

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Общая и экспериментальная физика»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.01.11 «ФИЗИКА»

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки
Радиофотоника

Уровень подготовки
бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на практических занятиях и лабораторных работах. При выполнении лабораторных работ применяется система оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ по каждому модулю определено графиком, утвержденным заведующим кафедрой.

На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса и одна задача. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п. Решение задачи также предоставляется в письменном виде.

Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3) Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4) Содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям.
- 5) Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме бальной отметки:

«Отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для

приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок выполнил практическое задание.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе. Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на семинарских занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

Оценка «неудовлетворительно» или «не зачтено» выставляется также в случае, если студент не выполнил и/или не защитил лабораторные работы, предусмотренные графиком в данном семестре.

Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Форма контроля
1	Введение	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
2	Кинематика поступательного движения	ОПК-1, ОПК-2	экзамен

3	Кинематика вращательного движения	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
4	Работа, Энергия	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
5	Законы сохранения	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
6	Динамика вращательного движения	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
7	Динамика вращательного движения (продолжение)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
8	Инерциальные и неинерциальные системы отсчета	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
9	Основы релятивистской динамики	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
10	Механические колебания	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
11	Основы молекулярной физики	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
12	Основы молекулярной физики (продолжение)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
13	Статистические распределения	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
14	Основы термодинамики	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
15	Второе начало термодинамики	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
16	Термодинамика неравновесных систем	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
17	Электростатическое поле в вакууме	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
18	Электростатическое поле в вакууме (продолжение)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
19	Электростатическое поле в вакууме (окончание)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
20	Электрический диполь	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
21	Электростатическое поле в диэлектрике	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
22	Проводники в электростатическом поле	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
23	Постоянный электрический ток	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
24	Постоянный электрический ток (продолжение)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
25	Магнитное поле в вакууме	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
26	Магнитное поле в вакууме (продолжение)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
27	Магнитное поле в вакууме (окончание)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
28	Электромагнитная индукция	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
29	Электромагнитная индукция (продолжение)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
30	Магнитное поле в веществе	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
31	Уравнения Максвелла	ОПК-1, ОПК-2	экзамен

32	Электромагнитные колебания	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
33	Волны	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
34	Электромагнитные волны	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
35	Интерференция волн	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
36	Дифракция волн	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
37	Элементы кристаллооптики	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
38	Электромагнитные волны в веществе	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
39	Квантовая оптика	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
40	Корпускулярно-волновой дуализм	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
41	Задание состояния микрочастиц	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
42	Строение атома	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
43	Элементы физики твердого тела	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
44	Элементы физики твердого тела (продолжение)	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
45	Атомное ядро	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
46	Радиоактивность	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
47	Элементарные частицы	ОПК-1, ОПК-2	экзамен
48	Фундаментальные взаимодействия	ОПК-1, ОПК-2	экзамен

Типовые контрольные задания или иные материалы

Семестр 1

Вопросы к экзамену

1. Материальная точка. Система отсчета. Путь. Перемещение. Скорость и ускорение материальной точки, их проекции на координатные оси.
2. Вычисление пройденного пути при неравномерном движении материальной точки.
3. Криволинейное движение материальной точки. Тангенциальное и нормальное ускорение.
4. Вращение материальной точки вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь между угловыми и линейными кинематическими характеристиками.
5. Границы применимости ньютоновской механики. Первый закон Ньютона. Сила, масса и импульс. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Третий закон Ньютона.
6. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести и вес тела. Упругие силы. Силы трения.
7. Работа силы и мощность. Кинетическая энергия поступательного движения.
8. Консервативные и диссипативные силы. Потенциальная энергия. Виды потенциальной энергии. Полная механическая энергия.

9. Внутренние и внешние силы. Замкнутая система. Закон сохранения полной механической энергии. Связь законов сохранения со свойствами пространства и времени.
10. Закон сохранения импульса. Центр масс. Уравнение движения центра масс. Система центра масс. Реактивное движение.
11. Момент силы, момент импульса. Закон сохранения момента импульса.
12. Вывод основного закона динамики вращательного движения.
13. Момент инерции, его свойства. Теорема Штейнера (с доказательством).
14. Вывод моментов инерции стержня, цилиндра, шара.
15. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Кинетическая энергия при плоском движении.
16. Свободные оси. Гироскоп. Прецессия гироскопа.
17. Понятие о неинерциальных системах отсчета. Силы инерции. Принцип эквивалентности Эйнштейна.
18. Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея. Классическая теорема сложения скоростей. Инвариантность законов Ньютона в инерциальных системах отсчета.
19. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Относительность понятия одновременности. Относительность длин и промежутков времени. Интервал между событиями.
20. Релятивистский закон преобразования скорости. Релятивистский импульс. Релятивистское уравнение динамики. Релятивистские выражения для кинетической и полной энергии. Взаимосвязь массы и энергии.
21. Дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний и его решение.
22. Пружинный, физический и математический маятники. Энергия гармонического осциллятора.
23. Сложение одинаково направленных и взаимно перпендикулярных колебаний.
24. Уравнение затухающих колебаний и его решение. Параметры затухающих колебаний.
25. Уравнение вынужденных колебаний и его решение. Явление резонанса.
26. Статистический и термодинамический методы исследования. Термодинамические параметры. Равновесные состояния и процессы, их изображение на термодинамических диаграммах состояния.
27. Идеальный газ. Давление идеального газа. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории (МКТ) идеального газа.
28. Средняя кинетическая энергия молекул идеального газа. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры. Число степеней свободы молекулы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.
29. Основное уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева). Изопроцессы.
30. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям и энергиям. Характерные скорости движения молекул идеального газа.
31. Экспериментальное подтверждение распределения Максвелла: опыты Штерна и Ламмерта.
32. Принцип детального равновесия. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
33. Среднее число столкновений, средняя длина свободного пробега и эффективный диаметр молекул.
34. Работа при изменении объема, количество теплоты, внутренняя энергия идеального газа. Первое начало термодинамики, его применение к изопроцессам.
35. Адиабатный процесс, уравнение Пуассона (с выводом).
36. Теплоемкость идеального газа при изопроцессах. Уравнение Майера.

Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеального газа и ее ограниченность.

37. Круговой процесс (цикл). Тепловые двигатели и холодильные машины. КПД идеальной тепловой машины. Цикл Карно. Второе начало термодинамики. Лемма Карно.

38. Энтропия идеального газа при обратимых и необратимых процессах. Теорема Нернста. Статистическое толкование энтропии. Термодинамика необратимых процессов.

39. Фазовые переходы. Тройная точка. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах. Молекулярно-кинетическая теория и законы диффузии, теплопроводности и внутреннего трения.

40. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Типовые задачи для практических занятий

Тема «Кинематика»

1.1. Движение материальной точки задано уравнением $x=At+Bt^2$, где $A = 2$ м/с, $B = -0,5$ м/с². Определить среднюю путевую скорость в интервале от $t_1 = 1$ с до $t_2 = 3$ с.

1.2. Две материальные точки движутся согласно уравнениям: $x_1=A_1t+B_1t^2+C_1t^3$, $x_2=A_2t+B_2t^2+C_2t^3$ где $A_1=-1$ м/с, $B_1=3$ м/с², $C_1= 2,5$ м/с³, $A_2=1$ м/с, $B_2= 9$ м/с², $C_2=2$ м/с³. Определить скорости тел в тот момент времени, когда ускорения этих точек будут одинаковы.

1.3. Движение точки по кривой задано уравнением $\vec{r} = \vec{i}A_1t^3 + \vec{j}(A_2t^2 + B_2t)$, где $A_1 = 1$ м/с³, $A_2 = -1$ м/с² и $B_2 = 4$ м/с. Найти скорость и ускорение материальной точки в тот момент времени, когда ее скорость параллельна оси ОХ.

1.4. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении с начальной скоростью $v_0=30$ м/с. Определить тангенциальное a_τ ускорение камня в конце четвертой секунды после начала движения.

1.5. Диск находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,25$ рад/с². Через сколько времени угол между векторами скорости и ускорения составит $\alpha = 45^\circ$?

1.6. Тело брошено с балкона вертикально вверх со скоростью $v_0 = 10$ м/с. Высота балкона над поверхностью земли $h = 12,5$ м. определить среднюю путевую скорость от момента бросания до падения на землю.

1.7. Материальная точка начала движение по прямой с начальной скоростью 1 м/с и ускорением 2 м/с². Через две секунды из того же места и в том же направлении начала движение вторая материальная точка с начальной скоростью 10 м/с и ускорением 1 м/с². Через сколько времени и на каком расстоянии от исходного положения вторая материальная точка догонит первую.

1.8. Движение точки по кривой задано уравнением $\vec{r} = \vec{i}A_1t^3 + \vec{j}A_2t$, где $A_1 = 1$ м/с³, $A_2 = 16$ м/с. В какой момент времени скорость равна 20 м/с?

1.9. Пуля пущена с начальной скоростью $v_0 = 200$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определить радиус R кривизны траектории пули в ее наивысшей точке. Соппротивлением воздуха пренебречь.

1.10. Диск вращается с угловым ускорением $\varepsilon = -2$ рад/с². Сколько оборотов N сделает диск при изменении частоты вращения от $n_1 = 240$ мин⁻¹ до $n_2 = 90$ мин⁻¹

Тема «Динамика материальной точки»

2.1. Через невесомый блок, подвешенный к динамометру, перекинут шнур, на концах которого укреплены грузы с массами 2 и 8 кг. Что показывает динамометр при движении грузов?

- 2.2. Вертолет массой 3,5 т, диаметр ротора которого равен 18 м, «висит» в воздухе. С какой скоростью ротор отбрасывает вниз струю воздуха? Диаметр струи считать равным диаметру ротора.
- 2.3. Два конькобежца массами 80 и 50 кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду один напротив другого. С какими скоростями будут двигаться по льду конькобежца, если один из них начнет укорачивать шнур со скоростью 1 м/с.
- 2.4. Конькобежец массой 60 кг, стоя на льду, бросил вперед гирию массой 5 кг и вследствие отдачи покатился назад со скоростью 1 м/с. Определить работу, совершенную конькобежцем при бросании гири.
- 2.5. Частица массой 10^{-24} г имеет кинетическую энергию 9 нДж. В результате упругого соударения с покоящейся частицей массой $4 \cdot 10^{-24}$ г она сообщает ей кинетическую энергию 5 нДж. На какой угол отклонится частица от своего первоначального направления.
- 2.6. На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска массой 10 кг, а на доске брусок массой 1 кг. Какую минимальную силу нужно приложить к доске, чтобы брусок с нее соскользнул? Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1.
- 2.7. Ракета массой 1 т, запущенная с поверхности Земли вертикально вверх, поднимается с ускорением $a = 2g$. Найти расход горючего, если скорость струи газа, вырывающихся из сопла равна 1200 м/с.
- 2.8. В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки горизонтально со скоростью 4 м/с относительно лодки. С какой скоростью будет двигаться лодка, если человек прыгает: а) вперед по ходу движения лодки, б) в сторону, противоположную движению лодки?
- 2.9. При выстреле из пушки в горизонтальном направлении снаряд массой 10 кг получает кинетическую энергию 1,8 МДж. Определить работу пороховых газов и кинетическую энергию ствола орудия в результате отдачи, если масса ствола 600 кг.
- 2.10. Определить максимальную часть кинетической энергии, которую может передать частица массой $2 \cdot 10^{-22}$ г, сталкиваясь упруго с частицей массой $6 \cdot 10^{-22}$ г, которая до столкновения покоилась.

Тема «Динамика твердого тела»

- 3.1. Найти момент инерции куба массой 3 кг и длиной ребра 10 см относительно оси, совпадающей с ребром.
- 3.2. Сплошной цилиндр массой 10 кг катится по горизонтальной поверхности (коэффициент трения равен 0,2) под действием горизонтальной силы, проложенной к оси цилиндра. При какой максимальной величине силы цилиндр будет катиться без проскальзывания?
- 3.3. Через блок массой 0,2 кг перекинут шнур, к концам которого подвесили грузы массами 0,3 и 0,5 кг. Определить силы натяжения шнура по обе стороны блока при движении грузов, если масса блока равномерно распределена по ободу.
- 3.4. Стержень массой 100 г и длиной 40 см может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через центр стержня. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 5,2 м/с горизонтально и перпендикулярно к стержню, попадает в край стержня и застревает в нем. Найти угловую скорость системы после удара.
- 3.5. Определить линейную скорость центра полого цилиндра, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости с высоты 1,6 м.
- 3.6. Найти момент инерции сплошного цилиндра массой 5 кг и радиусом 8 см относительно оси, совпадающей с его образующей.
- 3.7. По наклонной плоскости, составляющей угол 45° к горизонту, без проскальзывания скатывается сплошной цилиндр. Найти ускорение центра масс цилиндра.

- 3.8. Вал в виде сплошного цилиндра массой 6 кг насажен на горизонтальную ось. На цилиндр намотан шнур, к свободному концу которого подвешена гиря массой 1 кг. С каким линейным ускорением будет опускаться гиря, если ее предоставить самой себе?
- 3.9. Платформа в виде диска массой 4 кг и радиусом 12 см вращается по инерции вокруг вертикальной оси. Во сколько раз уменьшится частота вращения, если на нее положить кольцо массой 1 кг и радиусом 10 см?
- 3.10. Однородный цилиндр катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности со скоростью 2 м/с. На какую высоту он сможет подняться по наклонной плоскости?

