

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и прикладной физики

*Методические указания к самостоятельной работе по физике
для студентов Морской академии МГТУ, обучающихся по специальности
26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов
морской инфраструктуры*

Часть 3. "Колебания и волны. Оптика, атомная и ядерная физика"

Мурманск
2019

Составитель – Анна Владимировна Михайлюк, к. ф. н., доцент
кафедры общей и прикладной физики Мурманского
государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой
11 сентября 2019 г., протокол № 1

Рецензент – В. С. Гнатюк, д. ф. н., профессор, заведующий кафедрой
общей и прикладной физики Мурманского
государственного технического университета

© Мурманский государственный
технический университет, 2019
© А. В. Михайлюк, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	4
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	4
СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ	7
РАЗДЕЛ 1. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	7
<i>Тема 1. Кинематика гармонических колебаний.....</i>	<i>7</i>
<i>Тема 2. Механические и электромагнитные гармонические колебания</i>	<i>8</i>
<i>Тема 3. Затухающие и вынужденные колебания</i>	<i>9</i>
<i>Тема 4. Механические волны</i>	<i>11</i>
<i>Тема 5. Электромагнитные волны</i>	<i>12</i>
РАЗДЕЛ 2. ОПТИКА.....	13
2.1. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА.....	13
<i>Тема 6. Законы геометрической оптики.....</i>	<i>13</i>
<i>Тема 7. Линзы и оптические приборы</i>	<i>15</i>
2.2. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА	16
<i>Тема 8. Интерференция света.....</i>	<i>16</i>
<i>Тема 9. Дифракция света</i>	<i>18</i>
<i>Тема 10. Поляризация света.....</i>	<i>20</i>
<i>Тема 11. Взаимодействие света с веществом</i>	<i>22</i>
2.3. КВАНТОВАЯ ОПТИКА	23
<i>Тема 12. Тепловое излучение.....</i>	<i>23</i>
<i>Тема 13. Фотоэлектрический эффект</i>	<i>24</i>
<i>Тема 14. Другие квантово-оптические явления.....</i>	<i>26</i>
РАЗДЕЛ 3. АТОМНАЯ ФИЗИКА.....	27
<i>Тема 15. Боровская теория атома водорода.....</i>	<i>27</i>
<i>Тема 16. Волновые свойства микрочастиц.....</i>	<i>29</i>
<i>Тема 17. Элементы современной физики атомов и молекул.....</i>	<i>30</i>
РАЗДЕЛ 4. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА.....	32
<i>Тема 18. Основные свойства и строение атомных ядер</i>	<i>32</i>
<i>Тема 19. Радиоактивность</i>	<i>33</i>
<i>Тема 20. Ядерные реакции</i>	<i>34</i>
<i>Тема 21. Космические лучи и элементарные частицы</i>	<i>36</i>
ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	38
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ"	38
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ И ВОЛНОВАЯ ОПТИКА"	40
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "КВАНТОВАЯ ОПТИКА. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА".....	41
ВОПРОСЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА ПО РАЗДЕЛАМ "КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ, ОПТИКА, АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА"	42
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для оказания помощи студентам, обучающимся по направлению *26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры*, в формировании умений и навыков самостоятельной работы при изучении таких разделов физики, как "Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика".

Данные разделы изучаются студентами в третьем учебном семестре. Основными формами контроля знаний являются промежуточные тесты, контрольные работы, расчетно-графические задания, собеседования во время практических занятий и консультаций, при выполнении и сдаче лабораторных работ, а также зачет с оценкой.

Чтобы успешно сдать зачет, необходимо выполнить учебную программу и усвоить все вопросы теоретического курса, которые приведены в конце данных методических указаний.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование тем и содержание самостоятельной работы	Количество часов
1	2	3
Раздел 1. Колебания и волны		
1.	Кинематика гармонических колебаний	
2.	Механические и электромагнитные гармонические колебания	
3.	Затухающие и вынужденные колебания	
4.	Механические волны	
5.	Электромагнитные волны	
Раздел 2. Оптика		
2.1. Геометрическая оптика		
6.	Законы геометрической оптики	
7.	Линзы и оптические приборы	
2.2. Волновая оптика		
8.	Интерференция света	
9.	Дифракция света	
10.	Поляризации света	
11.	Взаимодействие света с веществом	
2.3. Квантовая оптика		
12.	Тепловое излучение	
13.	Фотоэлектрический эффект	
14.	Другие квантово-оптические явления	
Раздел 3. Атомная физика		
15.	Боровская теория атома водорода	
16.	Волновые свойства микрочастиц	
17.	Элементы современной физики атомов и молекул	
Раздел 4. Ядерная физика		
18.	Основные свойства и строение атомных ядер	
19.	Радиоактивность	
20.	Ядерные реакции	
21.	Космические лучи и элементарные частицы	
	Итого за семестр:	42

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 4-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2002. – 718 с. : ил.

2. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для вузов : В 3 т. Т. 3. Волновые процессы. Оптика. Атомная и ядерная физика / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1979. - 511 с.

3. Корсунский, М. И. Оптика, строение атома, атомное ядро / М. И. Корсунский. - Изд. 3-е, стер. - М. : Наука, 1967. - 528 с.

4. Курс физики : учебник для вузов. В 2 т. Т.2 / Под ред. В. Н. Лозовского. - СПб. : Лань, 2000. - 592 с.

5. Савельев, И. В. Курс физики : учеб. пособие для вузов. [В 3 т.]. Т. 2 : Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика / И. В. Савельев. - Изд. 4-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 467 с. : ил.

6. Савельев, И. В. Курс физики : учеб. пособие для вузов. [В 3 т.]. Т. 3 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 301, [1] с. : ил.

7. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - 7-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2003. - 541 с. : ил.

8. Трофимова, Т. И. Физика в таблицах и формулах : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - 3-е изд., испр. - М. : Академия, 2006. - 446 с. : ил.

9. Яворский, Б. М. Основы физики : учебник: В 2 т. Т. 2. Колебания и волны. Квантовая физика. Физика ядра и элементарных частиц / Б. М. Яворский, А. А. Пинский ; под ред. Ю. И. Дика. - 4-е изд., перераб. - М. : Физматлит, 2000. - 576 с.

10. Яворский, Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. - 3-е изд., перераб. - М. : Наука, 1990. - 512 с.

Дополнительная

11. Джанколи, Д. Физика. В 2 т. Т. 2 / Д. Джанколи. - М. : Мир, 1989. - 672 с.

12. Элементарный учебник физики : В 3 т. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. - М. : Шрайк, 1995. - 656 с. : ил.

13. Савельев, И. В. Курс общей физики : учеб. пособие для вузов : В 5 кн. Кн. 4. Волны. Оптика / И. В. Савельев. - 4-е изд., перераб. - М. : Наука : Физматлит, 1998. - 256 с.

Рекомендуемая литература к практическим занятиям

Основная

14. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2001. – 640 с.

15. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики : для студ. техн. вузов / В. С. Волькенштейн. – Изд. 3-е, испр. и доп. – СПб. : Книжный мир, 2005. – 327 с.

Дополнительная

16. Гурский, И. П. Элементарная физика с примерами решения задач / И. П. Гурский ; под ред. И. В. Савельева. – 3-е изд., перераб. – М. : Наука, 1984. – 448 с.

17. Новодворская, Е. М., Методика проведения упражнений по физике в вузе : учеб. пособие / Е. М. Новодворская, Э. М. Дмитриев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1981. – 320 с.

18. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике : учеб. пособие / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1982. – 272 с.

19. Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики для вузов : учеб. пособие / Т. И. Трофимова. – Изд. 3-е. – М. : Оникс 21 век : Мир и Образование, 2003. – 383 с.

20. Фирганг, Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики : учеб. пособие для вузов / Е. В. Фирганг. – М. : Высш. шк. 1977. – 351 с. : ил.

Рекомендуемая литература к лабораторным занятиям

21. Сборник лабораторных работ по физике. Ч. 3. Волновая оптика, атомная и ядерная физика / под ред. В. Н. Подымахина ; Ком. РФ по рыболовству, МГАРФ, Каф. физики. - Мурманск, 1995. - 76 с.

22. Математическая обработка результатов измерений и представление экспериментальных данных : учеб.-метод. пособие для студентов и курсантов инж.-техн. Спец. МГТУ / сост. Т. К. Карельская, А. В. Федотов. – Мурманск. : МГТУ, 1997. – 28 с.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Тема 1. Кинематика гармонических колебаний

Гармонические колебания и их основные характеристики. Векторные диаграммы. Сложение колебаний. Биения. Фигуры Лиссажу. Сложное колебание и его гармонический спектр. Энергия колебательного движения.

