариант № 5

1. Определите радиус третьей зоны Френеля для случая плоской волны. Расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1,5 м. Длина волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$. [$r = 1,64 \text{ мм}$]

2. На дифракционную решетку с постоянной $d = 5 \text{ мкм}$ под углом $\nu = 30^\circ$ падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$. Определите угол φ дифракции для главного максимума третьего порядка. [$\varphi = 53^\circ 8'$]

3. При прохождении в некотором веществе пути x интенсивность света уменьшилась в 3 раза. Определите, во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении пути $2x$. [$\frac{I_0}{I_2} = 9$]

4. Определите, какая длина волны соответствует максимальной спектральной плотности энергетической светимости $(r_{\lambda, T})_{\max}$, равной $1,3 \cdot 10^{11} \text{ Вт/м}^3$. [$\lambda_{\max} = 183 \text{ мкм}$]

5. При освещении катода вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 310$ нм фототок прекращается при некотором задерживающем напряжении. При увеличении длины волны на 25% задерживающее напряжение оказывается меньше на 0,8 В. Определите по этим экспериментальным данным постоянную Планка. [$h = 6,61 \cdot 10^{34}$ Дж·с].

6. Определите, какие спектральные линии появятся в видимой области спектра излучения атомарного водорода под действием ультрафиолетового излучения с длиной волны $\lambda = 95$ нм.

Вариант № 6

1. Определите радиус четвертой зоны Френеля, если радиус второй зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 2 мм. [$r_2 = 2,83$ мм]

2. Узкий пучок рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 245$ пм падает под некоторым углом скольжения на естественную грань монокристалла NaCl ($M = 58,5 \cdot 10^{-3}$ кг/моль), плотность которого $\rho = 2,16$ г/см³. Определите угол скольжения, если при зеркальном отражении от этой грани наблюдается максимум второго порядка. [$\alpha = 60^\circ 18'$]

3. Естественный свет интенсивностью I_0 проходит через поляризатор и анализатор, угол между главными плоскостями которых составляет α . После прохождения света через эту систему он падает на зеркало и, отразившись, проходит вновь через нее. Пренебрегая поглощением света, определите интенсивность I света после его обратного прохождения. [$I = \frac{1}{2} I_0 \cos^4 \alpha$]

4. Считая никель черным телом, определите мощность, необходимую для поддержания температуры расплавленного никеля 1453 °С неизменной, если площадь его поверхности равна 0,5 см². Потерями энергии пренебречь. [$P = 25,2$ Вт]

5. Определите максимальную скорость v_{\max} фотоэлектронов, вырываемых с поверхности цинка (работа выхода $A = 4$ эВ), при облучении γ - излучением с длиной волны $\lambda = 2,47$ пм. [$v_{\max} = 259$ Мм/с]

6. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89$ эВ]

Вариант № 7

1. В опыте Юнга расстояние между щелями $d = 1$ мм, а расстоя-

ние l от щелей до экрана равно 3 м. Определите положение первой светлой полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. [$x_{1max} = \pm 1,5$ мм]

2. Узкий параллельный пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на грань кристалла с расстоянием между его атомными плоскостями $d = 0,3$ нм. Определите длину волны рентгеновского излучения, если под углом $\nu = 30^\circ$ к плоскости грани наблюдается дифракционный максимум первого порядка. [$\lambda = 300$ пм]

3. Плоская монохроматическая световая волна распространяется в некоторой среде. Коэффициент поглощения среды для данной длины волны $\alpha = 1,2$ м⁻¹. Определите, на сколько процентов уменьшится интенсивность света при прохождении данной волной пути 1 м. [70%]

4. Принимая Солнце за черное тело и учитывая, что его максимальной спектральной плотности энергетической светимости соответствует длина волны 500 нм, определите температуру поверхности Солнца. [$T = 5,8$ кК]

5. Определите энергию фотона, при которой его эквивалентная масса равна массе покоя электрона. Ответ выразите в электрон-вольтах. [$\varepsilon = 512$ кэВ]

6. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределенность скорости составляет 10% от ее числового значения, определите неопределенность координаты электрона. Применимо ли в данном случае для электрона понятие траектории? [$\Delta x = 3,34$ нм Δv_1]

Вариант № 8

1. В опыте Юнга расстояние между щелями $d = 1$ мм, а расстояние l от щелей до экрана равно 3 м. Определите положение третьей темной полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. [$x_{1max} = \pm 5,25$ мм]

2. Дифракция наблюдается на расстоянии 1 м от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 0,5$ мкм). Посередине между источником света и экраном находится диафрагма с круглым отверстием. Определите радиус отверстия, при котором центр дифракционных колец на экране является наиболее темным. [$r = 0,5$ мм]

3. Свет падает нормально поочередно на две пластинки, изготовленные из одного и того же вещества, имеющие соответственно

толщины $x_1 = 5$ мм и $x_2 = 10$ мм. Определите коэффициент поглощения этого вещества, если интенсивность прошедшего света через первую пластинку составляет 82%, а через вторую — 67% от начальной интенсивности. [$\alpha = 0,404 \text{ см}^{-1}$]

4. Принимая Солнце за черное тело и учитывая, что его максимальной спектральной плотности энергетической светимости соответствует длина волны 500 нм, определите энергию, излучаемую Солнцем в виде электромагнитных волн за 10 мин. [$W = 2,34 \cdot 10^{29}$ Дж]

5. Определите, с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона, длина волны которого $\lambda = 0,5$ мкм. [$v_e = 1,46$ км/с]

6. Определите длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой боровской орбиты на вторую. К какой серии относится эта линия и какая она по счету? [, четвертая линия серии Бальмера]

Вариант № 9

1. На экран с круглым отверстием радиусом $r = 1,5$ мм нормально падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $b = 1,5$ м от него. Определите число зон Френеля, укладываемых в отверстие. [$m = 3$]

2. Узкий пучок монохроматического рентгеновского излучения падает под углом скольжения $\gamma = 60^\circ$ на естественную грань монокристалла NaCl ($M = 58,5 \cdot 10^{-3}$ кг/моль), плотность которого $\rho = 2,16$ г/см³. Определите длину волны излучения, если при зеркальном отражении от этой грани наблюдается максимум третьего порядка. [$\lambda = 163$ пм]

3. Определите, под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы лучи, отраженные от поверхности озера ($n = 1,33$), были максимально поляризованы. [$\varphi = 36^\circ 56'$]

4. Принимая Солнце за черное тело и учитывая, что его максимальной спектральной плотности энергетической светимости соответствует длина волны 500 нм, определите массу, теряемую Солнцем за это время за счет излучения. [$m = 2,6 \cdot 10^{12}$ кг]

5. Определите длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, прошедшего разность потенциалов $U = 9,8$ В. [$\lambda = 392$ нм]

6. Определите длины волн, соответствующие: 1) границе серии Лаймана; 2) границе серии Бальмера; 3) границе серии Пашена. Проанализируйте результаты. [1) , область ультрафиолета; 2) , вблизи видимого фиолетового излучения; 3) , область инфракрасного излучения]

Вариант № 10

1. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга $d = 0,5$ мм ($\lambda = 0,6$ мкм). Определите расстояние l от щелей до экрана, если ширина Δx интерференционных полос равна 1,2 мм. [$l = 1$ м]

2. Дифракция наблюдается на расстоянии l от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 0,5$ мкм). Посередине между источником света и экраном находится непрозрачный круглый диск диаметром 5 мм. Определите расстояние l , если диск закрывает только центральную зону Френеля. [$l = 50$ м]

3. Предельный угол полного отражения для пучка света на границе кристалла каменной соли с воздухом равен $40,5^\circ$. Определите угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого кристалла. [$i_B = 57^\circ$]