Тема «Механические колебания»

- 4.1. Определить максимальную скорость и максимальное ускорение точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 3 см и периодом 0,1 с.
- 4.2. Складываются два гармонических колебания одинаковой частоты и одинакового направления: $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$ и $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$, где $A_1 = 1$ см, $\varphi_1 = \pi/3$; $A_2 = 2$ см, $\varphi_2 = 5\pi/6$. Определить амплитуду результирующего колебания.
- 4.3. Секундный маятник находится в поезде, идущем со скоростью 72 км/ч по дуге радиусом 50 м. Определить период колебаний маятника.
- 4.4. Маятник представляет собой маленький металлический шарик массой 40 г, подвешенный на изолирующей нити длиной 40 см. Шарик имеет заряд +100 мкКл. Маятник помещают в однородное электрическое поле с напряженностью равной 1 кВ/м и направленной вертикально вниз. Определить период колебаний маятника.
- 4.5. Гиря массой 500 г подвешена на пружине жесткостью 20 Н/м и совершает затухающие колебания в некоторой среде. Логарифмический декремент колебаний равен 0,004. За какое время амплитуда колебаний уменьшится вдвое?
- 4.6. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 0,1 м/с, а максимальное ускорение – 1 м/с². Определить циклическую частоту колебаний, их период и амплитуду.
- 4.7. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами $A_1 = 10$ см и $A_2 = 6$ см складываются в одно колебание с амплитудой $A = 14$ см. Найти разность фаз складываемых колебаний.
- 4.8. Найти период физического маятника, представляющего собой тонкое кольцо радиусом 25 см, по диаметру которого закреплен невесомый стержень. Ось вращения проходит на расстоянии, равном половине радиуса от центра кольца.
- 4.9. Математический маятник с периодом колебаний 1 с представляет собой маленький алюминиевый шарик, подвешенный на нити. Всю систему помещают в воду. Пренебрегая вязкостью, определить период колебаний. Плотность алюминия равна 2,7 г/см³, плотность воды – 1 г/см³.
- 4.10. Гиря массой 1 кг подвешена на пружине жесткостью 20 Н/м и совершает затухающие колебания в некоторой среде с коэффициентом сопротивления 4 кг/с. Определить период затухающих колебаний.

Тема «Молекулярная физика»

- 5.1. Определить плотность насыщенного водяного пара в воздухе при температуре 300 К. Давление насыщенного водяного пара при этой температуре равно 3,55 кПа.
- 5.2. Газовая смесь, состоящая из кислорода и азота, находится в баллоне под давлением 1 МПа. Определить парциальное давление кислорода, если массовая доля кислорода в смеси равна 0,2.
- 5.3. Пусть η_0 — отношение концентрации молекул водорода к концентрации молекул азота вблизи поверхности Земли, а η — соответствующее отношение на высоте $h = 3$ км. Найти отношение η/η_0 при $T = 280$ К, полагая, что температура и ускорение свободного падения не зависят от высоты.

- 5.4. Какова вероятность того, что данная молекула идеального газа имеет скорость, отличную от $v_B/2$ не более, чем на 1%
- 5.5. Определить среднюю продолжительность $\langle \tau \rangle$ свободного пробега молекул водорода при температуре 27 °С и давлении 5 кПа. Эффективный диаметр молекулы водорода равен 0.28 нм.
- 5.6. Открытую пробирку с воздухом при давлении p_1 нагрели до температуры t_1 . Затем пробирку герметично закрыли и охладили до температуры $t_2 = 10$ °С. Давление при этом упало до $p_2 = 0,7p_1$. До какой температуры t_1 (в °С) была нагрета пробирка?
- 5.7. Определить молярную массу газовой смеси, состоящей из 20 г водорода и 40 г гелия.
- 5.8. Каково давление воздуха в шахте на глубине 1 км, если считать, что температура на всей высоте постоянна и равна 22 °С, а ускорение свободного падения не зависит от высоты? Давление воздуха у поверхности $p_0 = 0.1$ МПа.
- 5.9. Во сколько раз число молекул, скорости которых лежат в интервале от v_B до $v_B + \Delta v$, больше числа молекул, скорости которых лежат в интервале от $v_{СК}$ до $v_{СК} + \Delta v$?
- 5.10. Сосуд с воздухом, находящийся при температуре 17 °С, откачен до давления $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па. Эффективный диаметр молекул воздуха равен 0,3 нм, молярная масса 29 г/моль. Найти среднюю длину свободного пробега молекул.

Тема «Термодинамика»

- 6.1. Найти удельную теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси, состоящей из 3 кмоль гелия и 2 кмоль азота.
- 6.2. Горючая смесь в дизельном двигателе сжимается адиабатически так, что она воспламеняется. Найти температуру воспламенения смеси, если на сжатие 1 моля затрачена работа 20 кДж, а начальная температура смеси 300 К.
- 6.3. Во сколько раз увеличился объем 3 кмоль газа, если на его изотермическое расширение при температуре 400 К было затрачено количество теплоты равное 5 МДж?
- 6.4. При изохорном нагреве 10 моль некоторого газа с 273 до 742 К энтропия увеличилась на 125 Дж/К. Найти число степеней свободы газа?
- 6.5. Найти термический к.п.д. цикла, состоящего из двух изохор и двух адиабат, если в пределах цикла объем идеального газа меняется в 8 раз. Рабочим веществом является одноатомный газ.
- 6.6. Смесь состоит из гелия, азота и водяного пара, взятых при одинаковых условиях и в одинаковых объемах. Определить показатель адиабаты γ такой смеси.
- 6.7. Кислород, занимавший объем 1 л при давлении 1.2 кПа, адиабатно расширился до объема 10 л. Какую работу он при этом совершил?
- 6.8. При какой температуре происходило расширение 20 моль газа, если на увеличение его объема в 5 раз было затрачено количество теплоты равное 80 кДж.
- 6.9. Газ расширился изотермически так, что его объем возрос в 5 раз, а энтропия увеличилась на 150 Дж/К. Найти количество вещества?
- 6.10. Найти термический к.п.д. цикла, состоящего из двух изобар и двух адиабат, если в пределах цикла давление идеального газа меняется в 5 раз. Рабочим веществом является многоатомный газ.

Перечень лабораторных работ и вопросов для защиты

№ работы	Название лабораторной работы и вопросы для ее защиты
1-1	Изучение измерительных приборов. Оценка погрешностей измерений физических величин 1. Что такое погрешность, абсолютная и относительная? 2. Что такое систематическая и случайная погрешности? 3. Как определить точность нониуса? 4. Как определить погрешность нониуса?

	<p>5. Что такое доверительная вероятность и доверительный интервал?</p> <p>6. Зачем нужен коэффициент Стьюдента?</p>
1-4	<p>Определение момента инерции тел методом трифилярного подвеса</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулировать понятия момента инерции материальной точки и твердого тела. 2. Объяснить метод определения момента инерции с помощью подвеса. 3. Измерение каких величин вносит наибольшую погрешность в определение момента инерции тела? 4. Вывести формулы для момента инерции однородного стержня, цилиндра, кольца. 5. Сформулировать и доказать теорему Штейнера.
1-5	<p>Изучение прецессии свободного гироскопа</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется гироскопом? Каковы его основные свойства? 2. Что называется моментом импульса? Сформулируйте закон сохранения момента импульса. 3. Что называется моментом силы? Как определить направление момента сил? 4. Выведите выражение (8). 5. Почему быстро вращающийся волчок стремится принять вертикальное положение? 6. Что называется прецессией гироскопа? Как изменится скорость прецессии с изменением угловой скорости; с изменением момента сил внешних сил? 7. Какое влияние оказывает трение на поведение гироскопа? 8. Где и для какой цели находят применение гироскопы?
1-6	<p>Изучение вращательного движения на приборе Обербека</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулировать и дать вывод основного закона динамики вращательного движения. 2. Меняется ли натяжение движущейся нити в зависимости от R? 3. Что такое момент инерции? Момент силы? Угловое ускорение? 4. В каких единицах они измеряются? 5. В чем заключается проверка основного закона динамики вращательного движения. 6. Почему нельзя допускать раскачивания груза, подвешенного на нити, при его движении вниз? На что и как это будет влиять? 7. Какие силы действуют на подвижные тела в установке Обербека? 8. Как изменяется сила натяжения нити при переходе от измерений с малым шкивом к измерениям с большим шкивом?
1-7	<p>Определение отношения CP/CV для воздуха методом Клемана-Дезорма</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется теплоемкостью тела (удельной, молярной)? От чего она зависит? 2. Сформулируйте первое начало термодинамики. Примените его к различным изопроцессам. 3. Какой процесс называется адиабатным? Получите уравнение Пуассона. 4. Докажите, что теплоемкость любого газа, измеренная при постоянном давлении, больше его теплоемкости, измеренной при постоянном объеме. 5. Обоснуйте зависимость теплоемкости газа от числа степеней свободы его молекул.
1-8	<p>Определение сил вязкого трения</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Объяснить молекулярно-кинетический механизм явления внутреннего трения. 2. Дать определение понятия вязкости и единиц ее измерения. 3. Нарисовать график зависимости $v(t)$ при $v_0=0$ и показать, как изменяется

	<p>характер этой зависимости при изменении времени релаксации.</p> <p>4. Какие измерения вносят наибольшую погрешность в результат косвенного измерения вязкости жидкости в ваших опытах?</p>
1-10	<p>Измерение отношения удельных теплоемкостей</p> <p>1. Какой процесс называется адиабатическим? Выведите уравнение Пуассона.</p> <p>2. Почему удельная теплоемкость газа при постоянном давлении больше теплоемкости при постоянном объеме? Выведите уравнение Роберта Майера.</p> <p>3. Что такое число степеней свободы?</p> <p>4. Как зависят C_p и C_v от числа степеней свободы молекул газа?</p> <p>5. Оцените, измерение какой величины вносит наибольший вклад в погрешность измерения γ в данной работе.</p>
1-12	<p>Определение коэффициента трения качения методом наклонного маятника</p> <p>1. Сформулируйте закон Амонтона-Кулона.</p> <p>2. Как можно объяснить возникновение трения качения. Запишите формулу для силы трения качения.</p> <p>3. Выведите формулу (17).</p> <p>4. Как влияют длина, толщина и материал нити на результаты опыта.</p> <p>5. Получите формулу для относительной погрешности измерения $\frac{\Delta\mu}{\mu}$.</p>
1-16	<p>Изучение динамики поступательного движения тела с помощью машины Атвуда</p> <p>1. Сформулируйте и дайте обоснование основных законов динамики поступательного движения.</p> <p>2. Дайте определения массы, силы, пути, перемещения, скорости, средней скорости, ускорения.</p> <p>3. В чем заключается проверка основного закона динамики поступательного движения?</p> <p>4. Какие силы действуют на движущиеся тела в машине Атвуда?</p> <p>5. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения.</p> <p>6. Дайте определения момента инерции материальной точки, тела; момента силы относительно оси; угловой скорости; углового ускорения.</p>
1-17	<p>Определение моментов инерции тел с помощью маятника Максвелла</p> <p>1. Сформулируйте закон сохранения механической энергии.</p> <p>2. Что такое момент инерции материальной точки, тела?</p> <p>3. Что представляет собой маятник Максвелла?</p> <p>4. Что такое угловая и линейная скорости, угловое и линейное ускорения? Какова их взаимосвязь?</p> <p>5. Получите соотношение для кинетической энергии вращающегося тела.</p> <p>6. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения.</p> <p>7. Рассчитайте моменты инерции диска, кольца, тонкого кольца (обруча) относительно оси вращения, проходящей через центр масс.</p>
1-18	<p>Изучение упругого и неупругого ударов шаров</p> <p>1. Какое взаимодействие тел называется ударом? Какие существуют виды ударного взаимодействия?</p> <p>2. Сформулируйте законы сохранения импульса и энергии и примените их к ударам различного вида.</p> <p>3. Что такое прямой центральный удар? Дайте определение.</p> <p>4. Рассчитайте скорости тел, испытавших прямой центральный удар при абсолютно упругом взаимодействии.</p>

	<p>5. Найдите «потерю» кинетической энергии двух тел, испытавших прямой центральный удар при абсолютно неупругом взаимодействии.</p> <p>6. Что такое коэффициент восстановления скорости? Как определить коэффициент восстановления кинетической энергии?</p>
1-24	<p>Изучение упругих свойств тел. Определение модуля сдвига</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Внешние и внутренние силы. Природа сил упругости. 2. Перечислите виды деформаций. Какие из них являются однородными? 3. Назовите характеристики, описывающие деформацию тела. 4. Как определяется момент сил при неоднородной деформации кручения (см. приложение)? 5. Какими величинами характеризуются упругие свойства твердого тела? Как они определяются? 6. Сформулировать закон Гука для различных видов деформации. При каких условиях он справедлив? 7. Сформулировать закон Гука для деформации сдвига. При каких условиях он справедлив? 8. Объяснить физический смысл модуля сдвига. 9. Выведите формулу периода колебаний пружинного маятника. 10. Какой из рассмотренных методов будет давать различные результаты в разных точках планеты? Почему?
1-25	<p>Определение удельной теплоты кристаллизации и изменения энтропии при охлаждении олова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется фазой термодинамической системы? Фазовые превращения вещества первого и второго рода. 2. Что представляет собой диаграмма равновесного состояния вещества? Чем определяется тройная точка на этой диаграмме? 3. Что называется процессом кристаллизации вещества? Какие условия нужны для возникновения этого процесса? 4. Как изменяется внутренняя энергия вещества при его переходе из жидкого состояния в твердое? 5. Что называется удельной теплотой кристаллизации? Вывести выражение (11), определяющее удельную теплоту кристаллизации олова при остывании. 6. Сформулируйте второе начало термодинамики. Объясните, что называется энтропией. Каковы свойства этой функции состояния термодинамической системы? 7. Объяснить методику эксперимента.
1-26	<p>Определение вязкости, средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории. 2. Дайте определения следующих понятий: средняя длина пробега молекулы, эффективный диаметр молекулы, эффективное сечение столкновения, коэффициент вязкости, число Рейнольдса. 3. В каких условиях применима формула Пуазейля? 4. Опишите методику определения коэффициента вязкости и средней длины пробега молекул, используемую в данной работе. 5. Какие прямые измерения вносят наибольшие погрешности в результат косвенного измерения η, $d_{эфф}$ и $\langle \lambda \rangle$. 6. Выведите формулу Пуазейля. 7. Выведите, основываясь на молекулярно-кинетической теории, формулу

	для коэффициента вязкости газа.
1-27	<p>Исследование теплопроводности воздуха методом нагретой нити</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дайте определения следующих понятий: средняя длина пробега молекулы, эффективный диаметр молекулы, эффективное сечение столкновения, коэффициент вязкости. 2. Перечислите процессы переноса, возникающие в термодинамически неравновесных системах, дайте их краткую характеристику и запишите законы, описывающие эти явления. 3. Опишите методику определения коэффициента теплопроводности, используемую в данной работе. 4. Какие процессы вносят погрешности в определение коэффициента теплопроводности.