Студент должен знать:

1. Что называют колебаниями. Какие колебания являются гармоническими.
2. Что такое амплитуда, частота, период, круговая частота и фаза гармонических колебаний.
3. Как графически изображаются гармонические колебания.
4. Чему равна скорость и ускорение гармонически колеблющейся точки.
5. Чему равны кинетическая и потенциальная энергии колебательного движения.
6. Как записывается дифференциальное уравнение гармонических колебаний и его решение.
7. Что называют биениями.
8. Как образуются фигуры Лиссажу.
9. Что понимают под спектром колебаний.

Студент должен уметь: 1) строить векторные диаграммы гармонических колебаний; 2) выводить выражения для кинетической и потенциальной энергии материальной точки, совершающей гармонические колебания.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Гармонические колебания происходит по закону $s = 0,5 \sin(300t + 1)$. Определить амплитуду, частоту, период и начальную фазу колебания.
2. Тело массой $m = 0,02$ кг совершает гармоническое колебание с амплитудой $0,05$ м и частотой 10 с^{-1} , начальная фаза колебания равна

нулю. Определить полную энергию колеблющегося тела и написать уравнение гармонического колебания.

3. Материальная точка массой $m = 10$ г совершает гармонические колебания с периодом $T = 1$ с. Начальная фаза колебаний $\varphi_0 = 30^\circ$. Определить амплитуду колебаний, максимальные скорость и ускорение колеблющейся точки, если максимальная кинетическая энергия равна 0,02 Дж.

4. Груз, подвешенный на пружине, колеблется с амплитудой 3 см. Определить жесткость пружины, если максимальная кинетическая энергия колеблющегося груза равна 0,5 Дж.

5. Амплитуда гармонического колебания, совершаемого телом массой $m = 20$ г, равна 5 см, период 0,1 с. Найти скорость в начальный момент времени и полную энергию тела.

6. Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания, возникающего при сложении двух колебаний одинаковых направления и периода: $x_1 = A_1 \sin \omega t$ и $x_2 = A_2 \sin \omega(t + \tau)$, где $A_1 = A_2 = 1$ см; $\omega = \pi \text{ с}^{-1}$; $\tau = 0,5$ с. Найти уравнение результирующего колебания.

7. Складываются два взаимно перпендикулярных колебания, выражаемых уравнениями $x = A_1 \sin \omega t$ и $y = A_2 \cos \omega(t + \tau)$, где $A_1 = 2$ см, $A_2 = 1$ см, $\omega = \pi \text{ с}^{-1}$, $\tau = 0,5$ с. Найти уравнение траектории и построить ее, показав направление движения.

Литература основная: [1] – [13], [17], [18], *дополнительная:* [14], [15], [19] – [23].

Тема 2. Механические и электромагнитные гармонические колебания

Гармонический осциллятор. Механические гармонические колебания. Физический и математический маятники, груз на пружине. Электромагнитные гармонические колебания. Колебательный контур.

Студент должен знать:

1. Какая система называется гармоническим осциллятором.
2. Что представляют собой физический, математический и пружинный маятники. От чего зависят их периоды колебаний.
3. Из чего состоит простейший электрический колебательный контур. Когда колебания в этом контуре будут гармоническими.
4. Какие процессы происходят при свободных гармонических колебаниях в колебательном контуре. От чего зависит их период.

5. Как записывается дифференциальное уравнение гармонических колебаний в контуре и его решение.

6. Как изменяется разность потенциалов между обкладками конденсатора и сила тока в колебательном контуре.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. При подвешивании грузов массами $m_1 = 500$ г и $m_2 = 400$ г к свободным пружинам последние удлинились одинаково ($\Delta l = 15$ см). Пренебрегая массой пружин, определить: 1) периоды колебаний; 2) который из грузов при одинаковых амплитудах обладает большей энергией и во сколько раз.

2. Физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень длиной $l = 25$ см. Определить, на каком расстоянии от центра масс должна быть точка подвеса, чтобы частота колебаний была максимальной.

3. Два математических маятника, длины которых отличаются на $\Delta l = 16$ см, совершают за одно и то же время один 10 колебаний, другой 6 колебаний. Определить длины маятников l_1 и l_2 .

4. Колебательный контур содержит катушку с общим числом витков $N = 50$, индуктивностью $L = 5$ мГн и конденсатор электроемкостью $C = 2$ нФ. Максимальное напряжение на обкладках конденсатора $U_{\max} = 150$ В. Определить максимальный магнитный поток, пронизывающий катушку.

5. Колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Определить частоту колебаний, возникающих в контуре, если максимальная сила тока в катушке $I_{\max} = 1,2$ А, максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора $U_{\max} = 1200$ В, энергия контура $W = 1,1$ мДж.

Литература основная: [1] – [13], [17], [18], *дополнительная:* [14], [15], [19] – [23].

Тема 3. Затухающие и вынужденные колебания

Свободные затухающие механические и электромагнитные колебания. Вынужденные механические и электромагнитные колебания. Переменный ток.

Студент должен знать:

1. Какие колебания называются затухающими

2. Как записываются дифференциальные уравнения затухающих механических и электромагнитных колебаний. Решение этих уравнений.

3. Что называют коэффициентом затухания, декрементом затухания, логарифмическим декрементом затухания.

4. По какому закону изменяется амплитуда затухающих колебаний.

5. Как связана добротность контура с логарифмическим декрементом затухания.

6. Чему равен период и циклическая частота затухающих колебаний.

7. Что такое автоколебания.

8. Какие колебания называются вынужденными.

9. Как записываются дифференциальные уравнения вынужденных механических и электромагнитных колебаний. Решение этих уравнений.

10. Как найти амплитуду и начальную фазу установившегося вынужденного колебания на примере пружинного маятника и электрического контура.

11. Что называют резонансом. Какая его роль.

12. Чему равна резонансная циклическая частота.

13. Какой ток называют квазистационарным.

14. Что называют емкостным, индуктивным, активным, реактивным и полным сопротивлением цепи.

15. Как связаны эффективные и амплитудные значения периодического тока, периодического напряжения.

16. От чего зависит коэффициент мощности в цепи переменного тока.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Почему добротность является важнейшей характеристикой резонансных свойств системы?

2. Как влияют активное сопротивление, электроемкость и индуктивность колебательного контура на его резонансные характеристики?

3. Логарифмический декремент затухания камертона, колеблющегося с частотой $\nu = 100$ Гц, равен 0,002. Через какое время амплитуда колебаний камертона уменьшится в 100 раз?

4. Определить период затухающих колебаний, если период собственных колебаний системы равен 1 с и логарифмический декремент затухания равен 0,628.

5. Найти число полных колебаний системы, в течение которых энергия системы уменьшилась в 2 раза. Логарифмический декремент затухания равен 0,01.

6. Определить, насколько резонансная частота отличается от частоты $\nu_0 = 1000$ Гц собственных колебаний системы, характеризуемой коэффициентом затухания равным 400 с^{-1} .

7. В последовательной RL -цепочке ($R = 160 \text{ Ом}$, $L = 0,85 \text{ мГн}$) течет ток $I = 31 \cos 337t$, где I выражено в амперах, t – в секундах. Какая мощность рассеивается в контуре?

Литература основная: [1] – [13], [17], [18], *дополнительная:* [14], [15], [19] – [23].

Тема 4. Механические волны

Упругие волны в газах, жидкостях и твердых телах. Уравнение волны. Одномерное волновое уравнение. Поток энергии волны. Интерференция волн. Стоячие волны. Звуковые волны. Эффект Доплера в акустике.

Студент должен знать:

1. Что называют волной.
2. Какие волны называют продольными, какие поперечными.
3. Что такое волновой фронт и волновая поверхность.
4. Что называют длиной волны. Какая связь между длиной волны, скоростью и периодом.
5. Какая волна называется гармонической, плоской, сферической, бегущей. Как записать уравнения этих волн.
6. Что понимают под уравнением волны и волновым уравнением.
7. Что такое волновое число, фазовая и групповая скорости.
8. В чем заключается физический смысл вектора Умова.
9. Как формулируется принцип суперпозиции волн.
10. При каких условиях возникает интерференция волн. Условия интерференционных максимумов и минимумов.
11. Как образуются стоячие волны. Длина стоячей волны.
12. Какие волны называют звуковыми.
13. От чего зависит скорость звука, его громкость, высота и тембр.
14. Что такое эффект Доплера в акустике.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Найти смещение x от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии $l = \lambda/12$, для момента времени $t = T/6$. Амплитуда колебаний $A = 0,05$ м.

2. Найти положение узлов и пучностей и начертить график стоячей волны, если: 1) отражение происходит от менее плотной среды; 2) отражение происходит от более плотной среды. Длина бегущей волны $\lambda = 12$ см.

3. Может ли звук распространяться в вакууме?