4. Определите температуру тела, при которой оно при температуре окружающей среды $t_0 = 23$ °С излучало энергии в 10 раз больше, чем поглощало. [$T = 533$ К]

5. Определите, с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона, длина волны которого $\lambda = 2$ пм. [$v = 0,77c$ кг·м²]

6. Определите, на сколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $\lambda = 4,86 \cdot 10^{-7}$ м [$\Delta E = 2,56$ эВ]

Вариант № 11

1. В опыте Юнга расстояние l от щелей до экрана равно 3 м. Определите угловое расстояние между соседними светлыми полосами, если третья световая полоса на экране отстоит от центра интерференционной картины на 4,5 мм. [$\Delta\alpha = 5 \cdot 10^{-4}$ рад]

2. На экран с круглым отверстием радиусом $r = 1,5$ мм нормально падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $b = 1,5$ м от него. Определите: 1) число зон Френеля, укладывающихся в отверстие; 2) темное или светлое кольцо наблюда-

ется в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения помещен экран. [1) $m=3$, 2) светлое кольцо]

3. Принимая Солнце за черное тело и учитывая, что его максимальной спектральной плотности энергетической светимости соответствует длина волны 500 нм, определите массу, теряемую Солнцем за это время за счет излучения. [$m = 2,6 \cdot 10^{12}$ кг]

4. Считая, что тепловые потери обусловлены только излучением, определите, какую мощность необходимо подводить к медному шарiku диаметром $d = 2$ см, чтобы при температуре окружающей среды $t_0 = -13$ °С поддерживать его температуру равной $t = 17$ °С. Примите поглощательную способность меди $A_T = 0,6$. [$P = 0,107$ Вт]

5. Давление монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500$ нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно 0,12 мкПа. Определите число фотонов, падающих каждую секунду на 1 м² поверхности. [$N = 9,05 \cdot 10^{19}$]

6. Определите, как изменится длина волны де Бройля электрона в атоме водорода при переходе его с четвертой боровской орбиты на вторую. [$\frac{\lambda_4}{\lambda_2} = 2$]

Вариант № 12

1. Если в опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей поместить перпендикулярно этому лучу тонкую стеклянную пластинку ($n = 1,5$), то центральная светлая полоса смещается в положение, первоначально занимаемое пятой светлой полосой. Длина волны $\lambda = 0,5$ мкм. Определите толщину пластинки. [$d = 5$ мкм]

2. На узкую щель шириной $a = 0,05$ мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 694$ нм. Определите направление света на вторую дифракционную полосу (по отношению к первоначальному направлению света). [$\varphi = 2^\circ$]

3. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм. Угол дифракции для пятого максимума равен 30° , а минимальная разрешаемая решеткой разность длин волн составляет $\delta\lambda = 0,2$ нм. Определите постоянную дифракционной решетки. [$d = 6$ мкм]

4. Используя формулу Планка, определите спектральную плотность потока излучения единицы поверхности черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн $\Delta\lambda = 5$ нм около максимума

спектральной плотности энергетической светимости, если температура черного тела $T = 2500 \text{ К}$. [$(r_{\lambda,T} \cdot \Delta\lambda) = 6,26 \text{ кВт/м}^2$]

5. Определите давление света на стенки электрической 150-ваттной лампочки, принимая, что вся потребляемая мощность идет на излучение и стенки лампочки отражают 15% падающего на них света. Считайте лампочку сферическим сосудом радиуса 4 см. [$p = 28,6 \text{ мкПа}$]

6. В инфракрасной области спектра излучения водорода обнаружено четыре серии—Пашена, Брэкета, Пфунда и Хэмфри. Запишите спектральные формулы для них и определите самую длинноволновую линию: 1) в серии Пашена; 2) в серии Хэмфри. [1) $\lambda_{3\text{max}} = 1,87 \text{ мкм}$; 2) $\lambda_{6\text{max}} = 12,3 \text{ мкм}$]

Вариант № 13

1. Плосковыпуклая линза с радиусом сферической поверхности $R = 12,5 \text{ см}$ прижата к стеклянной пластинке. Диаметр десятого темного кольца Ньютона в отраженном свете равен 1 мм. Определите длину волны света.

2. На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Его направление на четвертую темную дифракционную полосу составляет $2^\circ 12'$. Определите, сколько длин волн укладывается на ширине щели. [$\frac{a}{\lambda} = 104$]

3. Пучок естественного света падает на стеклянную призму с углом $\alpha = 30^\circ$. Определите показатель преломления стекла, если отраженный луч является плоскополяризованным. [$n = 1,73$]

4. Для вольфрамовой нити при температуре $T = 3500 \text{ К}$ поглощательная способность $A_T = 0,35$. Определите радиационную температуру нити. [$T_p = 2,69 \text{ кК}$]

5. Давление монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500 \text{ нм}$ на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, равно $0,15 \text{ мкПа}$. Определите число фотонов, падающих на поверхность площадью 40 см^2 за одну секунду. [$N = 4,52 \cdot 10^{17}$]

6. Определите длины волн, соответствующие: 1) границе серии Лаймана; 2) границе серии Бальмера; 3) границе серии Пашена. Проанализируйте результаты. [1) $\lambda_1 = 91 \text{ нм}$, область ультрафиолета; 2)

$\lambda_2 = 364 \text{ нм}$, вблизи видимого.

Вариант № 14

1. В опыте Юнга расстояние между щелями $d = 1 \text{ мм}$, а расстояние l от щелей до экрана равно 3 м . Определите: 1) положение первой светлой полосы; 2) положение третьей темной полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$.

2. На щель шириной $a = 0,1 \text{ мм}$ падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). Экран, на котором наблюдается дифракционная картина, расположен параллельно щели на расстоянии $l = 1 \text{ м}$. Определите расстояние b между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны центрального френгофорова максимума. [$b = 1,2 \text{ см}$].

3. Плоская монохроматическая световая волна распространяется в некоторой среде. Коэффициент поглощения среды для данной длины волны $\alpha = 1,2 \text{ м}^{-1}$. Определите, на сколько процентов уменьшится интенсивность света при прохождении данной волной пути 10 мм . [$1,2\%$]

4. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вырванных с поверхности металла, если фототок прекращается при приложении задерживающего напряжения $U_0 = 3,7 \text{ В}$. [$v_{\text{max}} = 1,14 \text{ Мм/с}$]

5. Давление p монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600 \text{ нм}$ на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, составляет $0,1 \text{ мкПа}$. Определите концентрацию n фотонов в световом пучке. [$n = 3,02 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$]

6. Атом водорода находится в возбужденном состоянии, характеризуемом главным квантовым числом $n = 4$. Определите возможные спектральные линии в спектре водорода, появляющиеся при переходе атома из возбужденного состояния в основное. [$\lambda_1 = 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $\lambda_2 = 1,02 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $\lambda_3 = 0,97 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $\lambda_4 = 6,54 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $\lambda_5 = 4,85 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $\lambda_6 = 18,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$]

Вариант № 15

1. На плоскопараллельную пленку с показателем преломления $n = 1,33$ под углом $i = 45^\circ$ падает параллельный пучок белого света. Определите, при какой наименьшей толщине пленки зеркально отраженный свет наиболее сильно окрасится в желтый цвет ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). [$d = 133 \text{ нм}$]

2. На щель шириной $a = 0,1$ мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном параллельно щели. Определите расстояние l от щели до экрана, если ширина центрального дифракционного максимума $b = 1$ см. [$l = 1$ м]

3. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, угол между главными плоскостями которых равен α . Поляризатор и анализатор как поглощают, так и отражают 10% падающего на них света. Определите угол α , если интенсивность света, вышедшего из анализатора, равна 12% интенсивности света, падающего на поляризатор. [$\alpha = 52^\circ 14'$]

4. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 500 нм. Определите минимальное значение энергии фотона, вызывающего фотоэффект. [$\varepsilon_{\min} = 2,49$ эВ]

5. Давление p монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, составляет 0,1 мкПа. Определите число N фотонов, падающих каждую секунду на 1 м^2 поверхности. [$N = 9,06 \cdot 10^{19}$]

6. Определите длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой боровской орбиты на вторую. К какой серии относится эта линия и какая она по счету? [$\lambda = 0,41$ мкм, четвертая линия серии Бальмера]

Вариант № 16

1. На стеклянный клин ($n = 1,5$) нормально падает монохроматический свет ($\lambda = 698$ нм). Определите угол между поверхностями клина, если расстояние между двумя соседними интерференционными минимумами в отраженном свете равно 2 мм. [$\alpha = 24''$]

2. Постоянная d дифракционной решетки длиной $l = 2,5$ см равна 5 мкм. Определите разность длин волн, разрешаемую этой решеткой, для света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм в спектре второго порядка. [$\delta\lambda = 50$ пм]

3. Пластина кварца толщиной $d_1 = 2$ мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света определенной длины волны на угол $\varphi_1 = 30^\circ$. Определите толщину d_2 кварцевой пластинки, помещенной между параллельными николями, чтобы данный монохроматический свет гасился полностью. [$d_2 = 6$ мм]

4. Калий освещается монохроматическим светом с длиной волны 400 нм. Определите наименьшее задерживающее напряжение, при котором фототок прекратится. Работа выхода электронов из калия равна 2,2 эВ. [$U_0 = 0,91 \text{ В}$]

5. На идеально отражающую плоскую поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$. Поток излучения Φ_e составляет 0,45 Вт. Определите число фотонов N , падающих на поверхность за время $t = 3 \text{ с}$. [$N = 3,73 \cdot 10^{18}$]

6. Максимальная длина волны спектральной водородной линии серии Лаймана равна 0,12 мкм. Предполагая, что постоянная Ридберга неизвестна, определите максимальную длину волны линии серии Бальмера. [$\lambda_b = 0,648 \text{ мкм}$]

Вариант № 17

1. Монохроматический свет падает нормально на поверхность воздушного клина, причем расстояние между интерференционными полосами $\Delta x_1 = 0,4 \text{ мм}$. Определите расстояние Δx_2 между интерференционными полосами, если пространство между пластинками, образующими клин, заполнить прозрачной жидкостью с показателем преломления $n = 1,33$. [$\Delta x_2 = 0,3 \text{ мм}$]

2. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600 \text{ нм}$. Определите наибольший порядок спектра, полученный с помощью этой решетки, если ее постоянная $d = 2 \text{ мкм}$. [$m_{\max} = 3$]

3. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора составляет 30° . Определите изменение интенсивности прошедшего через них света, если угол между главными плоскостями равен 45° .
4. Определите работу выхода A электронов из вольфрама, если "красная граница" фотоэффекта для него $\lambda_0 = 275 \text{ нм}$. [$A = 4,52 \text{ эВ}$]

5. На идеально отражающую плоскую поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$. Поток излучения Φ_e составляет 0,45 Вт. Определите силу давления, испытываемую этой поверхностью. [$F = 3 \text{ нН}$]

6. Определите максимальную и минимальную энергии фотона в видимой серии спектра водорода (серии Бальмера). [$E_{\max} = 3,41 \text{ эВ}$; $E_{\min} = 1,89 \text{ эВ}$]

Вариант № 18

1. Плосковыпуклая линза радиусом кривизны 4 м выпуклой сто-

роной лежит на стеклянной пластинке. Определите длину волны падающего монохроматического света, если радиус пятого светлого кольца в отраженном свете равен 3 мм. [$\lambda = 0,5$ мкм]

2. На дифракционную решетку длиной $l = 15$ мм, содержащую $N = 3000$ штрихов, падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 550$ нм. Определите число максимумов, наблюдаемых в спектре дифракционной решетки. [$n=18$]

3. Определите степень поляризации частично поляризованного света, если амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в 3 раза больше амплитуды, соответствующей его минимальной интенсивности. [$P=0,8$].

4. Определите работу выхода A электронов из вольфрама, если "красная граница" фотоэффекта для него $\lambda_0 = 275$ нм. [$A = 4,52$ эВ]

5. На идеально отражающую плоскую поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм. Поток излучения Φ_e составляет 0,45 Вт. Определите силу давления, испытываемую этой поверхностью. [$F = 3$ нН]

6. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89$ эВ]

4.2 Модуль 2 «Элементы квантовой механики. Квантово-механическое описание атомов»

ВАРИАНТ 1.

1. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89$ эВ]
2. Определите частоту f вращения электрона по третьей орбите атома водорода в теории Бора. [$f = 2,42 \cdot 10^{14}$ Гц]
3. Определите импульс и энергию : 1) рентгеновского фона; 2) электрона, если длина волны того и другого равна 10^{-10} м. [1)
 $p_\gamma = 6,63 \cdot 10^{-24}$ кг·м / с, $E_\gamma = 12,4$ кэВ ;2) $p_e = 6,63 \cdot 10^{-24}$ кг·м / с, $E_e = 151$ эВ]
4. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10$ с, определите

отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом. $[\frac{\Delta E}{E} = 2 \cdot 10^{-7}]$

3. Частица с энергией E движется в положительном направлении оси x и встречает на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой U и конечной шириной l , причем $E < U$. Запишите уравнение Шредингера для областей 1, 2 и 3.

4. Определите порядковый номер элемента в периодической системе элементов Д. И. Менделеева, если длина волны λ линии K_α характеристического рентгеновского излучения составляет 72 пм. $[Z = 42, \text{ молибден}]$

5. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса L_l электрона, находящегося в f -состоянии, больше, чем для электрона в p -состоянии. $[\frac{L_l^f}{L_l^p} = 2,45]$

6. Протон с энергией $E = 5$ эВ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10$ эВ и шириной $l = 0,1$ нм. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера. Во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях. $[W_p = 1,67 \cdot 10^{-43}; \frac{l}{l'} = 42,8]$

ВАРИАНТ 2.

1. Определите максимальную и минимальную энергии фотона в видимой серии спектра водорода (серии Бальмера). $[E_{max} = 3,41 \text{ эВ}; E_{min} = 1,89 \text{ эВ}]$
2. Определите: 1) частоту f вращения электрона, находящегося на первой бортовой орбите; 2) эквивалентный ток. $[1) f = 6,58 \cdot 10^{15} \text{ Гц}; 2) I = 1,05 \text{ мА}]$
3. Определите длину волны де Бройля для электрона, находящегося в атоме водорода на третьей бортовой орбите. $[\lambda = 1 \text{ нм}]$

4. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, может быть представлена в виде $\psi(x, t) = \psi(x) \cdot e^{-\left(\frac{i}{h}\right) \cdot Et}$. Покажите, что плотность вероятности нахождения частицы определяется только координатной ψ -функцией. [$\omega = |\psi(x)|^2$]
5. Электрон с энергией $E = 5$ эВ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10$ эВ и шириной $l = 0,1$ нм. Определите коэффициент D прозрачности потенциального барьера. [$D = 0,1$]
6. Определите постоянную экранирования σ для L -серии рентгеновского излучения, если при переходе электрона в атоме вольфрама с M -оболочки на L -оболочку длина волны λ испущенного фотона составляет 140 пм. [$\sigma = 5,63$]
7. Применяя теорию Бора к мезоатому водорода (в мезоатоме водорода электрон заменен мюоном, заряд которого равен заряду электрона, а масса в 207 раз больше массы электрона), определите: 1) радиус первой орбиты мезоатома; 2) энергию ионизации мезоатома. [$1) r = 0,254 \text{ нм}$; $2) E_i = 2,8 \text{ кэВ}$]
8. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). [$1) \Delta E = 0$; $2) \Delta E = 414 \text{ нэВ}$]

ВАРИАНТ 3.