График выполнения лабораторных работ размещен в лаборатории.

Семестр 2

Вопросы к экзамену

1. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения заряда. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона.
2. Электростатическое поле, вектор напряженности. Принцип суперпозиции электрических полей и его применение для расчета поля, созданного системой зарядов.
3. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса для \vec{E} (с доказательством).
4. Потенциальность электрического поля. Работа по перемещению заряда в электрическом поле. Потенциальная энергия взаимодействия электрических зарядов.
5. Теорема о циркуляции вектора \vec{E} . Потенциал поля точечного заряда.
6. Связь между потенциалом и напряженностью.
7. Применение теоремы Гаусса для расчета электрических полей, созданных точечным зарядом, равномерно заряженной плоскостью, сферой, нитью, цилиндром, шаром.
8. Вычисление потенциала по напряженности электрического поля.
9. Электрический момент диполя. Точечный диполь. Электрическое поле точечного диполя и его расчет на основе принципа суперпозиции. Электрическое поле на оси диполя и в направлении, перпендикулярном к оси диполя.
10. Электрический диполь в однородном и неоднородном электрическом поле. Потенциальная энергия диполя.
11. Диэлектрики, поляризация диэлектриков. Вектор поляризованности. Электрическое поле внутри диэлектриков. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость.
12. Свободные и связанные заряды. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для \vec{D} .
13. Условия для \vec{E} и \vec{D} на границе двух диэлектриков.
14. Сегнетоэлектрики, их свойства. Диэлектрический гистерезис.
15. Распределение заряда в проводнике. Электростатическая индукция. Электрическая емкость уединенного проводника, 2-х проводников.
16. Конденсаторы, виды конденсаторов. Энергия заряженного проводника, конденсатора. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии.
17. Классические опыты по обнаружению и объяснению механизма возникновения электрического тока. Условия возникновения электрического тока. Характеристики электрического тока: сила тока и плотность тока. Уравнение непрерывности.

18. Электродвижущая сила. Закон Ома и сопротивление проводников. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.
19. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Разветвленные электрические цепи. Правила Кирхгофа.
20. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
21. Квазистационарные токи. Процессы установления тока при заряде, разряде конденсатора.
22. Вектор магнитной индукции. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Закон Био-Савара-Лапласа.
23. Применение закона Био-Савара-Лапласа для расчета магнитного поля прямого проводника с током, кругового проводника с током.
24. Взаимодействие проводников с током. Закон Ампера.
25. Действие магнитного на движущийся заряд. Сила Лоренца. Эффект Холла.
26. Теорема о циркуляции вектора \vec{B} . Закон полного тока.
27. Примените закона полного тока для расчёта магнитного поля соленоида, тороидальной катушки.
28. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для вектора \vec{B} . Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле.
29. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
30. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Электродвижущая сила индукции. Полный магнитный поток (поток сцепление). Токи Фуко.
31. Явление самоиндукции. Индуктивность. ЭДС самоиндукции. Индуктивность соленоида.
32. Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Энергия контура с током. Плотность энергии.
33. Изменение силы тока при размыкании/замыкании цепи, содержащей индуктивность.
34. Намагниченность. Токи намагничивания. Вектор напряженности магнитного поля \vec{H} . Теорема о циркуляции вектора \vec{H} .
35. Условия для \vec{B} и \vec{H} на границе 2-х магнетиков.
36. Диа-, пара-, ферро магнетики: основные характеристики.
37. Дивергенция и ротор вектора \vec{B} . Вихревое электрическое поле, ток смещения. Электромагнитное поле.
38. Уравнение Максвелла для электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной формах.
39. Дифференциальное уравнение электромагнитных колебаний, его решение. Виды колебаний и их характеристики.
40. Уравнение вынужденных колебаний. Резонанс токов и напряжений. Понятие о переменном токе.

Типовые задачи для практических занятий

Тема «Электрическое поле в вакууме. Принцип суперпозиции»

- 1.1. Расстояние между точечными зарядами $+2$ нКл и -2 нКл равно 20 см. Определить напряженность электрического поля, созданного этими зарядами в точке, находящейся на расстоянии 15 см от первого и 10 см от второго заряда.
- 1.2. Точечный заряд 40 нКл находится на расстоянии 30 см от бесконечной проводящей заземленной плоскости. Определить силу, действующую на заряд со стороны плоскости.

1.3. Кольцо радиусом 5 см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью 14 нКл/м. Определить напряженность поля на оси, проходящей через центр кольца перпендикулярно к его плоскости, в точке, удаленной на расстояние 10 см от центра.

1.4. Определить напряженность электрического поля в центре полукольца радиусом 10 см, равномерно заряженного зарядом 20 нКл.

1.5. Металлический шарик массой 10 г, несущий электрический заряд 20 мкКл, подвешен на изолирующей нити. При внесении его в однородное горизонтальное электрическое поле нить отклонилась на угол 45° . Определить напряженность электрического поля

1.6. В вершинах квадрата со стороной 5 см находятся одинаковые положительные заряды 2 нКл. Определить напряженность электрического поля в середине одной из сторон.

1.7. Два точечных заряда $q_1 = 2q$ и $q_2 = -q$ находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Определить положение точки, в которой напряженность равна нулю.

1.8. Точечный заряд 40 нКл находится на расстоянии 30 см от бесконечной проводящей заземленной плоскости. Определить напряженность электрического поля в точке, лежащей на середине перпендикуляра, опущенного от заряда на плоскость.

1.9. На отрезке тонкого прямого проводника длиной 10 см равномерно распределен заряд линейной с плотностью 2 мкКл/м. Определить напряженность электрического поля в точке, лежащей на оси проводника на расстоянии 10 см от ближайшего конца проводника.

1.10. Два маленьких металлических шарика массой 5 г подвешены на изолирующих нитях длиной 50 см так, что они касаются друг друга. После сообщения каждому шарiku одинакового заряда нити отклонились от вертикали на угол 30° . Определить величину заряда, сообщенного каждому шарiku.

Тема «Электрическое поле в вакууме. Теорема Гаусса»

2.1. Электрическое поле создано точечным электрическим зарядом 200 нКл. На расстоянии 1 м от точечного заряда находится небольшая круглая площадка радиусом 1 см, плоскость которой составляет угол 30° с силовой линией электрического поля. Найти поток вектора напряженности через площадку.

2.2. На металлической сфере радиусом 15 см находится электрический заряд величиной 2 нКл. Построить график зависимости напряженности электростатического поля от расстояния до центра сферы.

2.3. Электрический заряд равномерно распределен с объемной плотностью 100 нКл/м^3 по области имеющий вид шара радиусом 5 см. Построить график зависимости напряженности электростатического поля от расстояния до центра шара.

2.4. Система представляет собой прямую бесконечно длинную нить, заряженную с линейной плотностью -10 нКл/м , и соосную с ней бесконечно длинную цилиндрическую поверхность радиуса 5 см, по которой равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью 50 нКл/м^2 . Построить график зависимости напряженности электростатического поля от расстояния до оси системы.

2.5. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд 1 нКл/м^2 . Определить напряженность электрического поля между пластинами и вне пластин.

2.6. В однородном электрическом поле находится небольшая квадратная площадка со стороной 2 см, нормаль к которой составляет угол 60° с силовыми линиями электрического поля. Найти напряженность электрического поля, если поток вектора напряженности через площадку составляет $400 \text{ мВ}\cdot\text{м}$.

2.7. Точечный электрический заряд величиной 2 нКл окружен концентрической сферой радиусом 10 см, по которой равномерно распределен электрический заряд величиной -1 нКл . Построить график зависимости напряженности электростатического поля от расстояния до центра системы.

2.8. Две концентрические металлические заряженные сферы радиусами 6 см и 12 см несут соответственно электрические заряды -1 нКл и $0,5$ нКл. Построить график зависимости напряженности электростатического поля от расстояния до центра системы.

2.9. Две коаксиальные заряженные цилиндрические поверхности радиусами 2 см и 8 см несут соответственно электрические заряды с поверхностной плотностью 12 нКл/м² и 4 нКл/м². Построить график зависимости напряженности электростатического поля от расстояния до оси системы.

2.10. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд 2 нКл/м² и -1 нКл/м². Определить напряженность электрического поля между пластинами и вне пластин.

Тема «Потенциал электрического поля»

3.1. Кольцо радиусом 5 см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью 14 нКл/м. Определить потенциал электрического поля на оси, проходящей через центр кольца перпендикулярно к его плоскости, в точке, удаленной на расстояние 10 см от центра.

3.2. На плоском кольце внутренним радиусом 80 см и внешним радиусом 1 м равномерно распределен электрический заряд с поверхностной плотностью 10 нКл/м². Определить потенциал электрического поля в центре кольца.

3.3. Потенциал электрического поля, создаваемого системой зарядов, имеет вид $\varphi = a(y^3 - 3yx^2)$, где $a = 1$ В/м³. Найти модуль напряженности электрического поля в точке с координатами $x = 0,5$ м, $y = 0,5$ м.

3.4. Электрическое поле создано бесконечно длинной цилиндрической поверхностью радиусом 10 см, заряженной с поверхностной плотностью 40 нКл/м². Построить график зависимости потенциала электрического поля от расстояния до оси системы.

3.5. Электрон движется вдоль прямой, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр. Кольцо имеет радиус 3 см и электрический заряд 20 нКл. Какую скорость должен иметь электрон на большом удалении от кольца, что бы от смог преодолеть кольцо?

3.6. Определить потенциал электрического поля в центре полукольца радиусом 10 см, равномерно заряженного зарядом 20 нКл.

3.7. На отрезке тонкого прямого проводника длиной 10 см равномерно распределен заряд линейной с плотностью 2 мкКл/м. Определить потенциал электрического поля в точке, лежащей на оси проводника на расстоянии 10 см от ближайшего конца проводника.

3.8. Потенциал электрического поля, создаваемого системой зарядов, имеет вид $\varphi = a(x^2 - y^2)$, где $a = 1$ В/м². Найти модуль напряженности электрического поля в точке с координатами $x = 0,5$ м, $y = 1$ м.

3.9. Электрическое поле создано сферой радиусом 10 см, заряженной с поверхностной плотностью 40 нКл/м². Построить график зависимости потенциала электрического поля от расстояния до центра сферы.

3.10. В вершинах квадрата со стороной 4 см находятся заряды 1 нКл. Какую скорость приобретет протон, если он, двигаясь из центра квадрата вдоль прямой, перпендикулярной плоскости квадрата, пройдет расстояние 1 см.

Тема «Электрическое поле диполя и поле в диэлектриках»

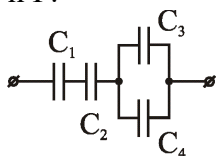
4.1. Определить напряженность и потенциал электрического поля, созданного точечным диполем с электрическим дипольным моментом равным 1 пКл·м в точке удаленной от него на расстояние 15 см, если угол между направлением дипольного момента и направлением на данную точку равен 45° .

4.2. Два точечных диполя с электрическими моментами 1 пКл·м и 4 пКл·м находятся на расстоянии 2 см друг от друга. Найти силу их взаимодействия, если оси диполей лежат на одной прямой.