4. Средняя квадратичная скорость молекул двухатомного газа при некоторых условиях составляет 461 м/с. Определить скорость распространения звука при тех же условиях.

5. Чему равна частота колебаний, воспринимаемых приемником, если: 1) приемник покоится, а источник колебаний от него удаляется; 2) источник и приемник движутся навстречу друг другу?

6. Поезд проходит со скоростью 54 км/ч мимо неподвижного приемника и подает звуковой сигнал. Приемник воспринимает скачок частоты $\Delta\nu = 54$ Гц. Принимая скорость звука $v = 340$ м/с, определить частоту тона звукового сигнала гудка поезда.

Литература основная: [1] – [13], [17], [18], *дополнительная:* [14], [15], [19] – [23].

Тема 5. Электромагнитные волны

Свойства электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Эффект Доплера для электромагнитных волн и его использование в радиотехнике и радиолокации.

Студент должен знать:

1. Что такое электромагнитная волна.
2. Как теория Максвелла приводит к выводу о существовании электромагнитных волн.
3. Чему равна скорость электромагнитных волн в вакууме и в среде.
4. Как записать волновое уравнение и уравнение плоской электромагнитной волны.
5. В чем состоят свойства электромагнитных волн.
6. Что называют объемной плотностью энергии электромагнитного поля и от чего она зависит.
7. Какой физический смысл вектора Пойтинга и от чего он зависит.

8. Что называют интенсивностью электромагнитной волны.
9. Как можно представить шкалу электромагнитных волн.

Студент должен уметь пояснить физические процессы, приводящие к возникновению и существованию электромагнитных волн и принципы их использования для передачи информации.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Амплитуда напряженности электрического поля в плоской электромагнитной волне равна 10 мВ/м, диэлектрическая проницаемость среды $\varepsilon = 12$. Найти амплитуду напряженности магнитного поля в этой волне. Среда - парамагнетик.
2. В условиях предыдущей задачи записать уравнение электромагнитной волны, указав числовые значения E_m , H_m и ν .
3. Амплитуда напряженности магнитного поля в плоской электромагнитной волне $H_m = 1$ мА/м. Диэлектрическая проницаемость среды $\varepsilon = 3$. Найти интенсивность волны.
4. В условиях предыдущей задачи найти максимальное значение вектора Пойтинга и вектора плотности импульса электромагнитного поля (электромагнитной волны).

Литература основная: [1] – [13], [17], [18], *дополнительная:* [14], [15], [19] – [23].

РАЗДЕЛ 2. ОПТИКА

2.1. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Тема 6. Законы геометрической оптики

Развитие представлений о природе света. Основные законы геометрической оптики. Принцип Гюйгенса. Полное внутреннее отражение. Призмы.

Студент должен знать:

1. Что изучает оптика.
2. Какие представления лежат в основе корпускулярной и волновой теорий света.
3. Как формулируется принцип Гюйгенса.
4. Почему возникло представление о двойственной корпускулярно-волновой природе света.

5. В чем состоит квантовая гипотеза М. Планка.
6. Какими основными понятиями оперирует геометрическая оптика.
7. Как формулируются законы отражения и преломления света, закон прямолинейного распространения света.
8. Чему равна скорость света в вакууме и в среде.
9. Что такое абсолютный и относительный показатели преломления среды.
10. При каком условии наблюдается явление полного внутреннего отражения. Где оно используется.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Начертить ход лучей и объяснить, почему палка, частично погруженная в воду, кажется изломанной в том месте, где она входит в воду.
2. Под водой ($n = 1,33$) солнечные лучи образуют с нормалью угол 30° . Под каким углом к горизонту стоит солнце?
3. Человек, рост которого равен $h = 1,7$ м, идет со скоростью $v = 1$ м/с по направлению к уличному фонарю. В некоторый момент длина тени человека была $l_1 = 1,8$ м, а через 2 с стала $l_2 = 1,3$ м. На какой высоте висит фонарь?
4. Найти абсолютный показатель преломления n среды, в которой свет с энергией фотонов $\varepsilon = 44$ мкДж имеет длину волны $\lambda = 30$ мкм.
5. На тонкую прозрачную трехгранную призму с углом при вершине $\theta = 30^\circ$ падает луч света перпендикулярно к грани. Определить показатель преломления материала призмы, если угол между падающим лучом и лучом, вышедшим из призмы, $\gamma = 30^\circ$.
6. Луч света падает на равностороннюю треугольную призму из крона под углом $\alpha = 45^\circ$ к одной из граней. Вычислить угол, под которым луч выходит из противоположной грани. Показатель преломления крона $n = 1,56$.
7. Критический угол для поверхности раздела жидкость-воздух $\alpha_{кр} = 57^\circ$. Чему равен показатель преломления жидкости?
8. Свет от источника, находящегося на глубине $h = 6$ см ниже поверхности жидкости, падает на эту поверхность на расстоянии $l = 4$ см от точки, находящейся непосредственно над источником. Чему равен

показатель преломления жидкости, если в данном случае имеет место полное внутреннее отражение.

Литература основная: [3], [7] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11], [16] – [20].

Тема 7. Линзы и оптические приборы

Линзы. Построение изображения в тонкой линзе. Формула тонкой линзы. Недостатки линз. Фотометрия. Оптические приборы.

Студент должен знать:

1. Что такое линза. Какие бывают линзы.
2. Что называют главной оптической осью, оптическим центром, фокусом и фокальной плоскостью линзы.
3. Как формулируется принцип Ферма.
4. Какой пучок называется параксиальным.
5. Что такое оптическая сила линзы, и в каких единицах она измеряется.
6. Что называют линейным увеличением линзы.
7. Чему равны оптическая сила и линейное увеличение системы линз.
8. Как выражается формула тонкой линзы.
9. Чем обусловлены недостатки линз, и какие способы их устранения.
10. Что изучает фотометрия.
11. Что такое световой поток, сила света, освещенность и яркость. Их единицы.
12. Характерные особенности лупы, микроскопа, телескопа, фотоаппарата и проекционного аппарата.

Студент должен уметь: 1) выводить формулу тонкой линзы; 2) строить изображение предмета в собирающих и рассеивающих линзах, в лупе, микроскопе, телескопе, фотоаппарате и проекционном аппарате.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Линза изготовлена из материала с показателем преломления $n = 1,3$. В воздухе она действует как собирающая линза. Будет ли она собирающей, если ее поместить в воду? Поясните ответ построением хода лучей.

2. Почему при наводке на более близкий объект линзу камеры приходится удалять от пленки на большее расстояние?

3. Какое изображение образуется на сетчатой оболочке человеческого глаза: прямое или перевернутое? Что следует из этого для нашего восприятия объектов?

4. Опишите все условия, при которых собирающая линза создает: 1) изображение, превышающее объект; 2) мнимое изображение; 3) прямое изображение; 4) увеличение +1 и -1.

5. Опишите все условия, при которых рассеивающая линза создает: 1) изображение, превышающее объект; 2) мнимое изображение; 3) прямое изображение; 4) увеличение +1 и -1.

6. Изображение предмета, полученного с помощью собирающей линзы с оптической силой $D = 10$ дптр, оказалось увеличенным в 4 раза. На каком расстоянии от линзы находится изображение?

7. Какое увеличение можно получить с помощью проекционного аппарата, с главным фокусным расстоянием объектива $F = 20$ см, если экран расположен на расстоянии 6 м от объектива?

8. Светильник из матового стекла имеет форму шара диаметром $d = 20$ см. Сила света шара $I = 80$ кд. Определить полный световой поток Φ , светимость M и яркость L светильника.

Литература основная: [3], [7] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11], [16] – [20].

2.2. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Тема 8. Интерференция света

Интерференция света. Оптическая разность хода. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников света. Интерференция света в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики. Интерференционные приборы.

Студент должен знать:

1. Какие оптические явления рассматриваются в волновой оптике.
2. В чем состоит явление интерференции света. Чем данное явление отличается от простого сложения световых волн.
3. Какие волны называются монохроматическими.
4. Что такое когерентные источники, когерентные волны.
5. Что называют оптической длиной пути, оптической разностью хода.

6. Как оптическая разность хода связана с разностью фаз интерферирующих волн.

7. Каковы условия интерференционных максимумов и минимумов.

8. Что называют полосами равной толщины и равного наклона. Как они возникают.

9. Что называют просветлением оптики.

10. Как устроен интерферометр Майкельсона.

11. Какая основная идея фурье-спектропии.

Студент должен уметь: 1) рассчитывать интерференционную картину от двух когерентных источников света; 2) выводить условия интерференционных максимумов и минимумов в отраженном свете при интерференции в тонких пленках.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Абсолютные показатели преломления алмаза и стекла равны 2,42 и 1,5. Каким должно быть соотношение толщины этих веществ, чтобы время распространения света в них было одинаковым?