1. Максимальная длина волны спектральной водородной линии серии Лаймана равна 0,12 мкм. Предполагая, что постоянная Ридберга неизвестна, определите максимальную длину волны линии серии Бальмера. [$\lambda_b = 0,648 \text{ мкм}$]

2. Определите частоту света, излучаемого атомом водорода, при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом $n = 2$, если радиус орбиты электрона изменился в $k = 9$ раз. [$\nu = 0,731 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$]

3. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290 \text{ К}$. [$\lambda = 148 \text{ нм}$]
4. ψ -функция некоторой частицы имеет вид $\psi = \frac{A}{r} \cdot e^{-\frac{r}{a}}$, где r — расстояние этой частицы до силового центра; a — некоторая постоянная. Используя условие нормировки вероятностей, определите нормировочный коэффициент A . [$A = \sqrt{\frac{1}{2\pi a}}$]
5. Протон с энергией $E = 5 \text{ эВ}$ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10 \text{ эВ}$ и шириной $l = 0,1 \text{ нм}$. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера. Во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях.
[$W_p = 1,67 \cdot 10^{-43}$; $\frac{l}{l'} = 42,8$]
6. Определите функцию распределения для электронов, находящихся на энергетическом уровне E для случая $E - E_F \ll kT$, пользуясь: 1) статистикой Ферми — Дирака; 2) статистикой Максвелла — Больцмана.
7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89 \text{ эВ}$]
8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290 \text{ К}$. [$\lambda = 148 \text{ нм}$]

ВАРИАНТ 4.

1. Определите длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой боровской орбиты на вторую. К какой серии относится эта линия и какая она по счету?
[$\lambda = 0,41 \text{ мкм}$, четвертая линия серии Бальмера]
2. Определите потенциал ионизации атома водорода. [$\varphi_1 = 13,6 \text{ В}$]
3. Определите, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля λ для него была равна 1 нм . [$U = 0,822 \text{ мВ}$]

4. Используя условие нормировки вероятностей, определите нормировочный коэффициент A волновой функции $\psi = A \cdot e^{-\frac{r}{a}}$, описывающей основное состояние электрона в атоме водорода, где r — расстояние электрона от ядра, a — первый боровский радиус. $[A = \sqrt{\frac{1}{\pi a^3}}]$
5. Частица с энергией $E = 10$ эВ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути бесконечно широкий прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 5$ эВ. Определите коэффициент преломления n волн де Бройля на границе потенциального барьера. $[n = 0,707]$
6. Определите в электрон-вольтах максимальную энергию E фонона, который может возбуждаться в кристалле $NaCl$, характеризуемом температурой Дебая $T_D = 320$ К. Фотон какой длины волны λ обладал бы такой энергией? $[E = 0,0298 \text{ эВ}; \lambda = 45 \text{ мкм}]$
7. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет $0,6$ мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10$ с, определите отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом. $[\frac{\Delta E}{E} = 2 \cdot 10^{-7}]$
8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290$ К. $[\lambda = 148 \text{ нм}]$

ВАРИАНТ 5.

1. Атом водорода находится в возбужденном состоянии, характеризуемом главным квантовым числом $n = 4$. Определите возможные спектральные линии в спектре водорода, появляющиеся при переходе атома из возбужденного состояния в основное. $[\lambda_1 = 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_2 = 1,02 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_3 = 0,97 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_4 = 6,54 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_5 = 4,85 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_6 = 18,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}]$

2. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i = 13,6$ эВ, определите первый потенциал возбуждения φ_1 этого атома. [$\varphi_1 = 10,2B$]
3. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов $U = 500$ В, имеет длину волны де Бройля $\lambda = 1,282$ пм. Принимая заряд этой частицы равным заряду электрона, определите ее массу. [$m = 1,672 \cdot 10^{-27}$ кг]
4. Волновая функция $\psi = A \sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)$ определена только в области $0 \leq x \leq l$. Используя условие нормировки, определите нормировочный множитель А. [$A = \sqrt{\frac{2}{l}}$]
5. Частица с энергией $E = 50$ эВ, двигаясь в положительном направлении оси x , встречает на своем пути бесконечно широкий прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 20$ эВ. Определите вероятность отражения частицы от этого барьера. [$W = 0,016$]
6. Определите ширину запрещенной зоны собственного полупроводника, если при температуре T_1 и T_2 ($T_2 > T_1$) его сопротивление соответственно равно R_1 и R_2 . [$E = 2k \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_1}{R_2}$]
7. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса L_l электрона, находящегося в f-состоянии, больше, чем для электрона в p-состоянии. [$\frac{L_l^f}{L_l^p} = 2,45$]
8. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89$ эВ]

ВАРИАНТ 6.

1. Определите длины волн, соответствующие: 1) границе серии Лаймана; 2) границе серии Бальмера; 3) границе серии Пашена. Проанализируйте результаты. [1) $\lambda_1 = 91$ нм, область ультрафио-

лета; 2) $\lambda_2 = 364 \text{ нм}$, вблизи видимого фиолетового излучения; 3) $\lambda_3 = 820 \text{ нм}$, область инфракрасного излучения]

2. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i = 13,6 \text{ эВ}$, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Бальмера.

$$[E_{B, \lambda_{\max}} = 1,89 \text{ эВ}]$$

3. Выведите зависимость между длиной волны де Бройля λ релятивистской частицы и ее кинетической энергией.

$$[\lambda = \frac{hc}{\sqrt{T(T + 2mc^2)}}]$$

4. ψ -функция некоторой частицы имеет вид $\psi = \frac{A}{r} \cdot e^{-\frac{r}{a}}$, где r — расстояние этой частицы до силового центра; a — некоторая постоянная. Определите среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.

$$[\langle r \rangle = \frac{a}{2}]$$

5. Частица массой $m = 10^{-19} \text{ кг}$, двигаясь в положительном направлении оси x со скоростью $v = 20 \text{ м/с}$, встречает на своем пути бесконечно широкий прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 100 \text{ эВ}$. Определите коэффициент отражения R волн де Бройля на границе потенциального барьера. $[R = 0,146]$

6. Применяя теорию Бора к мезоатому водорода (в мезоатоме водорода электрон заменен мюоном, заряд которого равен заряду электрона, а масса в 207 раз больше массы электрона), определите: 1) радиус первой орбиты мезоатома; 2) энергию ионизации мезоатома. $[1) r = 0,254 \text{ нм}; 2) E_i = 2,8 \text{ кэВ}]$

7. Протон с энергией $E = 5 \text{ эВ}$ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10 \text{ эВ}$ и шириной $l = 0,1 \text{ нм}$. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера. Во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения

его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях. [$W_p = 1,67 \cdot 10^{-43}$; $\frac{l}{l'} = 42,8$]

8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290$ К. [$\lambda = 148$ нм]

ВАРИАНТ 7.