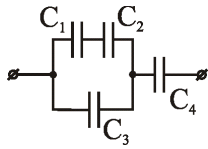
- 4.3. Диполь с электрическим моментом $75 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ свободно устанавливается в однородном электрическом поле напряженностью 80 кВ/м . Вычислить работу, необходимую для того, чтобы повернуть диполь на угол 90° .
- 4.4. Металлический шар радиусом $R = 5 \text{ см}$ окружен равномерно слоем фарфора ($\varepsilon = 5$) толщиной $d = 2 \text{ см}$. Определить поверхностную плотность σ'_2 связанных зарядов на внешней поверхности диэлектрика. Заряд q шара равен 10 нКл .
- 4.5. Определить диэлектрическую восприимчивость стекла, помещенного во внешнее электрическое поле напряженностью $E_0 = 5 \text{ МВ/м}$ и обладающего поляризованностью $P = 37,9 \text{ мкКл/м}^2$.
- 4.6. Определить напряженность и потенциал электрического поля, созданного точечным диполем с электрическим дипольным моментом равным $20 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ в точке, лежащей на оси диполя и удаленной от него на расстояние 1 м .
- 4.7. На расстоянии 30 см от точечного электрического заряда величиной 100 нКл находится точечный диполь с электрическим моментом $5 \text{ пКл}\cdot\text{м}$, свободно установившийся в электрическом поле заряда. Найти силу взаимодействия заряда и диполя.
- 4.8. Диполь с электрическим моментом $75 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ свободно установился в однородном электрическом поле напряженностью 9 кВ/м . Определить изменение потенциальной энергии диполя при повороте его на угол 45° .
- 4.9. Эбонитовая ($\varepsilon = 3$) плоскопараллельная пластина помещена в однородное электрическое поле напряженностью $E_0 = 2 \text{ МВ/м}$. Грани пластины перпендикулярны линиям напряженности. Определить модуль поверхностной плотности σ' связанных зарядов на гранях пластины.
- 4.10. В некоторой точке изотропного диэлектрика смещение имеет значение $D = 6 \text{ мкКл/м}^2$, а поляризованность $P = 5 \text{ мкКл/м}^2$. Чему равна диэлектрическая восприимчивость диэлектрика.

Тема «Емкость, энергия электрического поля»

- 5.1. Определить емкость цилиндрического воздушного конденсатора длиной $l = 10 \text{ см}$, с радиусами обкладок $R_1 = 1 \text{ см}$ и $R_2 = 2 \text{ см}$.
- 5.2. Определить емкость батареи конденсаторов: $C_1 = 3 \text{ пФ}$, $C_2 = 6 \text{ пФ}$, $C_3 = 1 \text{ пФ}$, $C_4 = 1 \text{ пФ}$.



- 5.3. В плоский конденсатор вдвинули плитку парафина ($\varepsilon = 2$) толщиной $d = 1 \text{ см}$, которая вплотную прилегает к его обкладкам. На сколько нужно увеличить расстояние между обкладками, чтобы получить прежнюю емкость?
- 5.4. Между обкладками плоского конденсатора емкости $C = 200 \text{ пФ}$ находится плотно прилегающая стеклянная ($\varepsilon = 7$) пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U_1 = 100 \text{ В}$ и отключен от источника. Какую работу нужно совершить, чтобы вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?
- 5.5. Электрическое поле создано заряженной зарядом $0,1 \text{ мкКл}$ сферой радиусом 10 см . Какова энергия поля, заключенная в объеме, ограниченном концентрическими со сферой сферическими поверхностями, радиусы которых в два и в три раза больше радиуса сферы.
- 5.6. Определить емкость воздушного сферического конденсатора с радиусами обкладок $R_1 = 1 \text{ см}$ и $R_2 = 2 \text{ см}$.
- 5.7. Определить емкость батареи конденсаторов: $C_1 = 2 \text{ пФ}$, $C_2 = 2 \text{ пФ}$, $C_3 = 2 \text{ пФ}$, $C_4 = 6 \text{ пФ}$.



5.8. Между пластинами плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов $U = 600$ В, находятся два слоя диэлектриков: стекла ($\epsilon = 7$) толщиной $d_1 = 7$ мм и эбонита ($\epsilon = 3$) толщиной $d_2 = 3$ мм. Площадь S каждой обкладки конденсатора равна 200 см². Найти емкость C конденсатора.

5.9. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов $U = 200$ В. После отключения от источника тока расстояние между обкладками конденсатора было увеличено в 3 раза. Определить начальную емкость конденсатора, если работа A внешних сил по раздвижению обкладок равна $0,4$ мДж.

5.10. Пластину из эбонита ($\epsilon = 3$) толщиной 5 мм и площадью 300 см² внесли в однородное электрическое поле напряженностью 1 кВ/м, таким образом, что силовые линии перпендикулярны поверхности пластины. Определить энергию электрического поля, сосредоточенную в пластине.

Тема «Электрический ток»

6.1. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I(t) = kt$, где $k = 0,5$ А/с. Найти заряд q , протекающий через поперечное сечение проводника за время $\tau = 1$ с.

6.2. Определить ток короткого замыкания источника э.д.с., если при внешнем сопротивлении $R_1 = 50$ Ом ток в цепи $I_1 = 0,2$ А, а при $R_2 = 110$ Ом – $I_2 = 0,1$ А.

6.3. ЭДС батареи аккумуляторов $E = 12$ В, сила тока I короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность P_{\max} можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

6.4. По медному проводнику сечением $0,8$ мм² течет ток 80 мА. Найти среднюю скорость упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон. Плотность меди $8,9$ г/см³.

6.5. Напряженность электрического поля в стальном проводнике равна $0,2$ В/м. Найти плотность тока в проводнике. Удельное сопротивление стали 100 нОм·м.

6.6. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I(t) = kt^2$, где $k = 2$ А/с². Найти число электронов N , проходящих через поперечное сечение проводника за время $\tau = 0,5$ с.

6.7. Два элемента ($E_1 = 1,2$ В, $r_1 = 0,1$ Ом; $E_2 = 0,9$ В, $r_2 = 0,3$ Ом) соединены одноименными полюсами. Сопротивление R соединительных проводов равно $0,2$ Ом. Определить силу тока I в цепи.

6.8. Элемент замыкают сначала на внешнее сопротивление 2 Ом, а затем на внешнее сопротивление $0,5$ Ом. Найти э.д.с. элемента и его внутреннее сопротивление, если известно, что в каждом из этих случаев мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова и равна $2,45$ Вт.

6.9. Определить суммарный импульс всех электронов в прямом проводнике длиной 500 м, по которому течет ток 20 А.

6.10. Определить напряженность электрического поля в проводнике, если объемная плотность тепловой мощности равна 4 кВт/м³, а плотность тока 2 А/мм².

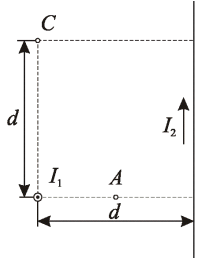
Тема «Стационарное магнитное поле постоянного тока»

7.1. По тонкому проводящему кольцу радиуса 30 см течет ток 20 А. Найти напряженность магнитного поля на оси кольца на расстоянии 40 см от его центра.

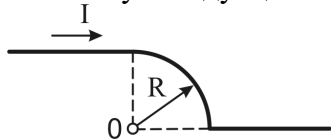
7.2. Расстояние d между двумя длинными параллельными проводами равно 10 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи $I = 40$ А каждый. Найти индукцию

B магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 5$ см от одного и $r_2 = 8$ см от другого провода.

7.3. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом (см. рис.). По проводам текут токи $I_1 = 80$ А и $I_2 = 60$ А. Расстояние d между проводами равно 10 см. Определит магнитную индукцию B в точке A , одинаково удаленной от обоих проводников.



7.4. По проводнику, форма которого изображена на рисунке, течет ток 10 А. Найти магнитную индукцию в точке O , если $R=1$ см.

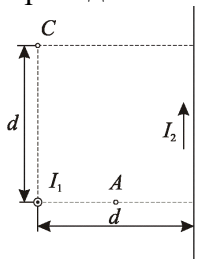


7.5. Определить максимальную магнитную индукцию поля, создаваемую электроном, движущимся прямолинейно со скоростью 10 Мм/с, в точке, отстоящей от траектории на 1 нм.

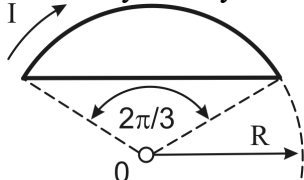
7.6. При какой силе тока, текущего по тонкому проводящему кольцу радиусом 0,2 м, магнитная индукция в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние 0,3 м, станет равной 20 мкТл?

7.7. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1 = 50$ А и $I_2 = 100$ А в противоположных направлениях. Расстояние d между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на $r_1 = 25$ см от первого и на $r_2 = 40$ см от второго провода.

7.8. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом (см. рис.). По проводам текут токи $I_1 = 80$ А и $I_2 = 60$ А. Расстояние d между проводами равно 10 см. Определит магнитную индукцию B в точке C , одинаково удаленной от обоих проводников.



7.9. По проводнику, форма которого изображена на рисунке, течет ток 10 А. Найти магнитную индукцию в точке O , если $R=1$ см.



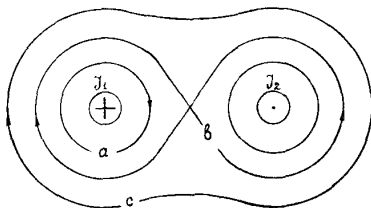
7.10. На расстоянии 10 нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции составляет 160 мкТл. Определить скорость электрона.

Тема «Силы в магнитном поле»

- 8.1. Квадратный контур со стороной $a=50$ см и бесконечный прямой провод с током $I=5$ А расположены в одной плоскости. Расстояние от провода до ближайшей стороны контура $b=10$ см. Определить силу, действующую на контур, если сила тока в нем $I_k=1$ А.
- 8.2. Рамка гальванометра длиной $a=4$ см и шириной $b=1,5$ см, содержащая $N=200$ витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти механический момент M , действующий на рамку, когда по витку течет ток $I=1$ мА.
- 8.3. На горизонтальных рельсах лежит проводящая перемычка массой $m=1$ кг и активной длиной 20 см. Система находится в однородном вертикальном магнитном поле индукцией 0,2 Тл. Если по перемычке пропустить ток силой $I=10$ А, то перемычка будет двигаться с ускорением $a=0,2$ м/с². Найти коэффициент трения между рельсами и перемычкой.
- 8.4. В однородном магнитном поле с индукцией $B=100$ мкТл движется электрон по винтовой линии. Определить скорость v электрона, если шаг h винтовой линии равен 20 см, а радиус $R=5$ см.
- 8.5. Перпендикулярно магнитному полю с индукцией 0,1 Тл возбуждено электрическое поле напряженностью 100 кВ/м. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость v частицы.
- 8.6. По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии 10 см друг от друга, текут одинаковые токи 10 А. Токи во всех проводах направлены одинаково. Вычислить силу, действующую на единицу длины каждого провода.
- 8.7. Виток диаметром $d=20$ см может вращаться около вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров витка. Виток установили в плоскости магнитного меридиана и пустили по нему ток $I=5$ А. Механический момент M , который нужно приложить к витку, чтобы удержать его в начальном положении, равен 3,14 мкН·м. Найти горизонтальную составляющую B_H магнитной индукции поля Земли.
- 8.8. Проводящая перемычка массой 1 кг и активной длиной 30 см лежит на гладких рельсах, составляющих угол 45° с горизонтом. Система находится в вертикальном однородном магнитном поле индукцией 2 Тл. Какой ток нужно пропустить по перемычке, чтобы она находилась в покое?
- 8.9. В однородном магнитном поле электрон движется по винтовой линии радиуса 5 см с шагом 31,4 см. Определить угол, который скорость электрона составляет с силовыми линиями магнитного поля.
- 8.10. Протон влетает со скоростью $v=100$ км/с в область пространства, где имеются электрическое ($E=210$ В/м) и магнитное ($B=3,3$ мТл) поля. Напряженность E электрического поля и магнитная индукция B совпадают по направлению. Определить ускорение протона для начального момента движения в поле, если направление вектора его скорости v перпендикулярно направлению векторов E и B .

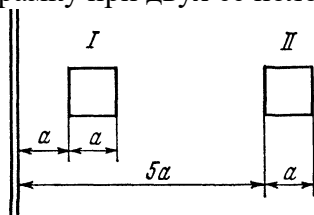
Тема «Магнитное поле в веществе, магнитный поток, закон полного тока»

- 9.1. Определить циркуляцию вектора напряженности магнитного поля вдоль контуров a , b и c , если перпендикулярно плоскости контуров текут одинаковые по величине токи 8 А.



- 9.2. По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью $j=2$ МА/м². Найти циркуляцию вектора напряженности магнитного поля вдоль окружности радиусом $R=5$ мм, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол $\alpha=30^\circ$ с вектором плотности тока.

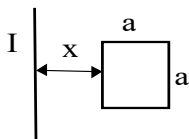
- 9.3. Найти магнитный поток, создаваемый соленоидом сечением 10 см^2 при силе тока 5 А , если он имеет 10 витков на каждый сантиметр длины.
- 9.4. Плоская квадратная рамка со стороной 20 см лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток 5 А . Рамка расположена так, что ближайшая к проводу сторона параллельна проводу и находится на расстоянии 10 см от него. Определить магнитный поток через рамку.
- 9.5. Висмутовый шарик радиусом 1 см помещен в однородное магнитное поле индукцией $0,5 \text{ Тл}$. Определить магнитный момент, приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость висмута равна $-1,5 \cdot 10^{-4}$.
- 9.6. Вычислить циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контура, охватывающего токи $I_1=10\text{А}$, $I_2=15\text{А}$, текущие в одном направлении, и ток $I_3=20\text{А}$, текущий в противоположном направлении.
- 9.7. Диаметр D тороида без сердечника по средней линии равен 30 см . В сечении тороид имеет круг радиусом $r = 5 \text{ см}$. По обмотке тороида, содержащей $N = 2000$ витков, течет ток $I = 5 \text{ А}$. Пользуясь законом полного тока, определить минимальное значение напряженности магнитного поля в тороиде.
- 9.8. Соленоид длиной 1 м и сечением 16 см^2 содержит 2000 витков. Определить потокосцепление соленоида при силе тока 10 А .
- 9.9. Плоская квадратная рамка лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом. Определить во сколько раз отличаются магнитные потоки, пронизывающие рамку при двух ее положениях, представленных на рисунке.