2. На стеклянную плоскопараллельную пластинку падает луч света под углом α . Луч частично отражается от верхней поверхности, частично проходит в пластинку, опять отражается от нижней поверхности и выходит через верхнюю. Найти угол φ , под которым луч выйдет из пластинки, и длину пути l , пройденную преломленным лучом в пластинке. Толщина пластинки d , показатель преломления света n .

3. Оптическая разность хода двух интерферирующих волн монохроматического света $\Delta = 1,5 \lambda$. Определить разность фаз $\Delta\varphi$.

4. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга $d = 1$ мм, расстояние от щелей до экрана $l = 3$ м. Определить длину волны λ , испускаемой источником монохроматического света, если ширина интерференционной полосы на экране $b = 1,5$ мм.

5. На стеклянную плоскопараллельную пластинку ($n = 1,5$) падает монохроматический свет ($\lambda = 750$ нм) под углом $\alpha = 30^\circ$. При какой наименьшей толщине пластинки в отраженном свете она будет красной.

6. На толстую стеклянную плоскопараллельную пластинку ($n_1 = 1,5$), покрытую тонкой пленкой с показателем преломления $n_2 = 1,4$, падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной

волны $\lambda = 0,6$ мкм. Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину пленки.

7. На стеклянный ($n = 1,5$) клин падает нормально пучок света с длиной волны $\lambda = 580$ нм. Угол клина $\theta = 20''$. Какое число темных интерференционных полос приходится на единицу длины клина?

8. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы $R = 4$ м. Чему равна длина волны падающего на линзу света, если радиус пятого светлого кольца Ньютона в отраженном свете $r_5 = 3,6$ мм?

Литература основная: [1] - [5], [7] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 9. Дифракция света

Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Фраунгофера на щели и на дифракционной решетке. Разрешающая способность оптического прибора. Дифракция на пространственной решетке. Понятие о голографии.

Студент должен знать:

1. Какое явление называют дифракцией света.
2. При каком условии наблюдается дифракция света.
3. Как формулируется принцип Гюйгенса - Френеля.
4. Что называют зонами Френеля.
5. В чем заключается метод зон Френеля.
6. Какой формулой выражается радиус n -й зоны Френеля для сферической и плоской волны.
7. В чем различие между дифракцией Френеля и дифракцией Фраунгофера.
8. Каковы условия максимумов и минимумов при дифракции на одной щели, на дифракционной решетке.
9. Что такое угловая и линейная дисперсия дифракционной решетки.
10. Что собой представляет пространственная решетка.
11. При каком условии наблюдается дифракция света на пространственной решетке.
12. Какие практические применения имеет формула Вульфа – Брэгга.
13. Что такое разрешающая способность оптического прибора и от чего она зависит.
14. Что называют зонной пластинкой.

15. В чем суть голографического метода.

Студент должен уметь: 1) строить зоны Френеля и выводить формулу радиуса n -й зоны Френеля для сферической и плоской волны; 2) графически представлять распределение интенсивности света на экране при дифракции на одной щели и на дифракционной решетке.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии 1 м от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 500$ нм). Посередине между источником света и экраном находится диафрагма с круглым отверстием. Определить радиус отверстия, при котором центр дифракционной картины будет наиболее темным.

2. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 589$ нм падает нормально на щель. Чему равна ширина щели, если угол φ между первыми светлыми полосами по обе стороны от центрального максимума равен 33° .

3. Сколько дополнительных минимумов и максимумов возникает между двумя главными максимумами при дифракции на двух и шести щелях?

4. Свет от источника падает нормально на дифракционную решетку, содержащую 10^4 штрихов/см. Линии первого порядка наблюдаются под углами $29,8$; $37,7$; $39,6$; $48,9^\circ$. Найти соответствующие им длины волн.

5. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм падает нормально на дифракционную решетку, содержащую 400 штрихов на 1 мм. Определить угол отклонения, соответствующий максимуму наивысшего порядка. Найти общее число дифракционных максимумов, которые дает эта решетка.

6. Как изменится дифракционная картина, если увеличить общее число штрихов N решетки, не меняя период d решетки?

7. Сколько штрихов на 1 см должна содержать дифракционная решетка длиной 4 см, если она позволяет разрешить в первом порядке длины волн $\lambda_1 = 4187,23$ нм и $\lambda_2 = 4187,41$ нм?

8. Рентгеновское излучение с длиной волны $\lambda = 0,128$ нм падает на кристалл, атомы которого расположены в плоскостях на расстоянии 0,3 нм друг от друга. Под каким углом следует направить рентгеновские лучи на кристалл, чтобы наблюдать первый дифракционный максимум?

Литература основная: [1] - [5], [7] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 10. Поляризация света

Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Двойное лучепреломление в анизотропных кристаллах. Призма Николя. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах. Искусственная оптическая анизотропия.

Студент должен знать:

1. Что собой представляет естественный, поляризованный и частично поляризованный свет.
2. Что называют плоскостью колебаний и плоскостью поляризации.
3. Что такое степень поляризации и чему она равна.
4. Что называют поляризатором и анализатором.
5. Как формулируется закон Малюса.
6. Как выражается закон Брюстера, в чем его смысл.
7. Какие кристаллы называются анизотропными.
8. В чем состоит явление двойного лучепреломления.
9. Какой луч называют обыкновенным и какой - необыкновенным. Как поляризованы эти лучи.
10. Что называют оптической осью и главной плоскостью кристалла.
11. Что такое дихроизм.
12. Что собой представляет и где используется призма Николя.
13. Какие вещества называются оптически активными.
14. В чем заключается явление вращения плоскости поляризации.
15. Какие способы получения искусственной оптической анизотропии.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Степень поляризации частично поляризованного света $P = 0,6$. Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого анализатором, от минимальной?

2. При переходе луча света из стекла в воду критический угол $\alpha_{кр}$, при котором наблюдалось явление полного внутреннего отражения, оказался равным 62° . Под каким углом на поверхность стекла должен

падать луч, идущий в воде, чтобы отраженный луч был полностью поляризован?

3. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы отраженный от поверхности озера свет был полностью поляризован? Показатель преломления воды $n = 1,33$.

4. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через систему поляризатор-анализатор, если угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора $\varphi = 45^\circ$, а в каждом из них поглощается 10% интенсивности падающего света.

5. Пучок лучей естественного света падает на систему из 5 николей, главная плоскость каждого из которых повернута на угол $\varphi = 30^\circ$ относительно главной плоскости предыдущего николя. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через эту систему? Поглощением света пренебречь.

6. Раствор сахара с концентрацией 300 кг/м^3 , налитый в стеклянную трубку, поворачивает плоскость поляризации света, проходящего через раствор, на угол $\varphi_1 = 65^\circ$. Другой раствор, налитый в такую же трубку, поворачивает плоскость поляризации на угол $\varphi_2 = 50^\circ$. Определить концентрацию этого раствора.

7. Луч света переходит из кварца в жидкость, частично отражаясь, частично преломляясь. Отраженный луч максимально поляризован при угле падения $\varphi = 43^\circ 6'$. Определить показатель преломления жидкости и скорость распространения света в ней.

8. Пучок лучей плоскополяризованного света с длиной волны $\lambda = 650 \text{ нм}$ падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно его оптической оси. Найти длины волн обыкновенного и необыкновенного лучей, а также скорости их распространения в кристалле, если показатели преломления исландского шпата для этих лучей равны соответственно $n_o = 1,6584$ и $n_e = 1,4864$.

Литература основная: [1] - [5], [7] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] - [20].

Тема 11. Взаимодействие света с веществом

Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Поглощение (абсорбция) света. Рассеяние света. Оптические явления в атмосфере. Эффект Доплера для электромагнитных волн.

Студент должен знать:

1. Что называют дисперсией света.
2. Что называют дисперсией вещества.
3. Чем отличается нормальная дисперсия от аномальной.
4. Чем отличаются фазовая и групповая скорости. В каком случае они одинаковы.
5. Какое явление называют поглощением света.
6. Как формулируется закон Бугера.
7. От чего зависит показатель поглощения среды.
8. Что называют спектром поглощения света.
9. Какое явление называют рассеянием света.
10. В чем отличие рассеяния и поглощения света; рассеяния и дифракции света.
11. Чем отличаются явление Тиндаля и молекулярное рассеяние.
12. Как формулируется закон Рэлея для рассеяния света.
13. В чем заключается эффект Доплера для световых волн.