- В инфракрасной области спектра излучения водорода обнаружено четыре серии—Пашена, Брэкета, Пфунда и Хэмфри. Запишите спектральные формулы для них и определите самую длинноволновую линию: 1) в серии Пашена; 2) в серии Хэмфри. [$\lambda_{3\max} = 1,87$ мкм; $\lambda_{6\max} = 12,3$ мкм]
- Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода $\varphi_1 = 10,2$ В, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующую второй линии серии Бальмера. [$E_{4,2} = 2,55$ эВ]
- Кинетическая энергия электрона равна 1 кэВ. Определите длину волны де Бройля. [$\lambda = 38,8$ нм]
- Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид $\psi = A \cdot e^{-\frac{r^2}{2a^2}}$, где r — расстояние этой частицы до силового центра; a — некоторая постоянная. Определите среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра. [$\langle r \rangle = \frac{2a}{\sqrt{\pi}}$]
- Электрон с длиной волны λ де Бройля, равной 120 нм, движется в положительном направлении оси x и встречает на своем пути бесконечно широкий прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 200$ эВ. Определите коэффициент отражения R волн де Бройля на границе потенциального барьера. [$R = 1$]

6. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10$ с, определите отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом. $\left[\frac{\Delta E}{E} = 2 \cdot 10^{-7} \right]$
7. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). [1) $\Delta E = 0$; 2) $\Delta E = 414 \text{ нэВ}$]
8. Волновая функция $\psi = A \sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)$ определена только в области $0 \leq x \leq l$. Используя условие нормировки, определите нормировочный множитель A . $\left[A = \sqrt{\frac{2}{l}} \right]$

ВАРИАНТ 8

1. На дифракционную решетку с периодом d нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Оказалось, что в спектре дифракционный максимум k -го порядка, наблюдаемый под углом φ , соответствовал одной из линий серии Лаймана. Определите главное квантовое число, соответствующее энергетическому уровню, с которого произошел переход. $\left[n = \left(1 - \frac{ck}{Rd \sin \varphi} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$
2. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном, энергия которого $\varepsilon = 17,7$ эВ. Определите скорость v электрона за пределами атома. $\left[v = 1,2 \text{ Мм} / \text{с} \right]$
3. Определите, как изменится длина волны де Бройля электрона в атоме водорода при переходе его с четвертой боровской орбиты на вторую. $\left[\frac{\lambda_4}{\lambda_2} = 2 \right]$

4. Волновая функция, описывающая основное состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi = A \cdot e^{-\frac{r}{a}}$, где r — расстояние электрона от ядра, a — первый боровский радиус. Определите среднее значение квадрата расстояния $\langle r^2 \rangle$ электрона до ядра в основном состоянии. $[\langle r^2 \rangle = 3a^2]$
5. Частица с энергией E движется в положительном направлении оси x и встречает на своем пути бесконечно широкий прямоугольный барьер высотой U , причем $E < U$. Принимая $A_1 = 1$ (как это обычно делается) и используя условия непрерывности волновой функции и ее первой производной на границе областей 1 и 2, определите плотность вероятности $|\psi_2(0)|^2$ обнаружения частицы в точке $x = 0$ области 2. $[\psi_2(0)|^2 = \frac{4E}{U}]$
6. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса L_l электрона, находящегося в f-состоянии, больше, чем для электрона в p-состоянии. $[\frac{L_l^f}{L_l^p} = 2,45]$
7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. $[E_{3,2} = 1,89 \text{ эВ}]$
8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290 \text{ К}$. $[\lambda = 148 \text{ нм}]$

ВАРИАНТ 9.

1. Используя теорию Бора для атома водорода, определите: 1) радиус ближайшей к ядру орбиты (первый боровский радиус); 2) скорость движения электрона по этой орбите. $[1) r_1 = 52,8 \text{ нм}; 2) v_1 = 2,19 \text{ Мм/с}]$
2. Фотон с энергией $\varepsilon = 12,12 \text{ эВ}$, поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определите главное квантовое число этого состояния. $[n=3]$

3. Кинетическая энергия электрона равна 0,6 МэВ. Определите длину волны де Бройля. [$\lambda = 1,26 \text{ нм}$]

4. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет

вид $\psi(r) = \frac{A}{r} \cdot e^{-\frac{r^2}{a^2}}$, где A — нормировочный множитель, равный

$$A = \frac{1}{\sqrt{\pi a} \cdot \sqrt{2\pi}}; r — \text{расстояние частицы от силового центра; } a —$$

некоторая постоянная. Определите среднее значение квадрата

расстояния $\langle r^2 \rangle$ частицы до силового центра. [$\langle r^2 \rangle = \frac{a^2}{4}$]

5. Частица с энергией E движется в положительном направлении оси x и встречает на своем пути бесконечно широкий прямоугольный потенциальный барьер высотой U , причем $E < U$. Принимая $A_1 = 1$ (как это обычно делается) и используя условия непрерывности волновой функции и ее первой производной на границе областей 1 и 2, определите плотность вероятности обнаружения частицы на расстоянии x от потенциального барьера.

$$|\psi_2(x)|^2 = \left| \frac{2k_1}{k_1 + i\beta} \right|^2 e^{-2\beta x},$$

$$\left[\text{где } k_1 = \frac{\sqrt{2mE}}{h}, \beta = \frac{\sqrt{2m(U-E)}}{h} \right]$$

6. Применяя теорию Бора к мезоатому водорода (в мезоатоме водорода электрон заменен мюоном, заряд которого равен заряду электрона, а масса в 207 раз больше массы электрона), определите: 1) радиус первой орбиты мезоатома; 2) энергию ионизации мезоатома. [1) $r = 0,254 \text{ нм}$; 2) $E_i = 2,8 \text{ кэВ}$]

7. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). [1) $\Delta E = 0$; 2) $\Delta E = 414 \text{ нэВ}$]

8. Волновая функция $\psi = A \sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)$ определена только в области $0 \leq x \leq l$. Используя условие нормировки, определите нормировочный множитель A . [$A = \sqrt{\frac{2}{l}}$]

ВАРИАНТ 10.

1. Определите, на сколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $\lambda = 4,86 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. [$\Delta E = 2,56 \text{ эВ}$]
2. Определите, какие спектральные линии появятся в видимой области спектра излучения атомарного водорода под действием ультрафиолетового излучения с длиной волны $\lambda = 95 \text{ нм}$. [$\lambda_n = 0,434 \text{ мкм}; 0,486 \text{ мкм}; 0,656 \text{ мкм}$.]
3. В опыте Дэвиссона и Джермера, обнаруживших дифракционную картину при отражении пучка электронов от естественной дифракционной решетки — монокристалла никеля, оказалось, что в направлении, составляющем угол $\alpha = 55^\circ$ с направлением падающих электронов, наблюдается максимум отражения четвертого порядка при кинетической энергии электронов $T = 180 \text{ эВ}$. Определите расстояние между кристаллографическими плоскостями никеля. [$d = 0,206 \text{ нм}$]
4. Волновая функция, описывающая основное состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi = A \cdot e^{-\frac{r}{a}}$, где r — расстояние электрона от ядра, a — первый боровский радиус. Определите наиболее вероятное расстояние r_e электрона до ядра. [$r_e = a$]
5. Докажите, что волновая функция $\psi(x) = Ax \cdot e^{-\sqrt{\frac{mk}{2\hbar^2}} x}$ может быть решением уравнения Шредингера для гармонического осциллятора, масса которого m и постоянная квазиупругой силы k . Определите собственное значение полной энергии осциллятора. [$E = \frac{3}{2} \hbar \omega_0$]

6. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10$ с, определите отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом. $[\frac{\Delta E}{E} = 2 \cdot 10^{-7}]$
7. Протон с энергией $E = 5$ эВ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10$ эВ и шириной $l = 0,1$ нм. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера. Во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях. $[W_p = 1,67 \cdot 10^{-43}; \frac{l}{l'} = 42,8]$
8. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном, энергия которого $\varepsilon = 17,7$ эВ. Определите скорость v электрона за пределами атома. $[v = 1,2 \text{ Мм} / \text{с}]$

ВАРИАНТ 11.