- 9.10. Напряженность магнитного поля в меди равна 1 МА/м . Определить намагниченность меди и магнитную индукцию в ней, если удельная восприимчивость меди равна $-1,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$, а плотность $- 8,9 \text{ г/см}^3$.

Тема «Электромагнитная индукция»

- 10.1. Плоский контур, площадь которого равна 300 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,01 \text{ Тл}$. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток 10 А . Определить работу внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в котором отсутствует.
- 10.2. Горизонтальный стержень длиной 1 м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна магнитному полю, индукция которого 50 мкТл . При какой частоте вращения стержня разность потенциалов на концах этого стержня равна 1 мВ ?
- 10.3. Квадратная рамка со стороной a и длинный прямой проводник с током I находятся в одной плоскости. Рамку поступательно перемещают вправо с постоянной скоростью v . Найти э.д.с. индукции в рамке как функцию расстояния x между проводом и рамкой.



- 10.4. В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл находится прямой провод длиной 20 см , концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление всей цепи равно $0,1 \text{ Ом}$. Определить силу, которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно к линиям магнитной индукции со скоростью $2,5 \text{ м/с}$.

10.5. Проволочное кольцо радиусом 4 см, имеющее сопротивление 0,01 Ом, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Плоскость кольца составляет угол 30° с линиями индукции поля. Какое количество электричества протечет по кольцу, если магнитное поле исчезнет?

10.6. По кольцу, сделанному из тонкого гибкого провода радиусом 10 см, течет ток 10 А. Перпендикулярно к плоскости кольца возбуждено магнитное поле индукцией 0,1 Тл, по направлению совпадающее с направлением собственного магнитного поля кольца. Определить работу внешних сил, которые деформируя контур, придали ему форму квадрата. Работой против упругих сил пренебречь.

10.7. В однородном магнитном поле, индукция которого 0,8 Тл, равномерно вращается рамка с угловой скоростью 15 рад/с. Площадь рамки равна 150 см^2 . Ось вращения находится в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Найти максимальную э.д.с. индукции во вращающейся рамке.

10.8. Проволочный контур площадью 100 см^2 и сопротивлением 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле. Плоскость контура составляет угол 30° с линиями магнитной индукции. Определить тепловую мощность, выделяющуюся в контуре при изменении магнитного поля со скоростью $\dot{B} = 0,2 \text{ Тл/с}$.

10.9. В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл находится прямой провод длиной 10 см, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление всей цепи равно 0,4 Ом. Какая мощность потребуется для того, чтобы перемещать провод перпендикулярно к линиям магнитной индукции со скоростью 20 м/с.

10.10. Проволочное кольцо радиусом 10 см, имеющее сопротивление 1 Ом, лежит на столе. Какое количество электричества протечет по кольцу, если его перевернуть с одной стороны на другую? Вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна 50 мкТл.

Тема «Самоиндукция, энергия магнитного поля»

11.1. Найти индуктивность соленоида длины l , обмоткой которого является медная проволока массы m . Сопротивление обмотки R . Диаметр соленоида значительно меньше его длины.

11.2. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1 = 0,12 \text{ Гн}$, а второй – $L_2 = 3 \text{ Гн}$. Сопротивление в цепи второй катушки $R_2 = 60 \text{ Ом}$. Определите силу тока во второй катушке, если за время $\Delta t = 0,01$ силу тока в первой катушке равномерно уменьшить от $I_1 = 1 \text{ А}$ до нуля.

11.3. Катушку индуктивности $L = 300 \text{ мГн}$ и сопротивления $R = 140 \text{ мОм}$, подключили к источнику постоянного напряжения. Через сколько времени ток через катушку достигнет $\eta = 50\%$ установившегося значения.

11.4. Обмотка электромагнита, находясь под постоянным напряжением, имеет сопротивление 10 Ом и индуктивность 0,3 Гн. Определите время, за которое в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике.

11.5. Индуктивность соленоида при длине 1 м и площади поперечного сечения 20 см^2 равна 0,4 мГн. Определить силу тока в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля равна $0,1 \text{ Дж/м}^3$.

11.6. Сколько метров тонкого провода надо взять для изготовления соленоида длины $l = 100 \text{ см}$ с индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$, если диаметр сечения соленоида значительно меньше его длины?

11.7. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1 = 1 \text{ Гн}$, а второй – $L_2 = 4 \text{ Гн}$. Определите максимальную э.д.с., возбуждаемую во второй катушке, если сила тока в первой катушке меняется по закону $I_1 = I_0 \cos(2\pi\nu t)$, где $I_0 = 1 \text{ А}$, а $\nu = 50 \text{ Гц}$.

11.8. Активное сопротивление катушки индуктивности составляет 0,2 Ом. Если катушку отсоединить от источника тока и замкнуть накоротко, то ток уменьшается в 10 раз в течение 3 с. Определить индуктивность катушки.

11.9. Сила тока в обмотке соленоида, содержащего 1500 витков, равна 5 А. Магнитный поток через сечение соленоида составляет 50 мкВб. Определите энергию магнитного поля в соленоиде.

11.10. Обмотка тонкого тороида с немагнитным сердечником содержит 10 витков на каждый сантиметр длины. Чему равна объемная плотность энергии магнитного поля в тороиде при силе тока 5 А.

Тема «Электромагнитные колебания»

12.1. В контуре, состоящем из конденсатора емкости C и катушки с индуктивностью L , совершаются свободные незатухающие колебания, при которых амплитуда напряжения на конденсаторе равна U_m . Найти связь между током в контуре и напряжением на конденсаторе в виде $f(I, U) = \text{const}$.

12.2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкости C , катушки с индуктивностью L и пренебрежимо малым активным сопротивлением и ключа. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили до напряжения U_m и затем замкнули ключ. Определить отношение энергии магнитного поля колебательного контура к энергии его электрического поля в момент времени равный $T/8$.

12.3. Частота свободных затухающих колебаний в колебательном контуре $\nu = 1 \text{ кГц}$. Найти собственную частоту колебаний ν_0 , если добротность контура $Q = 2$.

12.4. Определить логарифмический декремент, при котором энергия колебательного контура за $N = 5$ периодов уменьшается в $n = 8$ раз.

12.5. Цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора и катушки с активным сопротивлением, подсоединена к генератору синусоидального напряжения, частоту которого можно менять, не изменяя его амплитуды. При частотах ω_1 и ω_2 амплитуды тока оказались одинаковыми. Определить резонансную частоту.

12.6. Ток в колебательной системе зависит от времени как $I = I_m \sin(\omega_0 t)$, где $I_m = 9 \text{ мА}$, $\omega = 4.5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$. Емкость конденсатора $C = 0.5 \text{ мкФ}$. Определить индуктивность контура и напряжение на конденсаторе в момент времени $t = 0$.

12.7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкости C , катушки с индуктивностью L и пренебрежимо малым активным сопротивлением и ключа. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили до напряжения U_m и затем замкнули ключ. Определить э.д.с. самоиндукции в катушке в моменты времени, когда энергия электрического поля в конденсаторе равна энергии магнитного поля в катушке.

12.8. Определить минимальное активное сопротивление при разрядке конденсатора емкости $C = 1.2 \text{ нФ}$, при котором разряд будет аperiодическим, если индуктивность проводов $L = 3 \text{ мкГн}$.

12.9. Частота ν затухающих колебаний в колебательном контуре с добротностью $Q = 2500$ равна 550 Гц. Определить время, за которое амплитуда тока в этом контуре уменьшится в 4 раза.

12.10. Какой должна быть добротность контура, чтобы частота, при которой наступает резонанс тока, отличалась от частоты, при которой наступает резонанс напряжения на конденсаторе, не более чем на 1%?

Перечень лабораторных работ и вопросов для защиты

№ работы	Название лабораторной работы и вопросы для ее защиты
2-2	Измерение удельного сопротивления проволоки 1. Что называется силой тока и плотностью тока? 2. Запишите закон Ома в дифференциальной и интегральной формах. 3. Что называется электрическим сопротивлением проводника и от чего оно зависит? 4. Дайте определение удельного сопротивления проводника.

	5.Каковы основные недостатки измерения электрического сопротивления по методу амперметра – вольтметра?
2-3	Изучение электростатического поля электродов сложной конфигурации 1.Что называется напряженностью и потенциалом электростатического поля? Какова связь между ними? 2.Объяснить расположение линии напряженности и эквипотенциальных поверхностей для исследуемого поля. 3.Изобразить в общем виде взаимное расположение линий напряженности; эквипотенциальных поверхностей и векторов \vec{E} и $grad\varphi$ в некоторой точке поля. 4.Найти напряженность \vec{E} поля, потенциал которого имеет вид: 1) $\varphi(x, y) = -axy$, a - постоянная; 2) $\varphi(\vec{r}) = -\vec{a}\vec{r}$, \vec{a} - постоянный вектор, \vec{r} - радиус-вектор интересующей нас точки поля.
2-4	Определение удельного сопротивления проводников методом мостика Уитстона 1. В чём заключается мостовой метод определения сопротивлений? Каковы достоинства мостовых методов измерения? 2. Показать, что наибольшая точность измерения сопротивлений с помощью мостика Уитстона получается при среднем положении скользящего контакта реохорда. 3. Используя положения классической теории электропроводности, получить закон Ома в дифференциальной форме. 4. Сформулировать и записать закон Ома для участка цепи, для замкнутой цепи и для неоднородного участка цепи. 5. Что такое удельное сопротивление и удельная проводимость проводника? Как они определяются и от чего зависят? В каких единицах измеряются? 6. Получить формулу для расчёта сопротивления проводника на основе второго правила Кирхгофа. 7. Почему тепловое движение электронов не может привести к возникновению электрического тока? 8. Как классическая теория электропроводности металлов объясняет зависимость сопротивления металлов от температуры?
2-5	Изучение распределения термоэлектронов по скоростям и определение их температуры 1. Почему распределение Максвелла играет особую роль в статистической физике? 2. Что такое термоэлектронная эмиссия? 3. Почему поверхность металла представляет для электрона потенциальную яму? 4. Что такое уровень Ферми? 5. Зачем в схеме для снятия вольт-амперной характеристики в данной работе измеряются ток и напряжение накала? 6. По какому графику и как вычисляются работы выхода в данной работе?
2-6	Изучение электрических свойств сегнетоэлектриков 1. Охарактеризовать сегнетоэлектрики. 2. Что такое электрический дипольный момент и поляризованность? 3. Вывести связь между векторами электрического смещения, поляризованности и напряжённости электрического поля.

	<p>4. Как определяется вектор электрического смещения? Что он характеризует?</p> <p>5. Каков физический смысл диэлектрической проницаемости?</p> <p>6. Объяснить с точки зрения доменной структуры характер зависимости поляризованности сегнетоэлектрика от напряжённости внешнего электрического поля.</p> <p>7. Объяснить осциллографический метод исследования зависимости</p> <p>8. $D=D(E)$.</p> <p>9. В чём заключается явление диэлектрического гистерезиса?</p> <p>10. Какую температуру называют точкой Кюри?</p>
2-7	<p>Изучение поля соленоида с помощью баллистического гальванометра</p> <p>1. Нарисуйте и покажите, как ориентированы линии магнитной индукции поля прямого тока (рамки с током, соленоида).</p> <p>2. Запишите закон Био-Савара-Лапласа, объясните его физический смысл.</p> <p>3. Рассчитайте, применяя закон Био-Савара-Лапласа, магнитное поле: а) прямого тока; б) в центре кругового проводника с током; в) на оси соленоида.</p> <p>4. Назовите единицы магнитной индукции и напряженности магнитного поля в системе СИ. Дайте их определения.</p> <p>5. Объясните метод измерения магнитной индукции, примененный в лабораторной работе.</p> <p>6. Докажите, что угол отклонения баллистического гальванометра пропорционален величине заряда, протекающего через него.</p>
2-8	<p>Изучение магнитного поля Земли</p> <p>1. Назовите основные параметры земного магнетизма.</p> <p>2. Как формулируется закон Био-Савара-Лапласа?</p> <p>3. Получите формулу для расчета индукции магнитного поля в центре кругового тока.</p> <p>4. Почему измерения горизонтальной составляющей индукции поля Земли нужно проводить при угле отклонения стрелки, равном 45°?</p>
2-9	<p>Определение удельного заряда электрона методом магнетрона</p> <p>1. Что такое сила Лоренца? Каковы величина и направление этой силы?</p> <p style="text-align: center;">$\frac{e}{m}$</p> <p>2. Нарисуйте схему установки для определения $\frac{e}{m}$ методом магнетрона. Опишите, как она действует.</p> <p>3. Что представляют собой сбросовые характеристики магнетрона? Как по виду этих кривых оценить правильность расположения электродов в лампе и лампы в соленоиде?</p> <p>4. Как магнитное поле Земли влияет на точность измерений? В каких случаях этим влиянием можно пренебречь?</p> <p style="text-align: center;">$\frac{e}{m}$</p> <p>5. Какие существуют другие методы определения $\frac{e}{m}$? Перечислите их преимущества и недостатки.</p>
2-10	<p>Измерение магнитной проницаемости ферромагнетика</p> <p>1. Что такое магнитная проницаемость μ и от чего она зависит?</p> <p>2. Объясните ход кривой $\mu(H)$.</p> <p>3. Выведите формулу (12) для расчета магнитной проницаемости.</p> <p>4. Дайте определение индуктивности и индуктивного сопротивления.</p>
2-12	<p>Определение частоты колебаний с помощью фигур Лиссажу</p> <p>1. Расскажите, в чем состоит метод фигур Лиссажу, примененный для</p>