Студент должен уметь объяснить такие оптические явления в атмосфере, как голубой цвет неба, красно-оранжевый цвет заката или восхода Солнца, белый цвет облаков, дыма и тумана, красный цвет запрещающего движение светофора.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Докажите, что если монохроматический пучок света падает на грань призмы с показателем преломления n под малым углом α , то при малом преломляющем угле θ призмы угол отклонения φ лучей не зависит от угла падения и равен $\theta(n - 1)$.
2. Белый свет падает: 1) на дифракционную решетку; 2) на призму. В каждом случае на экране, расположенном за прибором, образуется спектр. В чем отличие этих спектров?
3. Какой цвет имело бы небо, если бы у Земли не было атмосферы?

4. Останется солнечный свет белым или приобретет окраску, если земная атмосфера окажется в 50 раз плотнее?

5. В результате поглощения и рассеяния света слоем вещества $x = 6$ см интенсивность света уменьшилась втрое. Найти натуральный показатель ослабления.

6. Источник монохроматического света с длиной волны $\lambda_0 = 500$ нм движется по направлению к наблюдателю со скоростью $v = 0,1c$ (c – скорость света в вакууме). Определить длину волны, которую зарегистрирует приемник наблюдателя.

7. При какой скорости движения источника красный цвет ($\lambda = 0,69$ мкм) будет казаться зеленым ($\lambda = 0,53$ мкм)?

8. Известно, что при удалении от нас некоторой туманности линия излучения водорода ($\lambda = 656,3$ нм) в ее спектре смещена в красную сторону на $\Delta\lambda = 2,5$ нм. Определить скорость удаления туманности.

Литература основная: [1] - [5], [7] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

2.3. КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Тема 12. Тепловое излучение

Противоречия классической физики. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Кирхгофа. Законы излучения черного тела. Понятие об оптической пирометрии.

Студент должен знать:

1. С какой проблемой столкнулись физики в 90-х годах XIX века.
2. Какое излучение называется тепловым. Чем оно отличается от других видов излучения.
3. Что называют потоком излучения, энергетической светимостью, спектральной плотностью энергетической светимости и поглощательной способностью тела.
4. Как формулируется и каким соотношением выражается закон Кирхгофа.
5. Какое тело называют абсолютно черным. Что является моделью этого тела.
6. Какой физический смысл универсальной функции Кирхгофа.

7. Как графически изображается распределение энергии в спектре излучения черного тела для нескольких различных температур.
8. Как формулируются закон Стефана – Больцмана и законы Вина.
9. В чем смысл выражения "ультрафиолетовая катастрофа".
10. Как записывается формула Планка, и какая гипотеза была выдвинута Планком для вывода этой формулы.
11. Что понимают в оптической пирометрии под радиационной, яркостной и цветовой температурой.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Объяснить, почему открытые окна домов со стороны улицы кажутся черными.
2. Энергетические светимости черного и серого тел одинаковы и равны $R_e = 500 \text{ Вт/м}^2$. Найти температуры этих тел. Коэффициент поглощения серого тела $a = 0,5$.
3. Энергетическая светимость черного тела $R_e = 10 \text{ кВт/м}^2$. определить длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности энергетической светимости этого тела.
4. Что можно сказать об относительной температуре желтых, красных и голубых звезд?
5. Используя формулу Планка, найти постоянную Стефана – Больцмана.
6. Исходя из формулы Планка, получить закон смещения Вина.
7. Показать, как можно формулу Планка для спектральной плотности энергетической светимости $r_{\lambda,T}$ преобразовать в формулу для $r_{\nu,T}$.
8. Показать, что формула Планка для спектральной плотности энергетической светимости $r_{\nu,T}$ в области малых частот ($h\nu \ll kT$) совпадает с формулой Рэлея – Джинса.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 13. Фотоэлектрический эффект

Виды фотоэлектрического эффекта. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Применение фотоэффекта.

Студент должен знать:

1. Какие явления называют внутренним, внешним и вентильным фотоэффектом.
2. Какие законы внешнего фотоэффекта были установлены А. Г. Столетовым.
3. Как с помощью уравнения Эйнштейна объяснить законы внешнего фотоэффекта.
4. Что называют работой выхода электрона из металла. От чего она зависит.
5. Что такое красная граница фотоэффекта, и как она определяется.
6. Что называют задерживающей разностью потенциалов.
7. Что такое фототок насыщения.
8. Что представляет собой простейший тип фотоэлемента.
9. Где в настоящее время используется явление фотоэффекта.

Студент должен уметь нарисовать и объяснить вольт-амперные характеристики, соответствующие двум различным освещенностям катода при заданной частоте света и двум различным частотам при заданной освещенности.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Объяснить, почему существование красной границы фотоэффекта свидетельствует в большей мере в пользу корпускулярной, чем волновой теории света?
2. Фотон с длиной волны $\lambda = 0,2$ мкм вырывает с поверхности натрия фотоэлектроны, кинетическая энергия которых $E_k = 2$ эВ. Определить работу выхода электрона из металла и красную границу фотоэффекта.
3. Какую часть энергии кванта света составляет энергия, израсходованная на работу выхода электрона из фотокатода, если красная граница для материала фотокатода $\lambda_0 = 540$ мкм, а кинетическая энергия фотоэлектрона $E_k = 0,5$ эВ?
4. Фотоэлектроны, вырываемые с поверхности металла, полностью задерживаются обратным напряжением $U_3 = 3$ В. Фотоэффект для этого металла начинается при частоте падающего монохроматического света $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$. Определить: 1) работу выхода электрона из металла; 2) частоту применяемого излучения.
5. При освещении вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_1 = 0,4$ мкм он заряжается до разности

потенциалов $\varphi_1 = 2$ В. Определить, до какой разности потенциалов φ_2 зарядится фотоэлемент при освещении его монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_2 = 0,3$ мкм

6. Пороговая длина волны для испускания электронов с данной поверхности $\lambda_0 = 380$ нм. Чему будет равна максимальная кинетическая энергия испускаемых с поверхности электронов, если длина волны падающего света изменится и станет равной 480 нм и 280 нм?

7. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, испускаемых с поверхности металла под действием γ -излучения с длиной волны $\lambda = 4$ пм.

8. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, испускаемых с поверхности металла под действием γ -излучения с энергией $\varepsilon = 1,53$ МэВ.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 14. Другие квантово-оптические явления

Эффект Комптона. Давление света. Опыты П. Н. Лебедева. Корпускулярно-волновой дуализм света.

Студент должен знать:

1. Какое явление называют эффектом Комптона.
2. В чем отличие эффекта Комптона и фотоэффекта.
3. Чему равны масса и импульс фотона.
4. Как объяснить эффект Комптона с точки зрения квантовых представлений о природе света.
5. Чему равно изменение длины волны фотона при комптоновском рассеянии.
6. В чем суть опытов П. Н. Лебедева.
7. Как определяется давление света на поверхность.
8. В чем состоит корпускулярно-волновой дуализм света.

Студент должен уметь: 1) вывести формулу изменение длины волны фотона при комптоновском рассеянии; 2) получить формулу давление света на поверхность.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Рассматривая особенности механизма комптоновского рассеяния, объяснить: 1) почему длина волны рассеянного излучения больше, чем длину волны падающего излучения; 2) наличие в составе рассеянного излучения "несмещенной" линии.

2. Определить длину волны λ рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения под углом $\theta = 60^\circ$ длина волны рассеянного излучения оказалась равной $\lambda' = 57$ пм.

3. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,3$ МэВ рассеялся под углом $\theta = 120^\circ$ на первоначально покоившемся электроне. Определить кинетическую энергию электрона отдачи.

4. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,25$ МэВ рассеялся под углом $\theta = 180^\circ$ на свободном электроне. Определить долю энергии фотона, приходящуюся на рассеянный фотон.

5. Определить, во сколько раз отличается давление монохроматического света, падающего нормально на зеркальную поверхность, от давления того же света, падающего нормально на зачерненную поверхность.

6. На идеально отражающую поверхность падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм. Поток излучения $\Phi_e = 0,45$ Вт. Определить: 1) число фотонов N , падающих на поверхность за время $t = 3$ с; 2) силу давления, испытываемую этой поверхностью.

7. Определить, с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм.

8. Определить, с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны $\lambda = 3$ пм.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] - [20].

РАЗДЕЛ 3. АТОМНАЯ ФИЗИКА

Тема 15. Боровская теория атома водорода

Модели атома Томсона и Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода. Теория Бора для водородоподобных систем. Экспериментальные подтверждения и недостатки теории Бора.

Студент должен знать:

1. Что представляет собой атом в модели Томсона.
2. В чем суть опытов Резерфорда по рассеянию α -частиц.
3. В чем состояла невозможность классического истолкования ядерной модели атома водорода.
4. Какие закономерности в спектре излучения атома водорода были обнаружены опытным путем.
5. Что можно определить с помощью сериальной формулы Бальмера.
6. Постулаты Бора.
7. Правило квантования момента импульса электрона в атоме.
8. Что понимают под термином "уровни энергии" в атоме.
9. Принцип соответствия.
10. Что показывают опыты Франка и Герца.
11. Каковы недостатки теории Бора.