1. Используя теорию Бора, определите орбитальный магнитный момент электрона, движущегося по третьей орбите атома водорода. $[p_m = 2,8 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2]$
2. Применяя теорию Бора к мезоатому водорода (в мезоатоме водорода электрон заменен мюоном, заряд которого равен заряду электрона, а масса в 207 раз больше массы электрона), определите: 1) радиус первой орбиты мезоатома; 2) энергию ионизации мезоатома. $[1) r = 0,254 \text{ нм}; 2) E_i = 2,8 \text{ кэВ}]$
3. Моноэнергетический пучок нейтронов, получаемый в результате ядерной реакции, падает на кристалл с периодом $d = 0,15$ нм. Определите скорость нейтронов, если брэгговское отражение первого порядка наблюдается, когда угол скольжения $\nu = 30^\circ$. $[v = 2,64 \text{ км} / \text{с}]$
4. Частица находится в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" шириной l с бесконечно высокими "стенками". Запи-

шите уравнение Шредингера в пределах "ямы" ($0 \leq x \leq 1$) и решите его. $[\psi(x) = A \sin \frac{n\pi}{l} x]$

5. Математический маятник можно рассматривать в качестве гармонического осциллятора. Определите в электрон-вольтах энергию нулевых колебаний для маятника длиной $l = 1$ м, находящегося в поле тяготения Земли. $[E_0 = 1,03 \cdot 10^{-15} \text{ эВ}]$
6. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). $[1) \Delta E = 0; 2) \Delta E = 414 \text{ нэВ}]$
7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. $[E_{3,2} = 1,89 \text{ эВ}]$
8. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном, энергия которого $\varepsilon = 17,7$ эВ. Определите скорость v электрона за пределами атома. $[v = 1,2 \text{ Мм/с}]$

ВАРИАНТ 12.

1. Определите изменение орбитального механического момента электрона при переходе его из возбужденного состояния в основное с испусканием фотона с длиной волны $\lambda = 1,02 \cdot 10^{-7}$ м. $[\Delta L = 2h = 2,1 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}]$
2. Используя теорию Бора для атома водорода, определите: 1) радиус ближайшей к ядру орбиты (первый боровский радиус); 2) скорость движения электрона по этой орбите. $[1) r_1 = 52,8 \text{ нм}; 2) v_1 = 2,19 \text{ Мм/с}]$
3. Параллельный пучок моноэнергетических электронов направлен нормально на узкую щель шириной $a = 1$ мкм. Определите скорость этих электронов, если на экране, отстоящем на расстоянии $l = 20$ см от щели, ширина центрального дифракционного максимума составляет $\Delta x = 48$ мкм. $[v = 6,06 \text{ Мм/с}]$

4. Частица находится в одномерной "потенциальной яме" шириной l с бесконечно высокими "стенками". Выведите выражение для собственных значений энергии E_n . [$E_n = n^2 \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2}, n = 1, 2, 3, \dots$]
5. Волновая функция, описывающая $1s$ -состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi(r) = C \cdot e^{-\frac{r}{a}}$, где r — расстояние электрона от ядра, a — первый боровский радиус. Определите нормированную волновую функцию, отвечающую этому состоянию. [$\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$]
6. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса L_l электрона, находящегося в f -состоянии, больше, чем для электрона в p -состоянии. [$\frac{L_l^f}{L_l^p} = 2,45$]
7. Применяя теорию Бора к мезоатому водорода (в мезоатоме водорода электрон заменен мюоном, заряд которого равен заряду электрона, а масса в 207 раз больше массы электрона), определите: 1) радиус первой орбиты мезоатома; 2) энергию ионизации мезоатома. [1) $r = 0,254 \text{ нм}$; 2) $E_i = 2,8 \text{ кэВ}$]
8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290 \text{ К}$. [$\lambda = 148 \text{ нм}$]

ВАРИАНТ 13.

1. Позитроний — атомоподобная система, состоящая из позитрона и электрона, вращающегося относительно общего центра масс. Применяя теорию Бора, определите минимальные размеры подобной системы. [$d_{\min} = 106 \text{ нм}$]
2. Определите частоту света, излучаемого атомом водорода, при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом $n = 2$, если радиус орбиты электрона изменился в $k = 9$ раз. [$\nu = 0,731 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$]

3. Исходя из общей формулы для фазовой скорости ($V_{\text{фаз}} = \frac{\omega}{k}$), определите фазовую скорость волны де Бройля свободно движущейся с постоянной скоростью v частицы в нерелятивистском и релятивистском случаях. [1) $V_{\text{фаз1}} = \frac{v}{2}$; 2) $V_{\text{фаз2}} = \frac{c^2}{v}$]
4. Волновая функция, описывающая состояние частицы в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" с бесконечно высокими "стенками", имеет вид $\psi(x) = A \sin kx$. Определите: 1) вид собственной волновой функции $\psi_n(x)$; 2) коэффициент A , исходя из условия нормировки вероятностей. [1) $\psi_n(x) = A \sin \frac{n\pi}{l} x$; 2) $A = \sqrt{\frac{2}{l}}$]
5. Нормированная волновая функция, описывающая 1s-состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$, где a — первый боровский радиус. Определите среднюю потенциальную энергию электрона в поле ядра. [$\langle U \rangle = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{a}$]
6. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10$ с, определите отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом. [$\frac{\Delta E}{E} = 2 \cdot 10^{-7}$]
7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89$ эВ]

8. Волновая функция $\psi = A \sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)$ определена только в области $0 \leq x \leq l$. Используя условие нормировки, определите нормировочный множитель A . [$A = \sqrt{\frac{2}{l}}$]

ВАРИАНТ 14.

- Докажите, что энергетические уровни атома водорода могут быть описаны выражением $E_n = -\frac{2\pi h^2 R}{n^2}$, где R — постоянная Ридберга. [$E_n = -\frac{2\pi h^2}{n^2} \cdot R$]
- Определите частоту f вращения электрона по третьей орбите атома водорода в теории Бора. [$f = 2,42 \cdot 10^{14}$ Гц]
- Ширина следа электрона (обладающего кинетической энергией $T = 1,5$ кэВ) на фотопластинке, полученного с помощью камеры Вильсона, составляет $\Delta x = 1$ мкм. Определите, можно ли по данному следу обнаружить отклонение в движении электрона от законов классической механики. [$\frac{\Delta p_x}{p_x} \ll 1$]
- Известно, что нормированная собственная волновая функция, описывающая состояние электрона в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" с бесконечно высокими "стенками", имеет вид $\psi_n(x) = \sqrt{\left(\frac{2}{l}\right)} \cdot \frac{\sin \pi n x}{l}$, где l — ширина "ямы". Определите среднее значение координаты $\langle x \rangle$ электрона. [$\langle x \rangle = \frac{l}{2}$]
- Электрон в атоме находится в d-состоянии. Определите: 1) момент импульса (орбитальный) L_l электрона; 2) максимальное значение проекции момента импульса $(L_{lz})_{max}$ на направление внешнего магнитного поля. [1) $L_l = 2,45 h$; 2) $(L_{lz})_{max} = 2h$]

6. Протон с энергией $E = 5$ эВ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10$ эВ и шириной $l = 0,1$ нм. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера. Во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях. [$W_p = 1,67 \cdot 10^{-43}$; $\frac{l}{l'} = 42,8$]
7. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). [1) $\Delta E = 0$; 2) $\Delta E = 414$ нэВ]
8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290$ К. [$\lambda = 148$ нм]

ВАРИАНТ 15.