	<p>определения частоты колебаний.</p> <ol style="list-style-type: none"> Получите траекторию движения точки на экране осциллографа в случаях: а) $\delta=0$; б) $\delta=0$; в) $\delta=\pi/2$; г) $\delta=3\pi/2$. Нарисуйте блок-схему установки для наблюдения фигур Лиссажу и объясните принцип работы. Определите по вид у фигуры Лиссажу отношение частот колебаний. Выведите уравнение движения точки на экране осциллографа. Влияет ли природа колебаний на результат их сложения?
2-13	<p>Изучение магнитного соленоида с помощью датчика Холла</p> <ol style="list-style-type: none"> Что является источником магнитного поля в данной установке? Назовите параметры, с помощью которых можно описать магнитное поле. Изобразите магнитные силовые линии для прямого бесконечного проводника с током и для соленоида. Напишите закон Био – Савара - Лапласа. Объясните, как, пользуясь этим законом, можно определить направление и величину магнитной индукции в любой точке пространства. Что означают магнитные константы μ и μ_0 ? Как взаимодействуют два проводника с током, расположенные вблизи друг друга? Объясните разницу между индукцией B и индуктивностью L? Что такое магнитный поток? Как рассчитать его величину? Как определяется магнитная индукция в центре кругового проводника с током? Вывод. Почему в датчике измерений появляется электрический ток? Объясните, что означает закон электромагнитной индукции. Как определить ЭДС индукции и ЭДС самоиндукции? Каково соотношение между фазами напряжения на катушке и на датчике? Какой вид должна иметь зависимость индукции B от расстояния вдоль оси от центра катушки? Как изменяется магнитное поле вдоль перпендикуляра, проведенного через центр катушки? В чем заключается методика измерения магнитного поля катушки? Опишите работу установки по приведенной блок-схеме. Может ли катушка создавать постоянное магнитное поле? Позволяет ли данная методика измерять такое поле? Что такое соленоид? Можно ли данную катушку с током считать соленоидом? Каким проводом должна быть намотана катушка? Что представляет собой датчик измерений магнитного поля? Какова сила тока в датчике измерений? Как ее изменить? Как изменятся показания датчика, если его перемещать в сторону от оси, проходящей через центр катушки? Почему?
2-14	<p>Исследование собственных колебаний струны методом резонанса</p> <ol style="list-style-type: none"> Что такое собственные колебания? Выведите волновое уравнение для поперечных волн в струне. Выведите уравнение стоячей волны. Чем отличается стоячая волна от бегущей? Выведите соотношения для определения положения узлов и пучностей стоячей волны, возникающей в однородном упругом стержне длиной L в

	<p>случае если:</p> <ul style="list-style-type: none"> — стержень жестко закреплен на краях; — один из концов стержня жестко закреплен, а второй свободен; — стержень жестко закреплен только в средней точке. <p>5. Объясните методику эксперимента.</p> <p>6. Как влияет натяжение струны на скорость распространения поперечных волн в струне?</p> <p>7. Объясните расхождение экспериментальных и теоретических данных.</p>
2-15	<p>Измерение емкости электролитического конденсатора</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется электроемкостью? В каких единицах она измеряется в системе СИ? 2. Что такое конденсатор? По каким признакам классифицируют конденсаторы? 3. Выведите закон уменьшения (или увеличения) заряда на обкладках конденсатора. 4. Что такое постоянная времени заряда и разряда конденсатора? Как ее определить теоретически и экспериментально? 5. Из каких соображений выбирают длительность рабочего импульса в первом эксперименте? 6. Могут ли кривые нарастания и спада напряжения на конденсаторе в первом эксперименте характеризоваться различными значениями постоянной времени τ? 7. Если заряженный конденсатор отключить от внешней цепи, то будет ли напряжение на его обкладках изменяться во времени? Если будет, то в чем причина этого?
2-18	<p>Изучение вынужденных электромагнитных колебаний</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие колебания называются вынужденными? Приведите примеры. 2. Получите зависимость амплитуды вынужденных колебаний (тока или напряжения) в контуре от частоты внешнего источника. 3. Нарисуйте амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики колебательного контура. Что такое резонанс? 4. Найдите сдвиг по фазе между силой тока в контуре и напряжением внешнего источника графически или аналитически. 5. Получите выражение для резонансной частоты последовательного колебательного контура. 6. Найдите отношение амплитуды напряжения на конденсаторе к амплитуде внешнего источника при резонансе в случае слабого затухания. 7. Почему в цепях переменного тока напряжение и ток не совпадают по фазе?
2-21	<p>Изучение электронного осциллографа</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электрон, ускоренный разностью потенциалов U, попадает в поле плоского конденсатора, двигаясь перпендикулярно к линиям напряженности его поля. Определить чувствительность такой системы, если длина пластин конденсатора l, расстояние между пластинами d, расстояние от края конденсатора до экрана L. 2. Объяснить принцип фокусировки электронного пучка. 3. Каковы основные блоки электронного осциллографа и их назначение.
2-22	<p>Определение емкости плоского конденсатора</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое электроемкость уединенного проводника и в каких единицах она измеряется? 2. Что называется емкостью конденсатора, и от чего она зависит?

	<p>3. Вывести формулы емкости плоского цилиндрического и сферического конденсаторов.</p> <p>4. Вывести формулы последовательного и параллельного соединения конденсаторов.</p> <p>5. Как будет изменяться потенциал изолированного заряженного мыльного пузыря при изменении его объема?</p> <p>6. Как изменится емкость конденсатора при увеличении заряда на пластинах в 3 раза и уменьшении разности потенциалов в 2 раза?</p> <p>7. Как, имея конденсаторы</p>
2-23	<p>Определение точки Кюри ферромагнетика</p> <p>1. Что такое магнетик? Опишите механизм намагничивания вещества.</p> <p>2. Как классифицируются магнетики?</p> <p>3. Что такое точка Кюри? Почему при определенной температуре ферромагнетики изменяют свои магнитные свойства?</p> <p>4. Начертите и объясните схему установки.</p> <p>5. Почему э.д.с. индукции во вторичной обмотке трансформатора резко уменьшается при достижении ферромагнитным сердечником точки Кюри?</p> <p>6. Объясните методику определения точки Кюри ферромагнетика, применяемую в данной работе.</p>

График выполнения лабораторных работ размещен в лаборатории.

Семестр 3

Вопросы к экзамену

1. Распространение волн в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской и сферической гармонических волн. Фазовая скорость. Волновое уравнение. Энергия волны. Принцип суперпозиции волн. Стоячие волны.
2. Волновое уравнение для электромагнитной волны. Основные свойства электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга. Интенсивность волн.
3. Временная и пространственная когерентности. Степень когерентности. Интерференция двух волн. Интерференция света. Ширина интерференционной полосы.
4. Способы наблюдения интерференции света. Двухлучевая интерференция. Интерференция в тонких пленках. Полосы равного наклона и равной толщины. Интерферометры.
5. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
6. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зонная пластинка.
7. Дифракция Фраунгофера на щели и многих щелях. Дифракционная решетка.
8. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа-Брэггов. Разрешающая способность оптических приборов.
9. Оптическая анизотропия. Двойное лучепреломление. Обыкновенная и необыкновенная волны. Оптическая ось. Построение Гюйгенса.
10. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Степень поляризации света.
11. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера.
12. Искусственная анизотропия. Фотоупругость.
13. Электрооптические и магнитооптические эффекты. Естественное и магнитное вращение плоскости поляризации.

14. Распространение света в поглощающих средах. Закон Бугера. Дисперсия диэлектрической проницаемости.
15. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Электронная теория дисперсии света. Групповая скорость.
16. Тепловое излучение и его характеристики. Законы теплового излучения. Гипотеза Планка.
17. Фотоны. Энергия и импульс фотона. Экспериментальное подтверждение квантовых свойств света: внешний фотоэффект.
18. Экспериментальное подтверждение квантовых свойств света: внешний фотоэффект: эффект Комптона.
19. Корпускулярно-волновой дуализм света и материи. Гипотеза де Бройля. Некоторые свойства волн де Бройля.
20. Волновые свойства микрочастиц. Дифракция электронов. Принцип неопределенности Гейзенберга.
21. Волновая функция и ее физический смысл. Нормировка, стандартные условия. Суперпозиция состояний в квантовой механике.
22. Квантовые уравнения движения (общее уравнение Шредингера, уравнение Шредингера для стационарных состояний).
23. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Линейный гармонический осциллятор.
24. Атом Резерфорда-Бора. Энергетические уровни. Атом водорода в квантовой механике.
25. Квантовые числа электрона в атоме. Спин электрона. Спин микрочастиц. Фермионы. Бозоны. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням в атомах. Периодическая система элементов.
26. Понятие о квантовых статистиках Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Вырожденный электронный газ в металлах.
27. Основные положения о квантовой теории теплоемкости.
28. Основные положения квантовой теории электропроводности металлов. Сверхпроводимость.
29. Энергетические зоны в кристаллах в приближении сильной связи. Металлы, полупроводники и диэлектрики по зонной теории.
30. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
31. Фотопроводимость полупроводников.
32. Люминесценция твердых тел.
33. Контакт двух металлов по зонной теории. Термоэлектрические явления и их применение.
34. Выпрямление переменного тока на контакте металл-полупроводник.
35. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Транзисторы.
36. Размер, состав и заряд атомного ядра. Дефект массы и энергия связи ядра. Спин ядра и его магнитный момент. Ядерные силы. Модели ядра.
37. Закономерности α - и β -распадов. Нейтрино. γ -излучение и его свойства.
38. Ядерные реакции. Энергетическая схема ядерных реакций. Пути использования ядерной энергии.
39. Уровни элементарных частиц. Общие свойства элементарных частиц. Взаимопревращения элементарных частиц. Классификация элементарных частиц (лептоны, адроны, кварки). Частицы и античастицы.
40. Сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное взаимодействия. Обменный характер взаимодействий. Переносчики взаимодействий. Виртуальные частицы. Возможность построения единой теории взаимодействий.

Типовые задачи для практических занятий

Тема «Волны»

- 1.1. Плоская продольная волна с амплитудой $A = 0,1$ мм и длиной волны $\lambda = 10$ см распространяется в упругой среде с плотностью $\rho = 4$ г/см³ и модулем Юнга $E = 100$ ГПа. Найти максимальную скорость смещения частиц среды.
- 1.2. В трубе длиной $l = 1,2$ м находится воздух при температуре $T = 300$ К. Определить частоту основного тона (минимальную частоту возможных колебаний) в случае, если труба закрыта с одного из концов.
- 1.3. В цилиндрической трубе диаметром $d = 20$ см и длиной $l = 5$ м, заполненной воздухом при температуре $T = 300$ К, распространяется звуковая волна интенсивностью $I = 50$ мВт/м². Найти энергию звукового поля, заключенного в трубе.
- 1.4. Плоская электромагнитная волна с частотой $\nu = 10$ МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью $\sigma = 10$ мСм/м и диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 9$. Найти отношение амплитуд плотностей токов проводимости и смещения.
- 1.5. По прямому проводнику круглого сечения течет постоянный ток I . Найти поток вектора Пойнтинга через боковую поверхность участка данного проводника, имеющего сопротивление R .
- 1.6. В воздухе при температуре $T = 300$ К распространяется звуковая волна с частотой $\nu = 1$ кГц. Амплитуда смещения частиц среды составляет $A = 0,25$ мм. Найти максимальное ускорение частиц среды.
- 1.7. Как и во сколько раз изменится частота основного тона натянутой струны, если ее длину уменьшить на 25 %, а силу натяжения увеличить на 44 %?
- 1.8. Найти мощность точечного изотропного источника звука, если на расстоянии $r = 25$ м от него интенсивность звука равна $I = 20$ мВт/м².
- 1.9. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, частота которой $\nu = 100$ МГц и амплитуда электрической составляющей $E_m = 50$ мВ/м. Найти среднее за период значение модуля плотности тока смещения.
- 1.10. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, частота которой $\nu = 100$ МГц и амплитуда электрической составляющей $E_m = 50$ мВ/м. Найти среднее за период значение плотности потока энергии.

Тема «Интерференция света»

- 2.1. На пути монохроматического пучка света с длиной волны $\lambda = 600$ нм находится плоскопараллельная стеклянная ($n = 1,5$) пластинка толщиной $d = 0,1$ мм. Свет падает на пластину нормально. На какой угол нужно повернуть пластину, чтобы оптическая длина пути изменилась на $\lambda/2$?
- 2.2. Найдите все длины волн видимого света, которые будут максимальной усилены при разности хода интерферирующих волн $\Delta = 1,8$ мкм.
- 2.3. Расстояние от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана равны соответственно $a = 25$ см и $b = 100$ см. Бипризма стеклянная ($n = 1,5$) с преломляющим углом $\theta = 6 \cdot 10^{-3}$ рад. Найти длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране $\Delta x = 0,55$ мм.
- 2.4. На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине пленки *отраженный* свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?
- 2.5. На установке для наблюдения колец Ньютона был измерен в отраженном свете радиус третьего темного кольца ($k = 3$). Когда пространство между плоскопараллельной пластиной и линзой заполнили жидкостью, то тот же радиус стало иметь кольцо с номером, на единицу большим. Определить показатель преломления n жидкости.