Студент должен уметь определять на основании теории Бора:

- 1) радиус n -ной орбиты электрона в атоме;
- 2) скорость электрона на n -ной орбите;
- 3) энергию стационарного состояния электрона в атоме;
- 4) энергию ионизации атома.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Что удерживает электроны и не позволяет им разлететься в ядерной модели атома Резерфорда?
2. Вычислить длины волн первой линии в серии Лаймана и второй линии в серии Бальмера.
3. Определить максимальную и минимальную энергии фотона в ультрафиолетовой серии спектра атома водорода.
4. Определить в боровской модели длину волны света, испускаемого атомом водорода при переходе с энергетического уровня $n = 6$ на энергетический уровень $m = 2$.
5. Чему равны кинетическая и потенциальная энергии электрона в основном состоянии атома водорода.
6. С помощью боровской модели определить энергию ионизации атома водорода. Вычислить также минимальную длину волны фотона, при которой происходит ионизация.
7. Определить потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения атома водорода.

8. Невозбужденный атом водорода поглощает фотон с длиной волны $\lambda = 102,5$ нм. Вычислить радиус электронной орбиты в возбужденном атоме водорода.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 16. Волновые свойства микрочастиц

Корпускулярно-волновая двойственность свойств частиц вещества. Волновая функция и ее статистическое толкование. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Частица в потенциальной яме. Гармонический осциллятор в квантовой механике.

Студент должен знать:

1. Как формулируется гипотеза Луи де Бройля.
2. Какие опыты подтверждают волновую гипотезу де Бройля.
3. Какая связь между корпускулярными и волновыми свойствами свободных частиц.
4. Вероятностный смысл волн де Бройля.
5. Какие формулы называют соотношениями неопределенностей Гейзенберга.
6. Какое уравнение называют временным уравнением Шредингера.
7. Какое уравнение называют стационарным уравнением Шредингера.
8. Что такое потенциальная яма.
9. Что такое линейный гармонический осциллятор.
10. Какую информацию дают решения уравнения Шредингера.

Студент должен уметь: 1) решая уравнения Шредингера, определять собственные значения энергий частицы в потенциальной яме; 2) графически изображать ψ -функцию свободной частицы в потенциальной яме в зависимости от главного квантового числа n .

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Определить длину волны де Бройля электрона и протона, прошедших одинаковую ускоряющую разность потенциалов $U = 400$ В.
2. Выведите зависимость между длиной волны де Бройля λ релятивистской частицы и ее кинетической энергией E_k .

3. Кинетическая энергия протона равна его энергии покоя. Вычислить длину волны де Бройля для такого протона.

4. Можно ли, пользуясь соотношениями неопределенностей, по известному импульсу фотона определить область его локализации?

5. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода $E_k = 13,6$ эВ. Используя соотношения неопределенностей, найти наименьшую погрешность, с которой можно вычислить координату электрона в атоме.

6. Определить, как изменится ширина линии в спектре испускания атома ртути ($\lambda = 254$ нм) при уменьшении длительности возбужденного состояния атома от 10^{-8} с до 10^{-10} с.

7. Частица в потенциальной яме шириной l находится в возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале $0 < x < l/2$ на третьем энергетическом уровне.

8. Используя условие нормировки вероятностей, определить нормировочный коэффициент A волновой функции $\psi(r) = Ae^{-r/a}$, описывающей поведение некоторой частицы, где r – расстояние частицы от силового центра, a – некоторая постоянная.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 17. Элементы современной физики атомов и молекул

Атом водорода в квантовой механике. Спин электрона. Эффект Зеемана. Опыт Штерна и Герлаха. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Молекулы: химические связи, энергетический спектр. Квантовые генераторы.

Студент должен знать:

1. Чему равна потенциальная энергия взаимодействия электрона с ядром.

2. Как записать уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода.

3. При каких условиях уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода имеет решение.

4. Что характеризуют главное n , орбитальное l и магнитное m_l квантовые числа. Какие значения они могут принимать.

5. Как формулируются правила отбора, ограничивающие число возможных переходов электронов в атоме.

6. Что называют спином. Чему равны спиновое s и магнитное спиновое m_s квантовые числа.

7. Правила квантования орбитального механического и собственного механического моментов импульса электрона в атоме; правила квантования проекций этих моментов импульса на направление внешнего магнитного поля.

8. Что подтверждают эффект Зеемана, опыт Штерна и Герлаха.

9. Как формулируются принцип Паули для распределения электронов в атоме.

10. Как распределены электроны в атоме по состояниям.

11. Что такое Периодическая система элементов Д. И. Менделеева.

12. Как объяснить Периодическую систему элементов Д. И. Менделеева.

13. Какова природа химической связи.

14. Какой механизм возникновения электронно-колебательных и колебательно-вращательных спектров.

15. Что представляют собой молекулярные спектры.

16. В чем состоит явление комбинационного рассеяния света.

17. Как устроены рубиновый и гелий-неоновый лазеры. В чем состоит принцип их работы.

18. Какими свойствами обладает лазерное излучение.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. В чем ньютоновская механика противоречит квантовой механике?

2. Чем отличается строение атома по теории Бора от строения атома согласно квантовой механике?

3. Какие возможные значения принимают орбитальное l и магнитное m_l квантовые числа для главного квантового числа $n = 4$.

4. Сколько различных состояний соответствует главному квантовому числу $n = 5$.

5. Сколько электронов может находиться в подоболочке с $n = 5$ и $l = 3$?

6. Перечислить все квантовые числа каждого электрона в основном состоянии атома углерода ($Z = 6$).

7. Найти энергию и момент импульса электрона в атоме водорода, соответствующие состояниям $1s$, $2s$, $2p$.

8. Чем лазерное излучение отличается от обычного света? Что между ними общего?

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

РАЗДЕЛ 4. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Тема 18. Основные свойства и строение атомных ядер

Структура атомного ядра. Дефект массы. Энергия связи ядер. Ядерные силы. Ядерные модели.

Студент должен знать:

1. Какие частицы входят в состав атомных ядер. Как определяется их количество.
2. Что называют массовым и зарядовым числом ядра.
3. Чем отличаются изотопы от изобар.
4. Каковы размеры атомов и атомных ядер.
5. Что называют дефектом массы ядра.
6. Что такое энергия связи ядра, удельная энергия связи.
7. Основные свойства ядерных сил.
8. Что представляют собой капельная, оболочечная и обобщенная модели атомных ядер.

Студент должен уметь: 1) объяснить, почему тяжелые и легкие ядра являются менее устойчивыми, чем ядра из средней части Периодической таблицы Д. И. Менделеева; 2) находить дефект массы ядра и удельную энергию связи, зная порядковый номер элемента по Периодической таблице Д. И. Менделеева.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Какие элементы обозначены символами X: а) ${}_{92}^{232}\text{X}$; б) ${}_{7}^{18}\text{X}$; в) ${}_{1}^1\text{X}$; г) ${}_{38}^{82}\text{X}$; д) ${}_{97}^{247}\text{X}$?
2. Сколько протонов и сколько нейтронов в ядре каждого из изотопов, перечисленных в предыдущей задаче?
3. Чему равна энергия покоя α -частицы?
4. Найти дефект массы ядра лития ${}_{3}^6\text{Li}$.
5. Вычислить полную и удельную энергию связи ядра углерода ${}_{6}^{12}\text{C}$.

6. При отрыве нейтрона от ядра гелия ${}^4_2\text{He}$, масса нейтрального атома которого $m_1 = 6,6467 \cdot 10^{-27}$ кг, образуется ядро ${}^3_2\text{He}$, масса нейтрального атома которого $m_2 = 5,0084 \cdot 10^{-27}$ кг. Определить энергию связи, которую необходимо для этого затратить.

7. Энергия связи ядра, состоящего из трех протонов и четырех нейтронов, равна 39,3 МэВ. Определить массу нейтрального атома, обладающего этим ядром.

8. Определить, какая энергия необходима для деления ядра углерода ${}^{12}_6\text{C}$ на три α -частицы? Массы нейтральных атомов гелия и углерода соответственно равны $6,6467 \cdot 10^{-27}$ кг и $19,9272 \cdot 10^{-27}$ кг.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 19. Радиоактивность

Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Закономерности α - и β -распадов. Правила смещения. γ -излучение и его свойства. Эффект Мессбауэра. Элементы дозиметрии и защита от излучений.