1. Определите скорость v электрона на третьей орбите атома водорода. [$v_3 = 0,731$ Мм/с]
2. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i = 13,6$ эВ, определите первый потенциал возбуждения φ_1 этого атома. [$\varphi_1 = 10,2$ В]
3. Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов $U = 1$ кВ. Известно, что неопределенность скорости составляет $0,1\%$ от ее числового значения. Определите неопределенность координаты электрона. Являются ли электроны в данных условиях квантовой или классической частицей? [$\Delta x = 38,8$ нм]
4. Частица в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" шириной l с бесконечно высокими "стенками" находится в основном состоянии. Определите вероятность обнаружения частицы в левой трети "ямы". [$W = 0,195$]

5. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса L_l электрона, находящегося в f-состоянии, больше, чем для электрона в p-состоянии. $[\frac{L_l^f}{L_l^p} = 2,45]$
6. Протон с энергией $E = 5$ эВ движется в положительном направлении оси x, встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10$ эВ и шириной $l = 0,1$ нм. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера. Во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях. $[W_p = 1,67 \cdot 10^{-43}; \frac{l}{l'} = 42,8]$
7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. $[E_{3,2} = 1,89$ эВ]
8. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном, энергия которого $\varepsilon = 17,7$ эВ. Определите скорость v электрона за пределами атома. $[v = 1,2$ Мм/с]

ВАРИАНТ 16.

1. Определите длины волн, соответствующие: 1) границе серии Лаймана; 2) границе серии Бальмера; 3) границе серии Пашена. Проанализируйте результаты. $[1) \lambda_1 = 91$ нм, область ультрафиолета; 2) $\lambda_2 = 364$ нм, вблизи видимого фиолетового излучения; 3) $\lambda_3 = 820$ нм, область инфракрасного излучения]
2. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i = 13,6$ эВ, определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Бальмера. $[E_{B,\lambda_{\max}} = 1,89$ эВ]
3. Определите отношение неопределенностей скорости электрона, если его координата установлена с точностью до 10^{-5} м, и пы-

линки массой $m = 10^{-12}$ кг, если ее координата установлена с такой же точностью. $[\frac{\Delta v_e}{\Delta v_n} = 1,1 \cdot 10^{18}]$

4. Электрон находится в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" шириной l с бесконечно высокими "стенками". Определите вероятность W обнаружения электрона в средней трети "ямы", если электрон находится в возбужденном состоянии ($n = 3$). Поясните физический смысл полученного результата, изобразив графически плотность вероятности обнаружения электрона в данном состоянии. $[W = \frac{1}{3}]$
5. $1s$ электрон атома водорода, поглотив фотон с энергией $E = 12,1$ эВ, перешел в возбужденное состояние с максимально возможным орбитальным квантовым числом. Определите изменение момента импульса ΔL_l орбитального движения электрона. $[\Delta L_l = 2,57 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}]$
6. Применяя теорию Бора к мезоатому водорода (в мезоатоме водорода электрон заменен мюоном, заряд которого равен заряду электрона, а масса в 207 раз больше массы электрона), определите: 1) радиус первой орбиты мезоатома; 2) энергию ионизации мезоатома. $[1) r = 0,254 \text{ нм}; 2) E_i = 2,8 \text{ кэВ}]$
7. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). $[1) \Delta E = 0; 2) \Delta E = 414 \text{ нэВ}]$
8. Волновая функция $\psi = A \sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)$ определена только в области $0 \leq x \leq l$. Используя условие нормировки, определите нормировочный множитель A . $[A = \sqrt{\frac{2}{l}}]$

ВАРИАНТ 17.

1. Определите длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой боровской орбиты на вторую. К какой серии относится эта линия и какая она по счету? [$\lambda = 0,41 \mu\text{м}$, четвертая линия серии Бальмера]
2. Определите потенциал ионизации атома водорода. [$\varphi_1 = 13,6 \text{В}$]
3. Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов $U = 200 \text{В}$. Определите, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100пм (с точностью порядка диаметра атома) и его скорость с точностью до 10% . [$\Delta x m_e \Delta v = 7,64 \cdot 10^{35} \text{Дж} \cdot \text{с} \ll h$]
4. Определите, при какой ширине одномерной прямоугольной "потенциальной ямы" с бесконечно высокими "стенками" дискретность энергетического спектра электрона сравнима с его средней кинетической энергией при температуре T . [$l = h\pi \sqrt{\frac{2n+1}{3mkT}}$]
5. Определите наименьшую длину волны рентгеновского излучения, если рентгеновская трубка работает при напряжении $U = 150 \text{кВ}$. [$\lambda_{\min} = 8,29 \text{нм}$]
6. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет $0,6 \mu\text{м}$. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10 \text{с}$, определите отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом. [$\frac{\Delta E}{E} = 2 \cdot 10^{-7}$]
7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89 \text{эВ}$]
8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290 \text{К}$. [$\lambda = 148 \text{нм}$]

ВАРИАНТ 18

1. Используя теорию Бора для атома водорода, определите: 1) радиус ближайшей к ядру орбиты (первый боровский радиус); 2) скорость движения электрона по этой орбите. [1) $r_1 = 52,8 \text{ нм}$; 2) $v_1 = 2,19 \text{ Мм/с}$]
2. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном, энергия которого $\varepsilon = 17,7 \text{ эВ}$. Определите скорость v электрона за пределами атома. [$v = 1,2 \text{ Мм/с}$]
3. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределенность скорости составляет 10% от ее числового значения, определите неопределенность координаты электрона. Применимо ли в данном случае для электрона понятие траектории? [$\Delta x = 3,34 \text{ нм} \approx r_1$]
4. Докажите, что энергия свободных электронов в металле не квантуется. Примите, что ширина l прямоугольной "потенциальной ямы" с бесконечно высокими "стенками" для электрона в металле составляет 10 см . [$E_n \approx 0,75n \cdot 10^{-16} \text{ эВ}$]
5. Определите длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость v электронов, бомбардирующих анод рентгеновской трубки, составляет $0,8c$. [$\lambda_{\min} = 3,64 \text{ нм}$]
6. Протон с энергией $E = 5 \text{ эВ}$ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10 \text{ эВ}$ и шириной $l = 0,1 \text{ нм}$. Определите вероятность прохождения протоном этого барьера. Во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях. [$W_p = 1,67 \cdot 10^{-43}$; $\frac{l}{l'} = 42,8$]
7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89 \text{ эВ}$]

8. Волновая функция $\psi = A \sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)$ определена только в области $0 \leq x \leq l$. Используя условие нормировки, определите нормировочный множитель A . [$A = \sqrt{\frac{2}{l}}$]

ВАРИАНТ 19.

1. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89$ эВ]
2. Фотон с энергией $\varepsilon = 12,12$ эВ, поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определите главное квантовое число этого состояния. [$n=3$]
3. Используя соотношение неопределенностей в форме $\Delta x \Delta p_x \geq h$, оцените минимально возможную полную энергию электрона в атоме водорода. Примите неопределенность координаты равной радиусу атома. Сравните полученный результат с теорией Бора. []
4. Частица находится в одномерной прямоугольной "потенциальной яме" с бесконечно высокими "стенками". Определите, во сколько раз изменяется отношение разности соседних энергетических уровней $\frac{\Delta E_{n+1,n}}{E_n}$ частицы при переходе от $n = 3$ к $n' = 8$.
Объясните физическую сущность полученного результата
5. Определите длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если при увеличении напряжения на рентгеновской трубке в два раза она изменилась на 50 пм. [$\lambda_1 = 100$ нм]
6. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). [1) $\Delta E = 0$; 2) $\Delta E = 414$ нэВ]

7. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. [$E_{3,2} = 1,89 \text{ эВ}$]
8. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290 \text{ К}$. [$\lambda = 148 \text{ нм}$]

ВАРИАНТ 20.