2.6. Два параллельных пучка света, расстояние между которыми $d = 2$ см, падают нормально на грань стеклянной ($n = 1,5$) призмы с преломляющим углом $\theta = 30^\circ$. Найти оптическую разность хода волн после преломления их призмой.

2.7. Найдите все длины волн видимого света, которые будут максимальной ослаблены при разности хода интерферирующих волн $\Delta = 1,8$ мкм.

2.8. Если экран в опыте Юнга сместить на расстояние $\Delta l = 1$ м, то ширина интерференционных полос на экране увеличится на $\Delta b = 0,5$ мм. Определить расстояние d между двумя щелями, если длина волны λ , испускаемой источником монохроматического света равна $0,6$ мкм.

2.9. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинами положили тонкую проволочку, параллельную линии соприкосновения пластин и находящуюся на расстоянии $a = 75$ мм от нее. При освещении пластин монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм на верхней пластине наблюдаются интерференционные полосы. Определить диаметр проволочки, если на расстоянии $b = 30$ мм насчитывается $m = 16$ светлых полос.

2.10. Расстояние между вторым и первым темным кольцами Ньютона в отраженном свете $\Delta r_{2,1} = 1$ мм. Определить расстояние $\Delta r_{10,9}$ между десятым и девятым кольцами.

Тема «Дифракция и поляризация света»

3.1. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм и диафрагма с круглым отверстием радиусом $r = 1$ мм расположены на расстоянии $a = 1$ м друг от друга. На каком расстоянии должна быть расположена точка наблюдения, чтобы отверстие открывало три зоны Френеля.

3.2. На щель падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран, удаленный от щели на $L = 1$ м. Ширина изображения щели на экране $b = 1$ см. Найти ширину щели.

3.3. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом $d = 2,5$ мкм, содержащую $N = 10000$ штрихов. Найти угловую ширину максимума второго порядка.

3.4. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 147$ пм. Определить расстояние между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго наблюдается, когда излучение падает под углом $\alpha = 31^\circ 30'$ к поверхности кристалла.

3.5. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе жидкости с воздухом $\alpha_{\text{пр}} = 43^\circ$. Под каким углом должен падать луч света из воздуха на поверхность этой жидкости, чтобы отраженный свет был полностью поляризован?

3.6. Частично поляризованный свет с со степенью поляризации $P = 0,8$ падает на поляризатор. Во сколько раз изменится интенсивность прошедшего через поляризатор света при вращении поляризатора?

3.7. Плоская световая волна с длиной волны $\lambda = 0,7$ мкм падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом $r = 1,4$ мм. На каком максимальном расстоянии от диафрагмы может быть расположен экран, чтобы в центре дифракционной картины наблюдалось темное пятно?

3.8. На щель шириной $a = 0,1$ мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран. Определить угловую ширину второго максимума (в минутах).

3.9. С помощью дифракционной решетки с периодом $d = 20$ мкм требуется разрешить дублет натрия ($\lambda_1 = 589,0$ нм и $\lambda_2 = 589,6$ нм) в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине решетки это возможно?

3.10. Параллельный пучок рентгеновского излучения падает на поверхность кристалла, расстояние между атомными плоскостями которого $d = 280$ пм. Определить длину волны

рентгеновского излучения, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается под углом $\alpha = 65^\circ$ к поверхности кристалла.

3.11. Параллельный пучок света падает на стеклянный шар ($n = 1,5$). На какой угол от первоначального направления распространения отклонены полностью поляризованные в результате отражения лучи света?

3.12. Некоторое вещество поместили в продольное магнитное поле соленоида ($H = 56,5$ кА/м), расположенного между двумя поляризаторами. Длина трубки с веществом равна $l = 30$ см. Найти постоянную Верде, если при одном направлении магнитного поля поворот плоскости поляризации составил $\varphi_1 = +5^\circ 10'$, а при противоположном – $\varphi_2 = -3^\circ 20'$.

Тема «Квантовые свойства света»

4.1. Считая, что тепловые потери обусловлены только излучением, определить, какую мощность необходимо подводить к свинцовому шару диаметром $d = 2$ см, чтобы при температуре окружающей среды $T_0 = -13^\circ\text{C}$ поддерживать его температуру равной $T = 17^\circ\text{C}$. Поглощательная способность свинца $a = 0,6$.

4.2. При увеличении термодинамической температуры в два раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda = 400$ нм. Найти начальную температуру тела.

4.3. Определить, до какого потенциала зарядится уединенный медный шарик ($A = 4,47$ эВ) при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 140$ нм.

4.4. Давление P монохроматического света с длиной волны $\lambda = 620$ нм на зеркальную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, составляет $0,16$ мкПа. Определить концентрацию фотонов в световом пучке.

4.5. Фотон ($\lambda = 1$ пм) рассеялся на свободном электроны под углом $\theta = 60^\circ$. Какую долю (в %) своей энергии фотон передал электрону?

4.6. Определить силу тока, протекающего по вольфрамовой проволоке диаметром $d = 0,8$ мм, температура которой в вакууме поддерживается равной $T = 2800^\circ\text{C}$. Поверхность проволоки принять серой с поглощательной способностью $a = 0,343$. Удельное сопротивление проволоки $\rho = 0,92$ мкОм·м.

4.7. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с $\lambda_1 = 2,4$ мкм на $\lambda_2 = 0,8$ мкм. Во сколько раз изменилась максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

4.8. Для прекращения фотоэффекта с платиновой пластинки ($A_1 = 5,29$ эВ), нужно приложить задерживающую разность потенциалов $U_1 = 3,7$ В. Если платиновую пластинку заменить другой пластинкой, то задерживающую разность потенциалов придется увеличить до $U_2 = 6$ В. Определить работу A_2 выхода электронов с поверхности этой пластинки.

4.9. Давление P монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно $0,4$ мкПа. Определить число фотонов, падающих на поверхность площадью $S = 30$ см² за одну секунду.

4.10. При рассеянии излучения на свободных электронах энергия электрона отдачи составляет 20 % от энергии падающего излучения. Длина волны рассеянного излучения составляет $1,5$ пм. Определить длину волны падающего излучения.

Тема «Волновые свойства микрочастиц и основы квантовой механики»

5.1. При каком значении кинетической энергии (в эВ) дебройлевская длина электрона равна его комптоновской длине волны λ_c ?

5.2. На узкую щель шириной $a = 1$ мкм направлен параллельный пучок электронов, имеющих скорость $v = 3,65$ Мм/с. Учитывая волновые свойства электронов, определить

ширину центрального дифракционного максимума, полученного на экране, отстоящем от щели на расстояние $L = 10$ см.

5.3. Используя соотношение неопределенностей оценить низший энергетический уровень электрона в атоме водорода. Принять линейные размеры атома $l \approx 0,1$ нм.

5.4. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней $\Delta E_{n+1,n}$ к энергии E_n частицы в случае $n = 5$.

5.5. В одномерном «потенциальном ящике» шириной ℓ находится электрон. Вычислить вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале $1/4\ell$, равноудаленном от стенок «ящика».

5.6. При какой ширине d прямоугольного потенциального барьера коэффициент прозрачности D для электронов равен 0,02? Разность энергий $U - E = 5$ эВ.

5.7. Кинетическая энергия электрона равна удвоенному значению его энергии покоя. Вычислите длину волны де Бройля этого электрона.

5.8. На грань некоторого кристалла под углом $\alpha = 60^\circ$ к его поверхности падает параллельный пучок электронов, движущихся с одинаковой скоростью. Расстояние между атомными плоскостями кристалла $a = 0,2$ нм. Определить скорость электронов, если в этих условиях наблюдается максимум первого порядка.

5.9. Во сколько раз дебройлевская длина волны частицы меньше неопределенности ее координаты, которая соответствует неопределенности импульса в 1 %? нормировочный коэффициент A .

5.10. Электрон находится в потенциальном ящике. Определить ширину l потенциальной ямы, если разность $\Delta E_{5,4}$ между пятым и четвертым энергетическими уровнями электрона составляет 2 эВ.

$$\psi(r) = \sqrt{\frac{a^3}{\pi}} e^{-ar}$$

5.11. Волновая функция некоторой частицы имеет вид $\psi(r) = \sqrt{\frac{a^3}{\pi}} e^{-ar}$, где r – расстояние частицы от силового центра, $a = 10^8 \text{ м}^{-1}$. Определить среднее значение расстояния $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.

5.12. Вычислить коэффициент прохождения τ электрона с энергией $E = 81$ эВ через потенциальный барьер высотой $U = 80,75$ эВ.

Тема «Строение атома и основы ядерной физики»

6.1. Определить линейную скорость движения электрона на первом боровском уровне в ионе гелия He^+ .

6.2. Используя векторную модель атома, определить наименьший угол α , который может образовать вектор L момента импульса орбитального движения электрона в атоме с направлением внешнего магнитного поля. Электрон в атоме находится в f -состоянии.

6.3. Определить постоянную экранирования σ для L -серии рентгеновского излучения, если при переходе электрона в атоме вольфрама ($Z = 74$) с M -оболочки на L -оболочку длина волны испущенного фотона составляет 140 пм.

6.4. Уран ^{234}U является продуктом распада наиболее распространенного изотопа урана ^{238}U . Определить период полураспада $T_{1/2}$ урана ^{234}U , если его массовая доля ω в естественном уране ^{238}U равна $6 \cdot 10^{-5}$. Период полураспада урана равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

6.5. Вычислить энергию связи $E_{\text{св}}$ ядра ^3_2He .

6.6. Ядерная реакция имеет вид $^6\text{Li} + ? \rightarrow ^9\text{Be} + ^4\text{He}$. Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.

6.7. Электрон в водородоподобном ионе находится на орбите радиуса $r = 119$ пм и имеет момент импульса $L = 3,17 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Найти порядковый номер элемента.

6.8. Найти квантовое число n , соответствующее возбужденному состоянию иона He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4 нм.

6.9. Напряжение, приложенное к рентгеновской трубке $U = 40$ кВ. На сколько сместится коротковолновая граница λ_{\min} рентгеновского спектра при увеличении напряжения в 2 раза.

6.10. Определите, какая часть (в %) радиоактивного изотопа ${}^{225}_{89}\text{Ac}$ распадается в течение 6 суток. Период полураспада 10 суток.

6.11. Вычислить дефект массы Δm ядра ${}^7_3\text{Li}$.

6.12. Ядерная реакция имеет вид ${}^{12}_6\text{C} + {}^2_1\text{H} \rightarrow ? + {}^{11}_5\text{B}$. Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.

Перечень лабораторных работ и вопросов для защиты

№ работы	Название лабораторной работы и вопросы для ее защиты
3-1	Изучение явления интерференции света с помощью бипризмы Френеля 1. В чём заключается явление интерференции света? 2. Перечислите условия, необходимые для получения чёткой интерференционной картины. 3. Объясните способы получения когерентных волн. 4. Дайте определение когерентных волн. 5. Рассчитайте интерференционную картину от двух когерентных источников.
3-2	Изучение явления интерференции света с помощью колец Ньютона 1. Что называется интерференцией света? 2. Перечислите условия наблюдения интерференционной картины. 3. Запишите выражение для оптической разности хода лучей в установке. 4. Какая разница между геометрической и оптической разностями хода? 5. Получите формулу для определения радиусов светлых (темных) колец в отраженном свете при точечном контакте линза - пластинка. 6. Как изменятся радиусы колец Ньютона, если пространство между линзой и пластинкой заполнить водой? 7. Почему интерференционная картина получается в виде колец? 8. Как изменится интерференционная картина в проходящем свете по сравнению с той же картиной в отраженном свете? Почему?
3-2а	Изучение интерференции света в тонких пленках с помощью монохроматора 1. Что называется интерференцией света? 2. Как и где возникают когерентные лучи в отраженном и проходящем свете при падении светового пучка на плоскопараллельную пленку? 3. Как получается спектральное распределение коэффициента пропускания при выполнении данной работы? 4. В чем заключается методика определения показателя преломления n и толщины пленки d ? 5. Вывести формулу для определения показателя преломления n . 6. Используя условие максимума (8) для двух последующих порядков интерференционной картины m и $m+1$ соответственно длинам волн λ_m и λ_{m+1} , получить формулу (15) для вычисления интерференционного порядка m .
3-3	Изучение дифракции Фраунгофера от щели 1. Что называется дифракцией света? 2. Сформулируйте метод зон Френеля. 3. Объясните дифракцию Фраунгофера на плоской щели. 4. Получите и проанализируйте расчётную формулу для определения длины волны излучения с помощью дифракционной картины Фраунгофера.

	5. Объясните оптическую схему экспериментальной установки.
3-4	Изучение дифракции Фраунгофера на дифракционной решетке 1. Что называется дифракцией света? 2. Объясните образование максимумов и минимумов дифракционной картины. 3. Что называется дифракционной решеткой? 4. Что называется дисперсией решётки? От чего она зависит? 5. Что называется разрешающей способностью решётки? Чем она определяется?
3-5	Получение и исследование поляризованного света 1. Какой свет называется естественным? 2. Какой свет называется поляризованным? 3. Что такое плоскополяризованный свет? 4. Как можно практически отличить естественный свет от плоскополяризованного? 5. Сформулируйте закон Малюса. 6. Что такое степень поляризации?
3-6	Изучение явления поляризации света при отражении 1. Дайте определение естественного и поляризованного света. 2. Сформулируйте закон Брюстера. 3. Что такое плоскость поляризации? 4. Чем отличается естественный свет от плоскополяризованного? 5. При каких условиях степень поляризации света, отраженного от диэлектрической пластинки, максимальна?
3-7	Изучение дисперсии света 1. В чём заключается явление дисперсии света? Что такое дисперсия вещества? 2. Что такое угловая дисперсия? 3. Что понимается под нормальной и аномальной дисперсией? 4. Вывести зависимость показателя преломления от частоты световой волны в случае нормальной дисперсии. 5. Что такое преломляющий угол призмы и угол наименьшего отклонения? 6. Вывести величину показателя преломления через угол наименьшего отклонения. 7. Доказать, что преломляющий угол призмы $A = \varphi - \varphi' /2$.
3-10	Определение постоянной Стефана-Больцмана с помощью пирометра 1. Перечислить и дать определения основных характеристик теплового излучения. 2. Сформулировать основные законы теплового излучения (Кирхгофа, Вина и Стефана-Больцмана). 3. Перечислить основные преимущества и недостатки измерения температур оптическим методом по сравнению с другими методами.
3-11	Определение «красной границы» фотоэффекта и работы выхода электронов 1. В чём заключается явление фотоэффекта? 2. Сформулируйте основные законы фотоэффекта. 3. Как объясняются законы фотоэффекта квантовой теорией света? 4. Запишите и объясните формулу Эйнштейна. 5. Что показывает спектральная характеристика фотоумножителя? 6. В чём заключается методика определения работы выхода электронов из материала катода?
3-12	Изучение первого закона внешнего фотоэффекта 1. В чём заключается сущность явления внешнего фотоэффекта?

	<p>2. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта и объясните их.</p> <p>3. Объясните принцип работы фотоэлемента с внешним фотоэффектом.</p> <p>4. Изобразите и объясните причину различия вольт-амперных характеристик фотоэлемента для разных световых потоков.</p> <p>5. При каких условиях возникает ток насыщения?</p> <p>6. Объясните методику эксперимента.</p>
3-14	<p>Определение показателей преломления твердых тел и жидкостей</p> <p>1. Начертите ход лучей в микроскопе. Чем ограничен максимальный коэффициент увеличения микроскопа?</p> <p>2. Сформулируйте основные законы геометрической оптики.</p> <p>3. Выведите законы отражения и преломления света на основе волновой теории света.</p> <p>4. Как связан показатель преломления среды и скорость распространения света в ней?</p> <p>5. Дайте определения абсолютного и относительного показателей преломления.</p> <p>6. К каким принципиальным разногласиям, в плане формулировки физического смысла относительного показателя преломления, приводит теория Ньютона и теория Гюйгенса?</p> <p>7. Почему при рассматривании предмета через стеклянную пластинку он кажется расположенным ближе? При каких условиях справедлива формула (15)?</p> <p>8. Выведите формулу погрешностей.</p>
3-15	<p>Определение фокусных расстояний собирающей и рассеивающей линз</p> <p>1. Дать определение оптического центра, оптической оси, главных фокусов и фокальных плоскостей линзы.</p> <p>2. Что такое оптическая сила линзы? В каких единицах она измеряется? Как связаны оптическая сила и фокусное расстояние линзы?</p> <p>3. Какая линза называется тонкой? Чему равно фокусное расстояние тонкой линзы?</p> <p>4. Какая линза называется собирающей, а какая – рассеивающей? Как зависят свойства линзы от свойств окружающей линзу среды?</p> <p>5. В чем заключается определение фокусного расстояния методом Бесселя? Какими достоинствами обладает этот метод?</p>
3-16	<p>Изучение явления интерференции с помощью интерферометра Майкельсона</p> <p>1. Объяснить устройство и принцип работы интерферометра Майкельсона.</p> <p>2. Объяснить механизм образования полос равного наклона и равной толщины. Где они локализованы?</p> <p>3. Объяснить смысл понятий пространственной и временной когерентности волн и их влияние на качество интерференционной картины.</p> <p>4. Где применяется интерферометр Майкельсона?</p>
4-2	<p>Определение критических потенциалов атома методом Франка-Герца</p> <p>1. Объяснить полученную экспериментальную зависимость.</p> <p>2. Пояснить боровскую концепцию дискретных энергетических уровней.</p> <p>3. Объяснить, почему переход от максимумов к минимумам на полученной зависимости плавный?</p> <p>4. Как повлияет на экспериментальную характеристику добавление примеси с более низким потенциалом возбуждения?</p>
4-5	<p>Изучение характеристик излучения газового лазера</p> <p>1. На каком явлении основано действие лазера?</p> <p>2. В чем принципиальное отличие спонтанных и вынужденных переходов?</p> <p>3. Условия, необходимые для осуществления режима генерации.</p>

	<p>4. Почему одним из обязательных компонентов лазера является оптический резонатор?</p> <p>5. Объясните принцип действия He-Ne лазера.</p> <p>6. Каково устройство гелий-неонового лазера?</p> <p>7. Дайте характеристику основных свойств лазерного излучения.</p>
4-6	<p>Изучение спектров излучения газов</p> <p>1. В чем заключается принцип Паули?</p> <p>2. Что определяет каждое из четырех квантовых чисел n, l, m_l и m_s? Какие численные значения могут принимать эти числа?</p> <p>3. Что называется энергетическим уровнем? Как распределяются электроны по разрешенным энергетическим уровням?</p> <p>4. Докажите, что в К-оболочке может быть только 2 электрона, в L-оболочке – 8 электронов.</p> <p>5. Каковы возможные значения l и m_l для главного квантового числа: а) $n=3$; б) $n=4$?</p> <p>6. Электрон в атоме находится в f-состоянии. Определите орбитальный момент импульса электрона и максимальное значение его проекции на направление внешнего магнитного поля.</p> <p>7. Что такое спектральная линия? От чего зависит интенсивность спектральной линии?</p> <p>8. На чем основана возможность качественного спектрального анализа веществ?</p>
4-7	<p>Изучение процесса радиоактивного распада</p> <p>1. Дать понятие естественной и искусственной радиоактивности.</p> <p>2. Какие существуют виды радиоактивного распада? Охарактеризовать каждый из них.</p> <p>3. Объяснить механизм возникновения γ-излучения.</p> <p>4. Вывести закон радиоактивного распада.</p> <p>5. Что такое период полураспада ядра? Получить связь между периодом полураспада $T_{1/2}$ и постоянной распада λ.</p> <p>6. Получить функцию плотности вероятности распада, объяснить ее физический смысл.</p> <p>7. Что такое активность радиоактивного препарата? В каких единицах системы СИ она измеряется?</p> <p>8. Объяснить принцип моделирования статистических закономерностей радиоактивного распада.</p>
4-8	<p>Изучение процесса прохождения нейтронов в веществе</p> <p>1. Считая, что при одном столкновении с ядром углерода нейтрон теряет 20 % энергии, определить, сколько столкновений должен испытать нейтрон, чтобы его энергия уменьшилась от 2 МэВ до 0,025 эВ.</p> <p>2. Найти, какую энергию теряет нейтрон при упругом лобовом столкновении с ядром углерода.</p> <p>3. Дать определение понятия «эффективное сечение взаимодействия нейтрона с ядром». Как взаимодействуют нейтроны с ядрами?</p> <p>4. Какие вещества лучше использовать для замедления нейтронов в ядерных реакторах? Для поглощения нейтронов?</p>
4-11	<p>Взаимодействие β-излучения с веществом</p> <p>1. Что такое радиоактивное излучение?</p> <p>2. Какие существуют виды β-распада?</p> <p>3. Как доказать, что при β^--распаде, кроме электронов, излучается антинейтрино?</p>

	<p>4. Почему β-излучение имеет сплошной энергетический спектр?</p> <p>5. Как делится энергия β-распада между электроном (позитроном), антинейтрино (нейтрино), дочерним ядром и его электронной оболочкой?</p> <p>6. Почему при прохождении β-излучения через вещество оно ослабляется?</p> <p>7. Какой вид имеет закон ослабления β-излучения?</p> <p>8. От каких факторов зависит максимальный пробег β-частиц в веществе?</p>
4-12	<p>Определение длины пробега α-частицы в воздухе и ее энергии с помощью счетчика Гейгера</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы основные закономерности и особенности α-распада? 2. Как связаны период полураспада α-активных изотопов и энергия α-частиц? 3. Что такое пробег α-частиц и как, зная пробег α-частиц в воздухе, определить их пробег в любом веществе? 4. В чем причина разброса пробегов α-частиц? 5. Какие из закономерностей α-распада нельзя объяснить с точки зрения классической физики? 6. Объяснить ход экспериментальной зависимости числа α-частиц от расстояния между источником α-частиц и детектором. 7. Устройство и принцип работы счетчика Гейгера - Мюллера.
4-3	<p>Определение энергии и длины волны гамма-квантов с помощью сцинтилляционного счетчика</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какова природа γ-излучения? 2. Запишите закон взаимодействия γ-излучения с веществом. 3. Что представляет собой линейный коэффициент ослабления потока γ-квантов? От чего он зависит? 4. Каковы механизмы взаимодействия γ-излучения с веществом? 5. Опишите принцип регистрации γ-квантов с помощью сцинтилляционного счетчика. 6. Опишите методику определения полного линейного коэффициента ослабления, энергии и длины волны γ-квантов.
5-1	<p>Измерение концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какими основными параметрами характеризуется полупроводник? 2. Как возникает электрическое поле Холла? От чего зависит его величина? 3. Получите выражение для холловской разности потенциалов. 4. Покажите траектории движения электрона и дырки в полупроводнике при воздействии на полупроводник ортогонально направленных электрического и магнитного полей. 5. Почему в металлах эффект Холла проявляется гораздо слабее, чем в полупроводниках? 6. Почему в собственных полупроводниках эффект Холла проявляется слабее, чем в примесных? 7. Объясните метод определения концентрации и подвижности носителей заряда, используемый в данной работе. При каких условиях он применяется?
5-2	<p>Изучение термоэлектрических явлений</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Термоэлектрические явления. Эффект Зеебека. Интегральная и дифференциальная (удельная) термо-э. д. с. Составляющие термо-э. д. с. Причины различия термо-э. д. с. металлов и полупроводников. 2. Модель свободных квантовых электронов в металле. Распределение электронов в металле при температуре абсолютного нуля и при температуре, отличной от нуля. Уровень Ферми и его зависимость от температуры.

	<p>Оцените число термически возбуждаемых электронов в металле.</p> <p>3. Объясните образование контактной разности потенциалов между двумя проводниками, используя модели потенциальной ямы и свободных квантовых электронов. Условие контакта двух тел.</p> <p>4. Объясните механизмы образования объемной, контактной и фононной составляющих термо-э. д. с.</p> <p>5. Термопары. Принцип измерения температур с помощью термопары. Достоинства и недостатки термоэлектрических преобразователей. Метод измерения удельной (дифференциальной) термо-э. д. с. в данной работе.</p>
5-4	<p>Изучение полупроводникового диода</p> <p>1. Каким образом возникают дырочная и электронная примесные проводимости полупроводников?</p> <p>2. Изобразите кривые для потенциальной энергии электронов и дырок в направлении, перпендикулярном к р-п-переходу.</p> <p>3. Объясните вольт-амперную характеристику диода.</p> <p>4. Каким образом изменяется ВАХ диода при изменении его температуры?</p> <p>5. Как получают р-п-переход?</p> <p>6. Как объяснить одностороннюю проводимость р-п перехода?</p>
5-5	<p>Измерение световой характеристики фоторезистора</p> <p>1. В чем заключается явление собственной и примесной фотопроводимости и чем они различаются?</p> <p>2. Что такое стационарная фотопроводимость?</p> <p>3. Что понимают под красной границей собственной и примесной фотопроводимости?</p> <p>4. Дайте понятие времени жизни носителей заряда, от чего оно зависит?</p>
5-6	<p>Исследование зависимости сопротивления полупроводника от температуры</p> <p>1. Сформулируйте основные положения зонной теории твердых тел.</p> <p>2. Каково отличие металлов, полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории.</p> <p>3. Чем обусловлена проводимость собственного и примесного полупроводников?</p> <p>4. Как зависит сопротивление металлов и полупроводников от температуры? Объясните данные зависимости..</p> <p>5. Что такое запрещенная зона? Чем определяется ее величина?</p>
5-8	<p>Изучение фотопроводимости полупроводников и определение спектральной характеристики</p> <p>1. Что такое электропроводимость и от чего она зависит?</p> <p>2. В чем заключается явление собственной и примесной фотопроводимости и чем они различаются?</p> <p>3. Что такое стационарная фотопроводимость?</p> <p>4. Что понимают под красной границей собственной и примесной фотопроводимости?</p> <p>5. Дайте понятие времени жизни носителей заряда, от чего оно зависит?</p> <p>6. Полупроводники с какими характеристиками наиболее предпочтительно использовать для изготовления фоторезисторов?</p>
5-9	<p>Исследование температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников</p> <p>1. Энергетические диаграммы собственных и примесных (донорных и акцепторных) полупроводников.</p> <p>2. Зависимость концентрации примесных полупроводников от температуры. Температуры истощения примеси и перехода к собственной проводимости. Проводимость примесных полупроводников и ее зависимость от</p>

	температуры. 3.Схема эксперимента и методика определения ширины запрещенной зоны и энергии активации примесей в полупроводниках.
--	---

График выполнения лабораторных работ размещен в лаборатории.