Студент должен знать:

1. Что называют радиоактивностью.
2. Что такое естественная и искусственная радиоактивности.
3. Виды радиоактивных излучений.
4. Как записать закон радиоактивного распада.
5. Что такое постоянная радиоактивного распада λ и период полураспада T . Как эти величины связаны между собой.
6. Что называют средним временем жизни радиоактивного изотопа.
7. Что такое активность радиоактивного изотопа, от чего она зависит и в каких единицах измеряется.
8. Каковы закономерности α - и β -распадов.
9. Как записать правила смещения для α - и β -распадов.
10. Что представляют собой нейтрино и антинейтрино. В чем заключаются их свойства.
11. Каковы свойства γ -излучения.
12. Как образуются электронно-позитронные пары. Что происходит при их исчезновении.
13. Что такое К-захват.

14. В чем заключается эффект Мессбауэра.

15. Что называют дозой излучения, мощностью дозы излучения, экспозиционной дозой излучения.

16. Где применяется явление радиоактивности.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Почему спектр энергий α -излучения дискретный, а β - излучения непрерывный?

2. Считая известной постоянную радиоактивного распада λ и используя закон радиоактивного распада, вывести выражение: 1) для периода полураспада $T_{1/2}$ радиоактивного ядра; 2) для среднего времени жизни τ радиоактивного ядра.

3. Вычислить число ядер ${}^{130}_{53}\text{I}$, распавшихся в течение первых суток, если начальное количество ядер $N_0 = 10^{22}$ и период полураспада $T_{1/2} = 12,3$ ч.

4. Определить, какая часть начального количества ядер радиоактивного изотопа распадется за время, равное двум периодам полураспада.

5. Какова активность радиоактивного изотопа, если в течение 10 мин распадается 10^4 ядер этого вещества?

6. Определить период полураспада $T_{1/2}$ некоторого радиоактивного изотопа, если известно, что его активность за 5 суток уменьшилась в 2,2 раза.

7. Пользуясь таблицей Д. И. Менделеева и правилами смещения, определить, в какой элемент превратится ${}^{238}_{92}\text{U}$ после шести α - и трех β -распадов.

8. Определить, сколько β - и α -частиц выбрасывается при превращении ядра таллия ${}^{210}_{81}\text{Tl}$ в ядро свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 20. Ядерные реакции

Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерный синтез. Физические основы ядерной энергетики. Ядерные реакторы.

Студент должен знать:

1. Что называют ядерными реакциями. Какова символическая запись ядерной реакции.
2. Какие законы выполняются при ядерных реакциях.
3. Чем ядерные реакции отличаются от химических реакций.
4. Как классифицируются ядерные реакции.
5. Что называют эффективным сечением ядерной реакции.
6. Какие ядерные реакции называются эндотермическими, какие экзотермическими.
7. В чем заключается реакция деления ядра.
8. Что называют энергией активации.
9. Какое необходимое условие для развития цепной реакции деления.
10. Что называют коэффициентом размножения нейтронов и критической массой.
11. В чем заключается реакция термоядерного синтеза. Почему для ее протекания необходимы высокие температуры.
12. В чем состоит проблема управляемого термоядерного синтеза.

Студент должен уметь: 1) на примере атомной бомбы описать осуществление неуправляемой ядерной реакции; 2) пояснить принцип действия ядерного реактора, в котором осуществляется и поддерживается управляемая ядерная реакция; 3) объяснить принципиальную схему атомной электростанции.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Под действием каких частиц (нейтронов или α -частиц) ядерные реакции осуществляются более эффективно? Почему?
2. Определить кинетическую энергию и скорость теплового нейтрона при температуре окружающей среды, равной 17°C .
3. При облучении α -частицами ядро ${}_{13}^{27}\text{Al}$ выбрасывает нейтрон и превращается в другое ядро, которое является β -радиоактивным. Определить, какому элементу принадлежит образовавшееся ядро. Написать формулы: 1) ядерной реакции; 2) β -распада полученного ядра.
4. Объяснить, почему деление ядер должно сопровождаться выделением большого количества энергии.
5. Объяснить, какой характер носит цепная реакция деления, если коэффициент размножения: 1) $k > 1$; 2) $k = 1$; 3) $k < 1$.

6. Определить энергию (в электрон-вольтах), которую можно получить при делении 1 г урана $^{235}_{92}\text{U}$, если при делении одного ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.

7. Определить число нейтронов, возникающих за 1 с в ядерном реакторе тепловой мощностью $P = 200$ МВт, если известно, что при одном акте деления выделяется энергия $E = 200$ МэВ, а среднее число нейтронов на один акт деления составляет 2,5.

8. Поглощается или выделяется энергия при ядерной реакции $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$. Определить эту энергию.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] – [20].

Тема 21. Космические лучи и элементарные частицы

Космическое излучение и его основные свойства. Элементарные частицы, их основные виды и свойства. Общие сведения о квантовых статистиках. Типы фундаментальных взаимодействий. Систематика элементарных частиц. Основные этапы эволюции Вселенной.

Студент должен знать:

1. Что представляют собой космические лучи.
2. Из чего состоит первичное космическое излучение.
3. Как образуется и из каких компонент состоит вторичное космическое излучение.
4. Какие частицы называются мюонами. В чем состоят их свойства.
5. Что называют мезонами. Какие их свойства.
6. В чем сходство и различие между частицами и античастицами.

Примеры частиц и античастиц.

7. Какие типы фундаментальных взаимодействий осуществляются в природе.

8. Какие законы сохранения выполняются для всех типов элементарных частиц.

9. Чем отличается бозе-газ от ферми-газа.

10. Что такое странность и четность элементарных частиц. Для чего они вводятся.

11. Что объясняется с помощью гипотезы о существовании кварков.

12. Как классифицируются элементарные частицы.

Студент должен уметь записать схемы распада мюонов и мезонов.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Почему магнитный момент протона имеет то же направление, что и спин, а у электрона направления этих векторов противоположны?

2. Каким элементарным частицам приписываются лептонное и барионное числа? В чем заключаются законы их сохранения?

3. Принимая, что энергия релятивистского мюона в космическом излучении составляет 3 ГэВ, определить расстояние, которое он проходит за собственное время жизни $\tau = 2,2$ мкс. Энергия покоя мюона $E_0 = 100$ МэВ.

4. Нейтральный пион распадается на два γ -кванта: $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$. Принимая массу покоя пиона равной $264,1m_e$, определить энергию каждого из возникших γ -квантов.

5. При столкновении нейтрона и антинейтрона происходит их аннигиляция, в результате чего возникают два γ -кванта, а энергия частиц переходит в энергию γ -квантов. Определить энергию каждого из возникших γ -квантов, принимая, что кинетические энергии нейтрона и антинейтрона до их столкновения пренебрежимо малы.

6. Определить, какие из приведенных ниже процессов разрешены законом сохранения странности: 1) $p + \pi^- \rightarrow \Sigma + K^-$; 2) $p + \pi^- \rightarrow K^- + K^+ + n$.

7. Определить, какие законы сохранения нарушаются в приведенных ниже запрещенных способах распада: 1) $\pi^- + n \rightarrow \Lambda^0 + K^-$; 2) $p + p \rightarrow p + \pi^+$.

8. Определить, какие из приведенных ниже взаимопревращений разрешены: 1) $\nu_e + n \rightarrow p + e^-$; 2) $\nu_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$; 3) $\nu_e + n \rightarrow p + \mu^-$; 4) $\nu_\mu + n \rightarrow p + e^-$.

Литература основная: [1] - [4], [6] - [10], [14], [15], *дополнительная:* [11] - [13], [16] - [20].

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ"

Вариант 1

1. Точка совершает колебания по закону $x = A \sin \omega t$. В некоторый момент времени смещение точки оказалось равным $x_1 = 5$ см. Когда фаза колебаний увеличилась в два раза, смещение стало равным $x_2 = 8$ см. Найти амплитуду колебаний.

2. Конденсатор емкостью $C = 50$ пФ сначала подключают к источнику тока с ЭДС $\varepsilon = 5$ В, а затем к катушке индуктивностью $L = 5,1$ мкГн. Чему равно максимальное значение силы тока в контуре?

3. За время, в течение которого система совершает $N = 50$ полных колебаний, амплитуда уменьшается в 2 раза. Определить добротность системы.

4. Найти вектор Пойтинга для плоской электромагнитной волны с амплитудой электрического поля $E_0 = 3$ В/м, распространяющейся в однородной среде с магнитной проницаемостью $\mu = 1$ и диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3$.

Вариант 2

1. Диск радиусом $R = 20$ см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска. Определить приведенную длину L и период T колебаний такого маятника.

2. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,2$ мГн и конденсатора площадью пластин $S = 155$ см², расстояние между которыми $d = 1,5$ мм. Зная, что контур резонирует на длину волны $\lambda = 630$ м, определить диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами конденсатора.

3. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 10$ мГн, конденсатора емкостью $C = 0,1$ мкФ и резистора сопротивлением $R = 20$ Ом. Определить, сколько полных колебаний должен совершить данный контур, чтобы амплитуда тока в нем уменьшилась в e раз (e – основание натурального логарифма).

4. Звуковые колебания с частотой $\nu = 450$ Гц и амплитудой $A = 0,3$ мм распространяются в упругой среде. Длина волны равна $\lambda = 80$ см. определить скорость распространения волны и максимальную скорость частиц среды.

Вариант 3

1. К абсолютно упругой пружине подвесили грузик, в результате чего она растянулась на $x = 9$ см. Чему будет равен период колебаний грузика, если его немного оттянуть вниз и отпустить?

2. Энергия свободных незатухающих колебаний, происходящих в колебательном контуре, составляет $W_1 = 0,2$ мДж. При медленном раздвигании пластин конденсатора частота колебаний увеличилась в 2 раза. Определить работу, совершаемую против сил электрического поля.

3. В цепь переменного тока напряжением $U = 220$ В и частотой $\nu = 50$ Гц последовательно включены резистор сопротивлением $R = 100$ Ом, катушка индуктивностью $L = 0,5$ Гн и конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ. Определить амплитудные значения: 1) силы тока в цепи; 2) падения напряжения на активном сопротивлении; 3) падения напряжения на конденсаторе; 4) падения напряжения на катушке.

4. Два когерентных источника посылают поперечные волны в одинаковых фазах. Периоды колебаний $T = 0,2$ с, скорость распространения волн в среде $v = 800$ м/с. Определить, при какой разности хода в случае наложения волн будет наблюдаться: 1) ослабление колебаний; 2) усиление колебаний.

Вариант 4

1. Точка участвует в двух одинаково направленных колебаниях: $x_1 = (3 \cos \omega t)$ см, $x_2 = 3 \cos (\omega t + \pi/3)$ см, где $\omega = \pi$ рад/с. Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Написать его уравнение.

2. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,1$ Гн и конденсатора емкостью $C = 39,5$ мкФ. Заряд конденсатора $q_m = 3$ мкКл. Пренебрегая сопротивлением контура, записать уравнение: 1) изменения силы тока в цепи в зависимости от времени; 2) изменения напряжения на конденсаторе в зависимости от времени.

3. В цепь переменного тока частотой 50 Гц включена катушка длиной 20 см, диаметром 5 см, содержащая 500 витков медного провода площадью поперечного сечения $0,6 \text{ мм}^2$. Определить, какая доля полного сопротивления катушки приходится на реактивное сопротивление. Удельное сопротивление меди $\rho = 17 \text{ нОм} \cdot \text{м}$.

4. Определите длину волны λ , если расстояние между первым и четвертым узлами стоячей волны равно 30 см.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ И ВОЛНОВАЯ ОПТИКА"

Вариант 1

1. Под водой солнечные лучи образуют с нормалью угол 50° . Под каким углом к горизонту стоит солнце?

2. Изображение объекта, находящегося на расстоянии 34 см перед линзой, расположено на расстоянии 11 см перед этой линзой (т.е. по ту же сторону линзы, что и объект). Какого типа эта линза и чему равно ее фокусное расстояние? Является изображение действительным или мнимым?

3. На толстую стеклянную пластинку ($n_2 = 1,5$) нанесен тонкий слой прозрачного вещества с показателем преломления $n_1 = 1,3$. Пластина освещена параллельным пучком монохроматического света с длиной волны $\lambda = 640 \text{ нм}$, падающим нормально. Какую минимальную толщину должен иметь слой, чтобы отраженный свет имел наименьшую яркость?

4. На дифракционную решетку, содержащую 400 штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$. Найти общее число N дифракционных максимумов, которые дает эта решетка. Определить угол φ дифракции, соответствующий последнему максимуму.

Вариант 2

1. Небольшое насекомое находится на расстоянии 3,8 см перед линзой с фокусным расстоянием + 4,0 см. Вычислить, где находится изображение. Чему равно его угловое увеличение?

2. Свет падает на равностороннюю трехгранную призму из крона под углом 45° к одной из граней. Вычислить угол, под которым свет выходит из противоположной грани. Показатель преломления крона $n = 1,56$.

3. На диафрагму с круглым отверстием диаметром $d = 4$ мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $b = 1$ м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

4. Угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, вышедшего из анализатора, если угол увеличить до 60° .

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "КВАНТОВАЯ ОПТИКА. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА"

Вариант 3

1. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении γ -квантами с энергией $E_\gamma = 1,53$ МэВ.

2. Фотон с импульсом $p = 1,02$ МэВ/ c , где c – скорость света в вакууме, рассеялся на покоившемся свободном электроне. В результате его импульс стал $p' = 0,255$ МэВ/ c . Определить угол θ рассеяния фотона.

3. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося в атоме водорода по третьей боровской орбите.

4. За 8 суток распалось $3/4$ начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада $T_{1/2}$ этого изотопа.

Вариант 4

1. Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_0 = 310$ нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов (в электрон-вольтах), если на цинк падает свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм.

2. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).

3. Электрон движется по окружности радиусом $R = 0,5$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 8$ мТл. Определить длину волны де Бройля для электрона.

4. Определить удельную энергию связи $E_{уд}$ ядра $^{12}_6\text{C}$.

ВОПРОСЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА ПО РАЗДЕЛАМ "КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ, ОПТИКА, АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА"

1. Гармонические колебания и их основные характеристики.
2. Сложение колебаний. Биения. Фигуры Лиссажу.
3. Механические гармонические колебания. Физический и математический маятники, груз на пружине.
4. Электромагнитные гармонические колебания. Колебательный контур.
5. Свободные затухающие механические и электромагнитные колебания. Автоколебания.
6. Вынужденные механические и электромагнитные колебания.
7. Переменный ток в RLC -контуре. Резонансные явления. Мощность.
8. Механические волны. Уравнение бегущей волны. Волновое уравнение.
9. Интерференция волн. Стоячие волны.
10. Звуковые волны. Эффект Доплера в акустике.
11. Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн.
12. Основные законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение.
13. Линзы и оптические приборы.
14. Интерференция волн.
15. Интерференция света. Способы наблюдения интерференции.
16. Дифракция света. Метод зон Френеля.
17. Дифракции Френеля и Фраунгофера.
18. Электромагнитная природа света.
19. Поляризация света.
20. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света.
21. Поглощение и рассеяние света.
22. Законы теплового излучения.
23. Фотоэлектрический эффект, его применение.
24. Эффект Комптона и его элементарная теория.
25. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм.
26. Линейчатый спектр атома водорода. Серийная формула.
27. Атом водорода по теории Бора.
28. Гипотеза Луи де Бройля. Физический смысл пси-функции.

29. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
30. Уравнение Шредингера. Частица в потенциальной яме.
31. Гармонический осциллятор в квантовой механике.
32. Применение уравнения Шредингера к атому водорода.
33. Распределение электронов в атоме по состояниям. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.
34. Молекулы: химические связи, энергетический спектр.
35. Квантовые генераторы.
36. Состав и характеристики атомного ядра. Энергия связи ядер.
37. Свойства ядерных сил. Ядерные модели.
38. Радиоактивность атомных ядер. Закон радиоактивного распада.
39. Закономерности α - и β -распадов. Свойства γ -излучения.
40. Элементы дозиметрии и защита от радиоактивных излучений.
41. Ядерные реакции. Сечение ядерной реакции.
42. Деление и синтез атомных ядер. Принцип получения ядерной энергии.
43. Космическое излучение и его основные свойства.
44. Типы фундаментальных взаимодействий.
45. Систематика элементарных частиц.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики : для студентов техн. вузов / В. С. Волькенштейн. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб. : Книжный мир, 2005. – 327 с.
2. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 4-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2002. – 718 с. : ил.
3. Дмитриева, В. Ф. Основы физики : учеб. пособие для вузов / В. Ф. Дмитриева, В. Л. Прокофьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 527 с. : ил.
4. Ремизов, А. Н. Курс физики : учебник для вузов / А. Н. Ремизов, А. Я. Потапенко. – 3-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2006. – 720 с. : ил.
5. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 3 т. Т. 2 / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1989. – 352 с.
6. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике : учеб. пособие / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1982. – 272 с.

7. Сборник вопросов и задач по общей физике : учеб. пособие / Н. Г. Птицина, Н. В. Соина, Г. Н. Гольцман [и др.] ; под ред. Е. М. Гершензона. – М. : Академия, 1999. – 326 с. : ил. – (Серия "Высшее образование").

8. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 7-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2003. – 541 с.

9. Фирганг, Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики : учеб. пособие для вузов / Е. В. Фирганг. – М. : Высш. шк. 1977.– 351 с. ; ил.

10. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2001. – 640 с.