1. Докажите, что энергетические уровни атома водорода могут быть описаны выражением $E_n = -\frac{2\pi h^2 R}{n^2}$, где R — постоянная Ридберга. [$E_n = -\frac{2\pi h^2}{n^2} \cdot R$]
2. Применяя теорию Бора к мезоатому водорода (в мезоатоме водорода электрон заменен мюоном, заряд которого равен заряду электрона, а масса в 207 раз больше массы электрона), определите: 1) радиус первой орбиты мезоатома; 2) энергию ионизации мезоатома. [1) $r = 0,254 \text{ нм}$; 2) $E_i = 2,8 \text{ кэВ}$]
3. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время его жизни равно 10^{-8} с). [1) $\Delta E = 0$; 2) $\Delta E = 414 \text{ нэВ}$]
4. Частица с энергией E движется в положительном направлении оси x и встречает на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой U и конечной шириной l , причем $E < U$. Запишите уравнение Шредингера для областей 1, 2 и 3.
5. Определите порядковый номер элемента в периодической системе элементов Д.И. Менделеева, если граничная частота K -серии характеристического рентгеновского излучения составляет $5,55 \cdot 10^{18} \text{ Гц}$. [$Z = 42$, молибден]
6. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса L_l электрона, находящегося в f-состоянии, больше, чем для электрона в p-состоянии. [$\frac{L_l^f}{L_l^p} = 2,45$]

7. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10$ с, определите отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом. $\left[\frac{\Delta E}{E} = 2 \cdot 10^{-7} \right]$

8. Определите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй. $[E_{3,2} = 1,89 \text{ эВ}]$

5. Контроль над самостоятельной работой студентов

В таблице 1 представлены сроки выполнения, форма отчетности и время, отводимое на выполнение самостоятельной работы студентами по различным разделам дисциплины, согласно рабочей программе.

Таблица 1

Наименование раздела (темы) дисциплины для СР	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час	Форма отчетности
Электромагнитные колебания и волны в вакууме и веществе. Интерференция волн. Дифракция волн. Поляризация волн.	2 - 4 неделя	16	Подготовка отчетов по лабораторным работам и защита работ №№1-3.
Квантовая природа электромагнитного излучения. Корпускулярно-волновой дуализм вещества.	5 -9 неделя	20	Подготовка отчетов по лабораторным работам и защита работ 4-8. Решение индивидуальных заданий модуля 1
Элементы квантовой механики. Квантово-механическое описание атомов.	10 -14 неделя	20	Подготовка отчетов по лабораторным работам и защита работ №№9-13.

Наименование раздела (темы) дисциплины для СР	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час	Форма отчетности
			Решение индивидуальных заданий модуля 2
Элементы атомной физики. Элементы физики атомного ядра. Элементы физики элементарных частиц.	15 -18 неделя	16	Подготовка отчетов по лабораторным работам и защита работ №№14-17.

6. Вопросы для самоподготовки по дисциплине «Квантовая физика».

1. Плоские и сферические электромагнитные волны. Монохроматичность и когерентность световой волны. Интерференция волн и света.

2. Интерференция света. Интерференционное поле от двух точечных источников. Опыт Юнга.

3. Временная и пространственная когерентность, радиус когерентности. Интерференция в тонких пленках.

4. Многолучевая интерференция. Интерферометры. Интерферометрия. Интерферометр Майкельсона.

5. Дифракция волн и света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля.

6. Дифракция Френеля на простейших преградах: круглом отверстии и диске.

7. Дифракция Фраунгофера на одной щели.

8. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Разрешающая способность дифракционной решетки.

9. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгеноструктурный анализ. Методы Лауэ и Дебая.

10. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Форма и степень поляризации монохроматических волн. Закон Малюса.

11. Поляризация света при отражении и преломлении от границы раздела двух сред. Закон Брюстера. Формулы Френеля.

12. Прохождение света через линейные фазовые пластинки. Прохождение поляризованого света через анизотропные среды. Двойное лучепреломление.

13. Искусственная оптическая анизотропия. Фотоупругость. Электрооптические и магнитооптические эффекты.

14. Поглощение и дисперсия волн. Дисперсия света. Области нормальной и аномальной дисперсии. Элементарная теория дисперсии света.

15. Оптический эффект Доплера и его применение.

16. Тепловое излучение. Основные понятия и определения. Спектральные характеристики теплового излучения. Закон Кирхгофа.

17. Абсолютно черное тело. Законы излучения абсолютно черного тела: Стефана-Больцмана, Вина.

18. Формула Релея-Джинса и ультрафиолетовая катастрофа. Квантовое объяснение законов теплового излучения и формула Планка.

19. Давление света. Квантовое объяснение давления света. Фотоэффект. Масса и импульс фотона. Эффект Комптона.

20. Корпускулярно-волновой дуализм света. Соотношения неопределенностей как проявление корпускулярно - волнового дуализма свойств вещества.

21. Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Опыты Девиссона и Джермера. Дифракция микрочастиц.

22. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.

23. Волновая функция, ее статистический смысл и условия, которым она должна удовлетворять.

24. Уравнение Шредингера. Квантовая частица в одномерной потенциальной яме. Одномерный потенциальный барьер.

25. Стационарное уравнение Шредингера для атома водорода. Волновые функции и квантовые числа. Правила отбора для квантовых переходов.

26. Опыт Штерна и Герлаха. Эффект Зеемана.

27. Спонтанное и индуцированное излучение. Инверсное заселение уровней активной среды. Основные компоненты лазера. Условие усиления и генерации света. Особенности лазерного излучения. Основные типы лазеров и их применение.

28. Планетарная модель атома. Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц.

29. Ядерная модель атома. Эмпирические закономерности в

атомных спектрах. Формула Бальмера.

30. Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме. Принцип Паули. Оболочка и подоболочка. Построение периодической системы элементов.

31. Основы физики атомного ядра. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи нуклонов. Момент импульса атомного ядра и его магнитный момент.

32. Состав атомного ядра. Ядерные силы. Энергия связи. Современные модели ядер.

33. Радиоактивность. Виды и законы радиоактивного излучения.

34. Ядерные реакции. Деление ядер. Синтез ядер. Детектирование ядерных излучений. Понятие о дозиметрии и защите.

35. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия (сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное) и основные классы элементарных частиц.

36. Классификация элементарных частиц. Частицы и античастицы. Лептоны и адроны. Кварки.

7. Список рекомендуемой литературы

7.1 Основная учебная литература

1. Физика: современный курс [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Никеров. - 2-е изд. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. - 452 с. //Режим доступа – <http://biblioclub.ru/>
2. Трофимова, Таисия Ивановна. Курс физики [Текст]: учебное пособие/Т.И. Трофимова.-21-е изд., стер. – Москва: Академия, 2015. – 560 с.

7.2 Дополнительная учебная литература

3. Савельев И.В. Курс физики [Текст]: учебник: в 3 т. / И.В. Савельев. – Изд. 11-е, стер.- СПб.: Лань, 2011 -.Т.1.:Механика. Молекулярная физика. – 432 с.
4. Савельев И.В. Курс физики [Текст]: учебник: в 3 т. /И.В. Савельев. – Изд. 11-е стер. - СПб. : Лань, 2011.- Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 496 с.
5. Волькенштейн, Валентина Сергеевна. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]: для студентов технических вузов / В.С. Волькенштейн.- Изд.3-е, исп. и доп. - СПб.: Книжный мир, 2004. – 328 с.
7. Чертов, А.Г. Задачник по физике [Текст]: учеб. пособие/ А.Г. Чертов, А.А Воробьев.-7-е изд., перераб. и доп. - М.: Физико-

математической литературы, 2003.-640 с.

8. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – 7-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2002. - 542 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.strf.ru/> - Интернет- издание «Наука и технологии России – strf.ru»
2. <http://www.rusnano.com/> - Группа РОСНАНО
3. <http://biblioclub.ru> - Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
4. <https://phys.org/> - новости науки, исследований и технологий (press release on-line).
5. <http://www.consultant.ru> - Официальный сайт компании «Консультант Плюс».
6. <http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам.