

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П.Астафьева»

Институт математики, физики и информатики  
(наименование института/факультета)  
Кафедра-разработчик физики и методики обучения физике  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры  
Протокол № 8 от «08»мая 2024  
Латынцев Сергей Васильевич

ОДОБРЕНО

На заседании научно-методического  
совета специальности (направления  
подготовки)  
Протокол № 7 от 15 мая 2024

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации обучающихся

по общей и экспериментальной физике

Для профилей по направлениям подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с  
двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы  
Физика и математика  
реализуемых на основе единых подходов к структуре и содержанию  
«Ядра высшего педагогического образования»

Квалификация: бакалавр

## Раздел «Механика»

### 1. Теоретические вопросы к экзамену

1. Кинематика равномерного и равноускоренного прямолинейного движения. Графическое представление зависимостей кинематических величин от времени.
2. Преобразования Галилея. Закон сложения скоростей. Относительная скорость.
3. Ускорение при криволинейном движении точки. Нормальное и тангенциальное ускорения.
4. Кинематика криволинейного равноускоренного движения (на примере движения тела, брошенного под углом к горизонту).
5. Кинематическое описание движения точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь линейных и угловых кинематических величин.
6. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Метод векторных диаграмм.
7. Сложение гармонических колебаний одного направления с близкими частотами (биения).
8. Сложение перпендикулярных гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу.
9. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея.
10. Взаимодействие тел. Сила. Масса, импульс. Второй закон Ньютона. Принцип независимости действия сил.
11. Силы в природе. Третий закон Ньютона.
12. Импульс системы материальных точек. Внешние и внутренние силы. Закон сохранения импульса.
13. Центр масс системы материальных точек и его движение.
14. Реактивное движение. Уравнение Мещерского для движения тела переменной массы. Уравнение Циолковского.
15. Работа и мощность силы. Кинетическая энергия.
16. Потенциальная энергия. Связь между силой и потенциальной энергией.
17. Механическая энергия системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии.
18. Применение законов сохранения к анализу упругих и неупругих соударений двух тел.
19. Момент импульса материальной точки и системы материальных точек. Момент силы. Закон сохранения момента импульса.
20. Вращение абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент импульса и момент инерции твердого тела. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
21. Момент инерции твердого тела. Теорема Штейнера.
22. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела. Кинетическая энергия при плоском движении (качении).
23. Сухое трение. Трение покоя и трение скольжение. Трение качения.
24. Условия равновесия твердого тела. Виды равновесия.
25. Свободные оси вращения твердого тела. Гироскоп. Прецессия.

26. Распределение давления в покоящихся жидкостях и газах. Закон Паскаля. Гидростатическое давление.
27. Сила Архимеда. Условия плавания тел в жидкости или газе.
28. Идеальная жидкость. Описание движения идеальной жидкости. Линии тока, трубки тока. Уравнение непрерывности струи.
29. Уравнение Бернулли для движения идеальной жидкости. Формула Торричелли.
30. Ламинарное и турбулентное движения жидкости. Число Рейнольдса. Движение тел в жидкости или газе. Лобовое сопротивление и подъемная сила.
31. Вязкость жидкости или газа. Течение вязкой жидкости по трубе круглого сечения.
32. Виды упругих деформаций твердого тела. Закон Гука. Модули упругости. Пределы упругости и прочности.
33. Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Плотность упругой энергии.
34. Силы инерции в поступательно движущейся неинерциальной системе отсчета.
35. Силы инерции в равномерно вращающейся неинерциальной системе отсчета.
36. Проявление сил инерции на Земле. Влияние суточного вращения Земли на ускорение свободного падения.
37. Уравнение движения механических колебательных систем без трения. Собственная частота пружинного, физического и математического маятников.
38. Уравнение движения колебательных систем с вязким трением. Затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент, добротность.
39. Вынужденные колебания. Резонанс.
40. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей гармонической волны. Длина волны.
41. Энергия бегущей волны. Поток энергии. Вектор Умова. Интенсивность волны.
42. Интерференция волн. Стоячие волны.
43. Собственные колебания струны, стержня. Акустический резонанс.
44. Природа звука. Объективные и субъективные характеристики звука. Ультразвук и инфразвук.
45. Эффект Доплера в акустике.
46. Постулаты специальной теории относительности. Относительность промежутков времени и отрезков длины.
47. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей.
48. Релятивистский импульс. Релятивистская форма основного уравнения динамики.
49. Кинетическая энергия релятивистской частицы. Энергия покоя. Связь массы и энергии.
50. Движение тела в центральном гравитационном поле. Первая, вторая, третья космическая скорость.
51. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения. Поле тяготения и его напряженность.
52. Потенциальная энергия гравитационного поля.

## **2. Темы и задания лабораторных работ**

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В ПОЛЕ ЗЕМНОГО ТЯГОТЕНИЯ НА МАШИНЕ АТВУДА**

1. Исследовать равноускоренное движение грузов на машине Атвуда
2. Рассчитать ускорения свободного падения  $g$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ТЕЛ ПРОСТОЙ ФОРМЫ

1. Определить коэффициент жесткости пружины и момента инерции тела маятника.
2. Определить момент инерции тел простой формы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА

1. Изучить гармонические колебания пружинного маятника.

2. Проверить справедливость формулы для периода гармонических колебаний  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

3. Проверить независимость периода от начальных условий колебаний.
4. Установление связи амплитуды колебаний с начальными условиями.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

1. Исследовать малые колебания математического маятника.
2. Проверить справедливость использования модели математического маятника.
3. Вычислить ускорение свободного падения на основе этой модели.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

1. Изучить колебательное движение физического маятника.
2. Экспериментально проверить зависимость периода колебаний от расстояния между точкой и центром масс
3. Определить приведенную длину математического маятника

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ТЕЛ ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ МЕТОДОМ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

1. Определить момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс для квадратной пластинки и круглого диска из стали на крутильном маятнике и с помощью прямых геометрических измерений.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ВРАЩЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА НА КРЕСТООБРАЗНОМ МАЯТНИКЕ ОБЕРБЕКА

1. Изучить законы вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.
2. Проверить формулы расчета моментов инерции
3. Определить массу груза на спице маятника Обербека с применением законов вращения.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. СОУДАРЕНИЕ ШАРОВ

1. Определить время соударения для различных пар шаров.
2. Определить коэффициенты восстановления скорости и энергии упругого удара.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. ИЗМЕРЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАЯТНИКА МАКСВЕЛЛА

1. На основании закона сохранения энергии определить момент инерции тела.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10. ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГИРОСКОПА

1. Изучить зависимость частоты прецессии гироскопа от угловой скорости его вращения
2. Изучить зависимость частоты прецессии гироскопа от расстояния до точки приложения внешней силы

### 3. Типовые задачи для контрольной работы

#### *Механика систем материальных точек*

1. Вагон тормозится, и его скорость за время 3,3 с равномерно уменьшается от 47,5 км/ч до 30 км/ч. Каким должен быть предельный коэффициент трения между чемоданом и полкой, чтобы чемодан при торможении начал скользить по полке?
2. Обруч и диск одинаковой массы  $m_1=m_2$  катятся без скольжения с одной и той же скоростью  $v$ . Кинетическая энергия обруча 4 Дж. Найти кинетическую энергию диска.
3. По наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  скатывается однородный шарик без проскальзывания. Чему равно ускорение центра масс шарика?
4. Небольшая шайба соскальзывает без начальной скорости с вершины гладкой горки высотой  $H$ , имеющей горизонтальный трамплин. При какой высоте  $h$  трамплина шайба пролетит наибольшее расстояние  $s$ ? Чему оно равно?
5. Две частицы удаляются друг от друга, имея скорость 0,8с каждая, относительно земного наблюдателя. Какова относительная скорость частиц?

#### *Основы механики жидкостей и газов*

1. Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 2 кг. Шар наполняют гелием при атмосферном давлении. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар начнет поднимать сам себя. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна 0°C
2. Из круглого отверстия вытекает вертикальная струя воды так, что в одном из горизонтальных сечений ее диаметр  $d = 2,0$  мм, а в другом сечении, расположенном ниже на  $l = 20$  мм, диаметр струи в  $n = 1,5$  раза меньше. Найти объем воды, вытекающий из отверстия за одну секунду.
3. По трубке длины  $l$  и радиуса  $R$  течет стационарный поток жидкости, плотность которой  $\rho$  и вязкость  $\eta$ . Скорость течения жидкости зависит от расстояния  $r$  до оси трубки по закону  $v = v_0 (1 - r^2/R^2)$ . Найти:
  - а) объем жидкости, протекающей через сечение трубки в единицу времени;
  - б) кинетическую энергию жидкости в объеме трубки;
  - в) силу трения, которую испытывает трубка со стороны жидкости;
  - г) разность давлений на концах трубки.
4. Две манометрические трубки установлены на горизонтальной трубе переменного сечения в местах, где сечения трубы равны  $S_1$  и  $S_2$ . По трубе течет вода. Найти объем воды, протекающей в единицу времени через сечение трубы, если разность уровней воды в манометрических трубках равна  $\Delta h$ .
5. Свинцовый шарик равномерно опускается в глицерине, вязкость которого  $\eta = 13,9$  П. При каком наибольшем диаметре шарика его обтекание еще остается ламинарным? Известно, что переход к турбулентному обтеканию соответствует

числу  $Re = 0,5$  (это значение числа  $Re$ , при котором за характерный размер взят диаметр шарика).

### ***Механические колебания и волны***

1. Написать уравнение движения, получающегося в результате сложения двух одинаково направленных гармонических колебаний с одинаковым периодом  $T=8$  с и одинаковой амплитудой  $A=0,02$  м. Разность фаз между этими колебаниями  $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi/4$ . Начальная фаза одного из этих колебаний равна нулю.
2. При сложении двух гармонических колебаний одного направления результирующее колебание точки имеет вид  $x = a \cos 2,1t + \cos 50,0t$ , где  $t$  в секундах. Найти круговые частоты складываемых колебаний и период биений результирующего колебания.
3. Доска с лежащим на ней бруском совершает горизонтальные гармонические колебания с амплитудой  $a = 10$  см. Найти коэффициент трения между доской и бруском, если последний начинает скользить по доске, когда ее период колебания меньше  $T = 1,0$  с.
4. На пути плоской звуковой волны, распространяющейся в воздухе, находится шар радиуса  $R = 50$  см. Длина звуковой волны  $\lambda = 20$  см, частота  $\nu = 1700$  Гц, амплитуда колебаний давления в воздухе  $(\Delta p)_m = 3,5$  Па. Найти средний за период колебания поток энергии, падающей на поверхность шара.
5. Найти число возможных собственных колебаний столба воздуха в трубе, частоты которых меньше  $\nu_0 = 1250$  Гц. Длина трубы  $l = 85$  см. Скорость звука  $v = 340$  м/с.  
Рассмотреть два случая:  
а) труба закрыта с одного конца;  
б) труба открыта с обоих концов.  
Считать, что открытые концы трубы являются пучностями смещения.

### **4. Примерные вопросы для обсуждения на семинарах**

1. Материальная точка. Назначение этой модели в механике.
2. Природа возникновения сил.
3. Какую роль играет момент инерции во вращательном движении?
4. Момент инерции тел различной формы. Применение теоремы Штейнера.
5. Что называется моментом силы? Как определяется направление вектора момента силы?
6. Аналогия между основными уравнениями поступательного и вращательного движений.
7. Реактивное движение (движение тела с переменной массой).

8. Сущность закона сохранения момента импульса. Прецессия
9. Принцип минимума потенциальной энергии. Объяснение с точки зрения принципа равновесное состояние тела (устойчивое, неустойчивое, безразличное равновесие).
10. Что называют полной механической энергией системы?
11. При каких условиях полная механическая энергия системы сохраняется?
12. Причины возникновения специальной теории относительности.
13. Относительность одновременности.
14. Какие события называются одновременными?
15. Основной закон релятивистской динамики и его применение
16. Закон взаимосвязи массы и энергии. Его физическая сущность.
17. Координатный и векторный способы описания колебательного движения.
18. Энергетический подход к описанию колебательного движения.
19. Параметры, описывающие затухающие колебания и их физический смысл.
20. Условия возникновения резонанса в колебательной системе.
21. Применение явления резонанса. Примеры борьбы с резонансом.
22. Автоколебательные системы.
23. Механизм передачи энергии волной.
24. Плотность потока энергии.
25. Процесс возникновения и восприятия звуковых волн.

## Модуль «Электродинамика»

### 1. Теоретические вопросы к экзамену:

1. Электрический заряд и его свойства. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Напряженность электрического поля. Поле точечного заряда, системы зарядов.
2. Теорема Остроградского-Гаусса для электрического поля в вакууме и ее применение к расчету полей.
3. Разность потенциалов, потенциал. Потенциал поля точечного заряда, системы зарядов.
4. Связь потенциала и напряженности электростатического поля.
5. Напряженность и потенциал поля бесконечной плоскости, бесконечного цилиндра, сферы
6. Электрическая энергия системы неподвижных точечных зарядов
7. Распределение зарядов в проводнике. Эквипотенциальность проводника. Напряженность поля у поверхности проводника и ее связь с поверхностной плотностью зарядов.
8. Проводник во внешнем электростатическом поле. Электростатическая защита. Метод зеркальных изображений.
9. Емкость уединенного проводника и конденсатора. Плоский, сферический и цилиндрические конденсаторы.
10. Последовательное и параллельное соединение конденсаторов.
11. Поляризация диэлектриков. Поляризованность  $P$ . Поверхностная плотность связанных зарядов.
12. Вектор электрического смещения  $D$ . Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость.
13. Граничные условия для векторов напряженности  $E$  и электрического смещения  $D$ . Преломление линий напряженности на границе раздела диэлектриков.
14. Пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, электреты.
15. Электрическая энергия заряженного проводника, заряженного конденсатора. Плотность энергии электрического поля.
16. Плотность и сила тока. Уравнение непрерывности.
17. Закон Ома для однородного участка цепи (в интегральной и дифференциальной формах). Сопротивление. Последовательное и параллельное соединение проводников.
18. Электродвижущая сила. Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС, и для замкнутой цепи.
19. Разветвленные цепи постоянного тока. Правила Кирхгоффа.
20. Закон Джоуля–Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля-Ленца.
21. Полная, полезная мощности и КПД цепи постоянного тока.
22. Электропроводность твердых тел. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Природа тока в металлах, опыты Толмена и Стюарта.
23. Классическая теория электропроводности металлов. Зависимость сопротивления металлов от температуры.
24. Собственная и примесная электропроводность полупроводников.
25. Контактные явления в металлах и полупроводниках. Свойства p-n-перехода.
26. Электрический ток в электролитах. Законы Фарадея для электролиза.
27. Химические источники тока.



28. Электрический ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряды.
29. Самостоятельные разряды в газах: тлеющий, дуговой, искровой и коронный.
30. Сила Ампера. Индукция магнитного поля. Работа силы Ампера
31. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
32. Магнитное поле движущегося заряда и элемента тока. Закон Био–Савара–Лапласа.
33. Магнитное поле прямого и кругового токов. Взаимодействие параллельных прямых токов.
34. Магнитный момент витка с током. Виток с током в однородном и неоднородном магнитном поле.
35. Закон полного тока. Его применение для расчета магнитного поля.
36. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле. Эффект Холла.
37. Намагниченность. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Уравнения Максвелла для постоянного магнитного поля в магнетике.
38. Граничные условия для векторов индукции и напряженности магнитного поля. Преломление линий магнитной индукции на границе раздела магнетиков.
39. Диамагнетизм и парамагнетизм.
40. Ферромагнетизм. Магнитный гистерезис. Точка Кюри.
41. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Физическая природа ЭДС индукции. Вихревые токи.
42. Самоиндукция и взаимная индукция. Индуктивность. Расчет индуктивности длинного соленоида.
43. Магнитная энергия тока. Плотность энергии магнитного поля.
44. Переменный квазистационарный ток. Закон Ома для цепей квазистационарного тока.
44. Мощность переменного тока. Действующие значения напряжения и силы тока.
45. Метод векторных диаграмм и метод комплексных амплитуд для расчета цепей квазистационарного тока.
46. Резонанс в последовательном и параллельном контурах переменного тока.
47. Электрический колебательный контур. Собственные колебания. Формула Томсона. Затухающие колебания. Добротность.
48. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме для переменных электрического и магнитного полей.
49. Плоские электромагнитные волны в вакууме. опыты Герца.
50. Плотность энергии электромагнитного поля. Поток энергии. Вектор Пойнтинга. Шкала электромагнитных волн.

## **2. Темы и задания лабораторных работ**

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ**

1. Исследовать принцип действия тангенс-буссоли
2. Определить значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА МЕДИ И ЧИСЛА ФАРАДЕЯ**

1. Исследовать процесс электролиза медного купороса и определить электрохимический эквивалент меди
2. Рассчитать число Фарадея.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

1. Изучить распределение напряженности электростатического поля тел различной формы:

- одиночный заряд
- два одноименных заряда
- два разноименных заряда
- плоский проводник
- система двух плоских проводников

2. Проверить справедливость формулы для периода гармонических колебаний

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

3. Проверить независимость периода от начальных условий колебаний.

4. Установление связи амплитуды колебаний с начальными условиями.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАРЯДКИ И РАЗРЯДКИ КОНДЕНСАТОРА

1. . Определить время релаксации конденсатора и внутреннее сопротивление гальванометра

2. Построить экспериментальную кривую зарядки конденсатора и сравнить её с теоретической.

3. Построить экспериментальную кривую разрядки конденсатора и сравнить её с теоретической.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Путем косвенных измерений определить ЭДС источника постоянного тока

2. Путем косвенных измерений определить внутреннее сопротивление источника постоянного тока

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

1. Определить характер зависимости сопротивления металла от температуры

2. Определить значение температурного коэффициента.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ МОСТА ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Изучить принцип действия мостовой схемы.

2. Определить с помощью мостовой схемы неизвестные сопротивления резисторов

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА

1. Определить удельное сопротивление материала проводника с помощью косвенных измерений.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. ИЗУЧЕНИЕ РЕЗОНАНСА В ЦЕПЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Изучить условия возникновения резонанса в цепях переменного тока.

2. Экспериментальным способом проверить справедливость условий возникновения

резонанса.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЦЕПЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Определить емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока
2. Определить индуктивность катушки, включенной в цепь переменного тока.

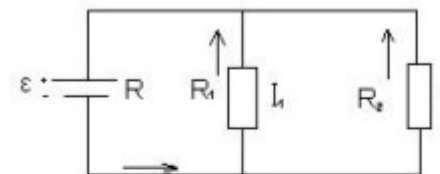
### 3. Типовые задачи для контрольной работы

#### Электростатика

1. Два точечных заряда  $q$  и  $-q$  расположены на расстоянии  $2l$  друг от друга. Найти поток вектора напряженности электрического поля через круг радиуса  $R$ .
2. Кольцо радиуса  $r$  из тонкой проволоки имеет заряд  $q$ . Найти модуль напряженности электрического поля на оси кольца как функцию расстояния  $l$  до его центра.
3. Точечный заряд  $q$  находится на расстоянии  $l$  от безграничной проводящей плоскости. Какую работу необходимо совершить, чтобы медленно удалить этот заряд на очень большое расстояние от плоскости?
4. К источнику с э.д.с.  $\xi$  подключили последовательно два плоских воздушных конденсатора, каждый емкости  $C$ . Затем один из конденсаторов заполнили однородным диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon$ . Во сколько раз уменьшилась напряженность электрического поля в этом конденсаторе? Какой заряд пройдет через источник?
5. Заряд  $q$  распределен равномерно по объему шара радиуса  $R$ . Полагая диэлектрическую проницаемость равной единице, найти:
  - а) собственную электростатическую энергию шара;
  - б) отношение энергии  $W_1$ , запасенной внутри шара, к энергии  $W_2$ , заключенной в окружающем пространстве.

#### Постоянный электрический ток

1. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен стеклом с удельным сопротивлением  $\rho = 100 \text{ ГОм}\cdot\text{м}$ . Емкость конденсатора  $C = 4,0 \text{ нФ}$ . Найти ток утечки через конденсатор при подаче на него напряжения  $U = 2,0 \text{ кВ}$ .
2. В схеме (рис. 3.42) э. д. с. источника  $\xi = 5,0 \text{ В}$  и сопротивления  $R_1 = 4,0 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6,0 \text{ Ом}$ .  
Внутреннее сопротивление источника  $R = 0,10 \text{ Ом}$ .  
Найти токи, текущие через сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ .



3. Найти э. д. с. и внутреннее сопротивление источника, эквивалентного двум параллельно соединенным элементам с э. д. с.  $\xi_1$  и  $\xi_2$  и внутренними сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ .
4. Электромотор постоянного тока подключили к напряжению  $U$ . Сопротивление обмотки якоря равно  $R$ . При каком значении тока через обмотку полезная

мощность мотора будет максимальной? Чему она равна? Каков при этом к.п.д. мотора?

- Однородный пучок протонов, ускоренных разностью потенциалов  $U = 600 \text{ кВ}$ , имеет круглое сечение радиуса  $r = 5,0 \text{ мм}$ . Найти напряженность электрического поля на поверхности пучка и разность потенциалов между поверхностью и осью пучка при токе  $I = 50 \text{ мА}$ .

### Электромагнетизм

- По круговому витку радиуса  $R = 100 \text{ мм}$  из тонкого провода циркулирует ток  $I = 1 \text{ А}$ . Найти магнитную индукцию:
  - в центре витка;
  - на оси витка в точке, отстоящей от его центра на  $x = 100 \text{ мм}$ .
- Прямоугольный контур со скользящей перемычкой длины  $l$  находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном к плоскости контура. Индукция поля равна  $B$ . Перемычка имеет сопротивление  $R$ , стороны прямоугольника сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ . Пренебрегая самоиндукцией контура, найти ток в перемычке при ее поступательном перемещении с постоянной скоростью  $v$ .
- Между полюсами электромагнита находится небольшая катушка, ось которой совпадает с направлением магнитного поля. Площадь поперечного сечения катушки  $S = 3,0 \text{ мм}^2$ , число витков  $N = 60$ . При повороте катушки на  $180^\circ$  вокруг ее диаметра через подключенный к ней баллистический гальванометр протекает заряд  $q = 4,5 \text{ мкКл}$ . Найти модуль вектора индукции магнитного поля между полюсами, если полное сопротивление электрической цепи  $R = 40 \text{ Ом}$ .
- Колебательный контур состоит из конденсатора емкости  $C = 4,0 \text{ мкФ}$  и катушки с индуктивностью  $L = 2,0 \text{ мГ}$  и активным сопротивлением  $R = 10 \text{ Ом}$ . Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в момент максимума тока.
- Цепь, состоящую из последовательно соединенных конденсатора емкости  $C$  и сопротивления  $R$ , подключили к переменному напряжению  $U = U_m \cos \omega t$  в момент  $t = 0$ . Найти ток в цепи как функцию времени  $t$ .

### 4. Примерные вопросы для обсуждения на семинарах

- Принцип суперпозиции электростатических полей.
- Поле диполя.
- Применение теоремы Гаусса к расчету некоторых электростатических полей в вакууме.
- Типы диэлектриков.
- Поляризованность.
- Сегнетоэлектрики.

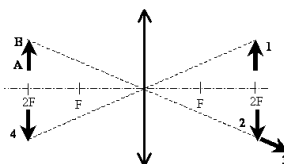
7. Конденсаторы.
8. Сторонние силы.
9. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей.
10. Эмиссионные явления и их применение.
11. Ионизация газов.
12. Плазма и ее свойства.
13. Единицы магнитной индукции и напряженности магнитного поля.
14. Ускорители заряженных частиц.
15. Эффект Холла.
16. Вихревые токи (токи Фуко).
17. Трансформаторы.
18. Магнитное поле в веществе.
19. Ферромагнетики и их свойства.
20. Вихревое электрическое поле.

## Раздел «Оптика»

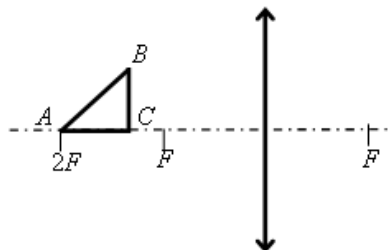
### 1. Типовые задачи для контрольной работы

#### Геометрическая оптика

1. Какой из образов 1–4 служит изображением предмета АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием F?



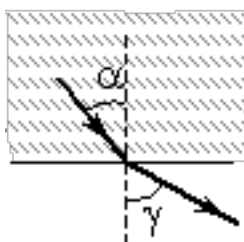
2. Равнобедренный прямоугольный треугольник  $ABC$  расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет  $AC$  лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла  $C$  лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла  $A$ . Расстояние от центра линзы до точки  $A$  равно удвоенному фокусному расстоянию линзы,  $AC = 4$  см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



3. Линза, фокусное расстояние которой 15 см, даёт на экране изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран пододвинули к линзе вдоль её главной оптической оси на 30 см. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет так, чтобы изображение снова стало резким. На какое расстояние сдвинули предмет относительно его первоначального положения?
4. Линза, расположенная на оптической скамье между лампочкой и экраном, даёт на экране резкое увеличенное изображение лампочки. Когда линзу передвинули на 40 см ближе к экрану, на нем появилось резкое уменьшенное изображение лампочки. Определить фокусное расстояние  $f$  линзы, если расстояние от лампочки до экрана равно 80 см.

#### Волновая оптика

1. Световой пучок выходит из стекла в воздух (см. рисунок).



Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне, скоростью их распространения, длиной волны? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Скорость	Длина волны

2. Дифракционная решетка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 20,88 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 580 нм? Считать  $\sin\alpha \gg \text{tg}\alpha$ .
3. На дифракционную решетку, имеющую период  $2 \cdot 10^{-5}$  м, падает нормально параллельный пучок белого света. Спектр наблюдается на экране на расстоянии 2 м от решетки. Каково расстояние между красным и фиолетовым участками спектра первого порядка (первой цветной полосы на экране), если длины волн красного и фиолетового света соответственно равны  $8 \cdot 10^{-7}$  м и  $4 \cdot 10^{-7}$  м? Считать  $\sin\varphi = \text{tg}\varphi$ . Ответ выразите в см.
4. На круглое отверстие диаметром  $d = 4$  мм падает нормально параллельный пучок лучей ( $\lambda = 0,5$  мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии  $l = 1$  м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

## 2. Типовые вопросы к экзамену

1. Электромагнитная природа света. Свойства электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн.
2. Фотометрия. Световые и энергетические фотометрические величины.
3. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма.
4. Полное внутреннее отражение. Световоды. Призмы.
5. Плоские зеркала. Сферические зеркала. Построение изображений в зеркалах. Формула сферического зеркала.
6. Преломление на сферической поверхности. Фокусы сферической поверхности.
7. Тонкие линзы. Формулы линзы. Построение изображений в тонких линзах.
8. Аберрации линз и зеркал и способы их устранения.
9. Глаз как оптическая система. Коррекция близорукости и дальнозоркости. Цветовое восприятие.
10. Проекционные приборы. Лупа. Увеличение лупы.
11. Микроскоп. Увеличение микроскопа.
12. Телескопические системы Кеплера и Галилея. Увеличение телескопа.

13. Интерференция волн от двух точечных источников. Когерентность.
14. Методы получения когерентных волн в оптике. Двухлучевые интерференционные схемы.
15. Условие временной когерентности. Время и длина когерентности, степень монохроматичности излучения. Условие пространственной когерентности.
16. Интерференция в тонких плёнках. Полосы равного наклона.
17. Интерференция в тонких плёнках. Полосы равной толщины. Кольца Ньютона. Просветление оптики.
18. Интерферометры Майкельсона и Фабри-Перо.
19. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии, на круглом экране.
20. Амплитудные и фазовые зонные пластинки.
21. Дифракция Френеля на краю полубесконечного экрана.
22. Объяснение прямолинейного распространения света на основе волновой теории. Объём Френеля.
23. Дифракция Фраунгофера на щели и на круглом отверстии.
24. Разрешающая способность объектива.
25. Дифракция Фраунгофера на нескольких щелях.
26. Дифракционная решетка. Спектральный анализ.
27. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решётки. Критерий Рэля.
28. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Условие Брега- Вульфа.
29. Дифракционная природа оптического изображения. Опыты Аббе. Разрешающая способность микроскопа.
30. Линейно, эллиптически и циркулярно поляризованный свет. Естественный свет. Поляризаторы и анализаторы. Закон Малюса.
31. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных диэлектриков. Формулы Френеля.
32. Поляризация света при отражении и преломлении на границе раздела изотропных диэлектриков. Угол Брюстера. Стопа Столетова.
33. Распространение света в одноосных кристаллах. Обыкновенный и необыкновенный лучи.
34. Построение Гюйгенса-Френеля для одноосного кристалла. Двойное лучепреломление.
35. Кристаллические пластинки “в четверть волны” и “в полволны”.
36. Анализ поляризованного света.
37. Интерференция поляризованного света.
38. Искусственная анизотропия. Анизотропия при механических деформациях, в электрическом поле. Вращение плоскости поляризации.
39. Явление дисперсии света. Фазовая и групповая скорости света. Нормальная и аномальная дисперсия.
40. Фазовая и групповая скорости. Электронная теория дисперсии и поглощения. Закон Бугера.
41. Рассеяние света в мелкодисперсных и мутных средах. Закон Рэля. Цвет неба.
42. Нелинейные эффекты в оптике.
43. Опыты по определению скорости света. Экспериментальные основы СТО.
44. Эффект Доплера в оптике.



45. Излучение Вавилова – Черенкова.

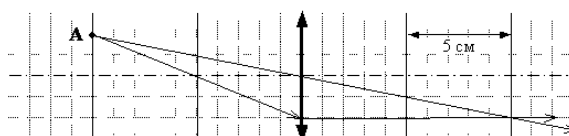
### 3. Типовые экспериментальные задания к экзамену

1. Получить параллельный световой пучок от неточечного источника света.
2. Продемонстрировать возможности автоколлимационного метода измерения углов и угловых перемещений.
3. Измерить показатель преломления среды в опыте с плоскопараллельной пластиной.
4. Измерить показатель преломления среды в опыте с клиновидной пластиной (призмой).
5. Найти положения фокуса и главной плоскости тонкой сферической положительной линзы.
6. Найти положения фокуса и главной плоскости тонкой сферической отрицательной линзы.
7. Измерить радиус кривизны сферического зеркала.
8. Собрать на оптической скамье схему микроскопа и найти увеличение объектива.
9. Продемонстрировать интерференционную картину суперпозиции двух плоских квази-монокроматических волн.
10. Продемонстрировать интерференционную картину суперпозиции двух сферических квази-монокроматических волн.
11. Продемонстрировать многолучевую интерференционную картину.
12. Продемонстрировать влияние немонокроматичности световой волны на формирование интерференционной картины.
13. Получить интерференционное "гашение света светом".
14. Продемонстрировать «пятно Пуассона».
15. Выполнить опыт по наблюдению фраунгоферовой дифракции света.
16. Собрать на оптической скамье схему телескопа и показать влияние входного отверстия прибора на его разрешающую способность.
17. Измерить длину световой волны в опыте с дифракционной решеткой.
18. Продемонстрировать эффект Брюстера.
19. Определить направление колебаний электрического вектора в лазерном луче.
20. Получить световую волну с круговой (эллиптической) поляризацией.
21. Определить характер поляризации светового пучка.
22. Продемонстрировать опыт Юнга.
23. Выполнить опыт по наблюдению фраунгоферовой дифракции света.
24. Продемонстрировать способы измерения фокусных расстояний собирающей и рассеивающей линз.

### 4. Входной тест

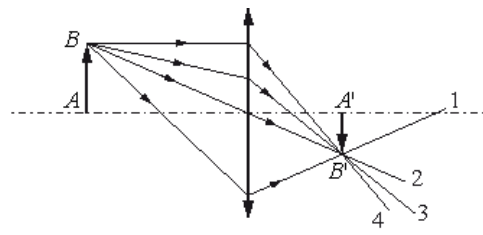
#### Вариант 1

1. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Какова оптическая сила линзы?

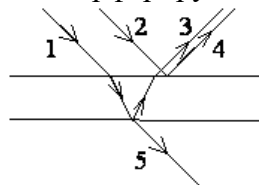


- 1) -10 дптр
  - 2) -20 дптр
  - 3) 20 дптр
  - 4) 10 дптр
2. Дифракционная решётка с расстоянием между штрихами  $d$  освещается монохроматическим светом. На экране, установленном за решёткой параллельно ей, возникает дифракционная картина, состоящая из тёмных и светлых вертикальных полос. В первом опыте решётка освещается красным светом, во втором – зелёным, а в третьем – синим. Используя решётки с различными  $d$ , добиваются того, чтобы расстояние между светлыми полосами во всех опытах стало одинаковым. Значения постоянной решётки  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  в первом, во втором и в третьем опытах соответственно удовлетворяют условиям

- 1)  $d_1 = d_2 = d_3$
  - 2)  $d_1 > d_2 > d_3$
  - 3)  $d_2 > d_1 > d_3$
  - 4)  $d_1 < d_2 < d_3$
3. На рисунке изображён ход лучей в собирающей линзе. Какой луч проходит через фокус линзы?

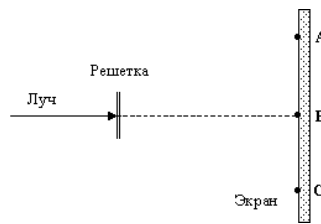


4. После прохождения белого света через красное стекло свет становится красным. Это происходит из-за того, что световые волны других цветов в основном
- 1) отражаются
  - 2) рессеиваются
  - 3) поглощаются
  - 4) преломляются
5. При отражении от тонкой пленки интерферируют световые пучки



- 1) 1 и 2
  - 2) 2 и 3
  - 3) 3 и 4
  - 4) 4 и 5
6. Хрусталик здорового глаза человека по форме похож на
- 1) двояковогнутую линзу
  - 2) двояковыпуклую линзу

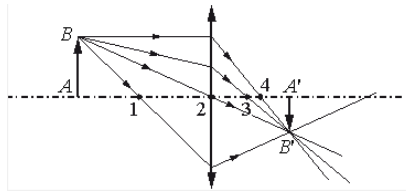
- 3) плосковогнутую линзу
- 4) плоскопараллельную пластину
7. Лазерный луч зеленого цвета падает перпендикулярно на дифракционную решетку. На линии ABC экрана (см. рисунок) наблюдается серия ярких зеленых пятен. Какие изменения произойдут в расположении пятен на экране при замене лазерного луча зеленого цвета на лазерный луч красного цвета?
  - 1) расположение пятен не изменится
  - 2) пятно в точке В не сместится, остальные раздвинутся от него
  - 3) пятно в точке В не сместится, остальные сдвинутся к нему
  - 4) пятно в точке В исчезнет, остальные раздвинутся от точки В



8. При освещении одной и той же дифракционной решётки монохроматическим светом на экране, установленном за ней, возникает дифракционная картина, состоящая из светлых линий на тёмном фоне. В первом опыте расстояние между светлыми линиями оказалось больше, чем во втором, а во втором больше, чем в третьем. В каком случае правильно указана возможная последовательность цветов монохроматического света, которым освещалась решётка?
  - 1) 1 – красный; 2 – жёлтый; 3 – зелёный
  - 2) 1 – красный; 2 – зелёный; 3 – жёлтый
  - 3) 1 – жёлтый; 2 – красный; 3 – зелёный
  - 4) 1 – зелёный; 2 – жёлтый; 3 – красный
9. На каком расстоянии от собирающей линзы нужно поместить предмет, чтобы его изображение было действительным?
  - 1) больше, чем фокусное расстояние
  - 2) меньше, чем фокусное расстояние
  - 3) при любом расстоянии изображение будет действительным
  - 4) при любом расстоянии изображение будет мнимым
10. Явлением, доказывающим, что в электромагнитной волне вектор напряженности электрического поля колеблется в направлении, перпендикулярном направлению распространения электромагнитной волны, является
  - 1) интерференция
  - 2) отражение
  - 3) поляризация
  - 4) дифракция

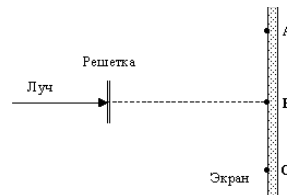
### Вариант 2

1. Изображение предмета  $AB$  в тонкой линзе представлено стрелкой  $A'B'$ . Какая из четырёх нумерованных точек является фокусом линзы?



2. Человек с нормальным зрением рассматривает предмет невооруженным глазом. На сетчатке глаза изображение предметов получается

- 1) увеличенным прямым
  - 2) увеличенным перевернутым
  - 3) уменьшенным прямым
  - 4) уменьшенным перевернутым
2. Лазерный луч красного цвета падает перпендикулярно на дифракционную решетку (50 штрихов на 1 мм). На линии ABC экрана (см. рисунок) наблюдается серия красных пятен. Какие изменения произойдут на экране при замене этой решетки на решетку со 100 штрихами на 1 мм?

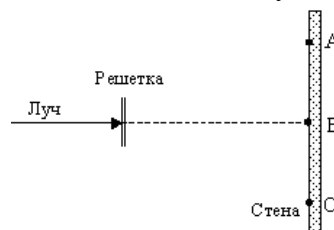


- 1) расположение пятен не изменится
  - 2) пятно в точке В не сместится, остальные раздвинутся от него
  - 3) пятно в точке В не сместится, остальные сдвинутся к нему
  - 4) пятно в точке В исчезнет, остальные раздвинутся от точки В
3. Узкий пучок белого света после прохождения через стеклянную призму даёт на экране спектр. Укажите правильную последовательность цветов в спектре.
- 1) жёлтый – оранжевый – голубой – зелёный
  - 2) голубой – синий – зелёный – фиолетовый
  - 3) зелёный – голубой – синий – фиолетовый
  - 4) жёлтый – оранжевый – зелёный – голубой
4. При попадании солнечного света на капли дождя образуется радуга. Это объясняется тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, которые каплями воды по-разному
- 1) поглощаются
  - 2) отражаются
  - 3) поляризуются
  - 4) преломляются
5. При фотографировании удаленного предмета фотоаппаратом, объектив которого – собирающая линза с фокусным расстоянием  $F$ , плоскость фотопленки, для получения резкого изображения, должна находиться от объектива на расстоянии,
- 1) бóльшем, чем  $2F$
  - 2) равном  $2F$

- 3) между F и 2F  
 4) в точности равном F
6. Узкий пучок белого света в результате прохождения через стеклянную призму расширяется, и на экране наблюдается разноцветный спектр. Это явление объясняется тем, что призма
- 1) поглощает свет с некоторыми длинами волн
  - 2) окрашивает белый свет в различные цвета
  - 3) преломляет свет с разной длиной волн по-разному, разлагая его на составляющие
  - 4) изменяет частоту волн
7. Разложение белого света в спектр при прохождении через призму обусловлено
- 1) интерференцией света
  - 2) отражением света
  - 3) дисперсией света
  - 4) дифракцией света
8. Солнце стоит над горизонтом на высоте  $45^\circ$ . Определите длину тени, которую отбрасывает вертикально стоящий шест высотой 1 м.

- 1)  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  м
- 2) 1 м
- 3)  $\sqrt{2}$  м
- 4)  $2\sqrt{2}$  м

9. Луч красного света от лазера падает перпендикулярно на дифракционную решетку (см рисунок, вид сверху). На линии ABC стены будет наблюдаться



- 1) только красное пятно в точке В
  - 2) красное пятно в точке В и серия красных пятен на отрезке АВ
  - 3) красное пятно в точке В и серия симметрично расположенных относительно точки В красных пятен на отрезке АС
  - 4) красное пятно в точке В и симметрично от нее серия пятен всех цветов радуги
10. Маленькая лампочка в непрозрачном конусообразном абажуре освещает стол. Лампочка расположена в вершине конуса на высоте 1 м над поверхностью стола; угол при вершине конуса равен  $60^\circ$ . Каков радиус освещенного круга на столе?
- 1)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  м
  - 2) 0,5 м
  - 3)  $\sqrt{3}$  м

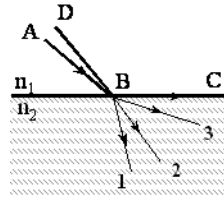
4)  $\frac{\sqrt{3}}{2} \text{ м}$

## 5. Типовые разноуровневые задачи для текущего контроля

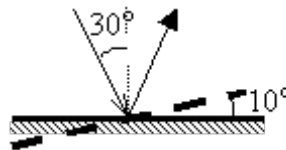
### Геометрическая оптика

#### Пороговый уровень

1. Луч АВ преломляется в точке В на границе раздела двух сред с показателями преломления  $n_1 > n_2$  и идет по пути ВС (см. рисунок). Если изменить угол падения луча и направить падающий луч по пути DB, то преломленный луч



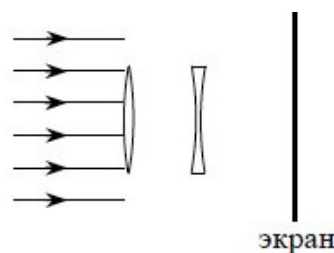
2. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



3. Собирающую линзу сложили вплотную с рассеивающей и полученную систему линз поместили на оптической скамье между лампочкой и экраном. Определить фокусное расстояние  $f$  рассеивающей линзы, если расстояние от предмета до системы линз  $a = 60$  см, от системы линз до экрана  $b = 40$  см и фокусное расстояние собирающей линзы  $f_1 = 8$  см.

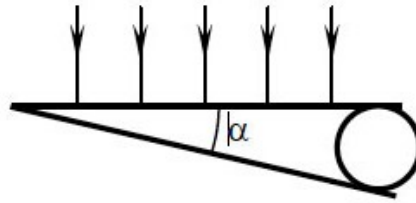
#### Базовый уровень

1. Параллельный световой пучок падает нормально на тонкую собирающую линзу. На расстоянии 20 см от нее находится рассеивающая линза (см. рисунок). Оптическая сила собирающей линзы 2,5 дптр, а у рассеивающей она равна -5 дптр. Диаметр линз равен 8 см. Экран расположен на расстоянии  $L = 30$  см от рассеивающей линзы. Каков диаметр светового пятна, создаваемого линзами на экране?



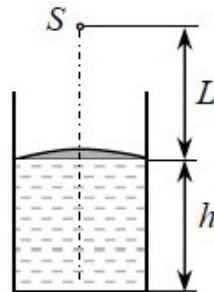
2. Между краями двух хорошо отшлифованных тонких плоских стеклянных пластинок

помещена тонкая проволочка, противоположные концы пластинок плотно прижаты друг к другу (см. рисунок). На верхнюю пластинку нормально к ее поверхности падает монохроматический пучок света длиной волны 600 нм. Определите угол  $\alpha$  который образуют пластинки, если расстояние между наблюдаемыми интерференционными полосами равно 0,6 мм. Считать  $\text{tg}\alpha \approx \alpha$ .



### Продвинутый уровень

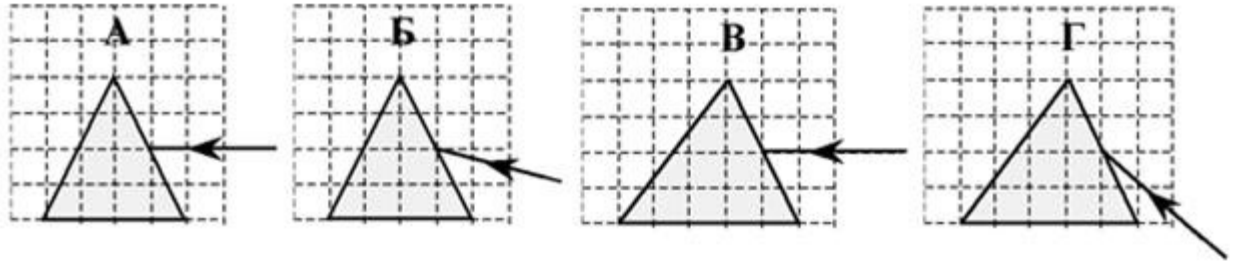
- Вы светите лазерной указкой на стену противоположного дома. Оцените расстояние до дома, если диаметр пятна на стене  $D = 20$  см (границы пятна оцениваются из условия, что в области пятна лучи, идущие от различных участков источника, не «гасят» друг друга), диаметр выходного пучка лазера  $d = 3$  мм, а длина волны  $\lambda = 600$  нм.
- В сосуде на поверхности воды плавает тонкая легкая плосковыпуклая линза выпуклой стороной вверх (см. рисунок). Фокусное расстояние линзы в воздухе  $F$ . Высота уровня воды в сосуде  $h$ . Изображение точечного источника света  $S$ , расположенного на расстоянии  $L$  от линзы на ее главной оптической оси, находится на дне сосуда. Найти показатель преломления воды. Считать, что  $L > F$ .



### Волновая оптика

#### Пороговый уровень

- Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Было выдвинуто предположение о том, что ширина пучка на экране за призмой зависит от угла при вершине призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта (см. рисунок) нужно провести для такого исследования?



2. Нарушение закона прямолинейного распространения света при огибании светом препятствия обусловлено ...

### Базовый уровень

1. Дифракционная решетка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 10,44 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 580 нм? Считать  $\sin \alpha \gg \text{tga}$ .
2. Какое число штрихов на единицу длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ( $\lambda = 550$  нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом  $19^\circ$ ? Считать, что  $\sin j = 0,33$ . Ответ выразите в ( $\text{мм}^{-1}$ ).
3. Период дифракционной решетки  $a + b = 0,01$  мм. Какое наименьшее число штрихов должна содержать решетка, чтобы две составляющие желтой линии натрия ( $\lambda = 5890 \text{ \AA}$  и  $\lambda = 5896 \text{ \AA}$ ) можно было видеть раздельно в спектре первого порядка? Определить наименьшую длину  $l$  решетки.

### Продвинутый уровень

1. Плоская монохроматическая световая волна падает по нормали на дифракционную решетку с периодом 5 мкм. Параллельно решетке позади нее размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 20 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между ее главными максимумами 1-го и 2-го порядков равно 18 мм. Найдите длину падающей волны. Ответ выразите в нанометрах (нм), округлив до целых. Считать для малых углов ( $j \ll 1$  в радианах)  $\text{tg} \phi \approx \sin \phi \approx \phi$ .
2. На дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на мм, перпендикулярно ей падает плоская монохроматическая волна. Какова длина падающей волны, если спектр 4-го порядка наблюдается в направлении, перпендикулярном падающим лучам? Ответ дайте в нанометрах.

## 6. Темы и задания лабораторных работ

### Геометрическая оптика

#### Лабораторная работа № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОКУСНЫХ РАССТОЯНИЙ ЛИНЗ

1. Измерить расстояние между линзой и экраном.
2. Вычислить  $F$ .
3. Вычислить  $L, \ell$ .



4. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 2. ПРЕЛОМЛЯЮЩИЕ СВОЙСТВА ЛИНЗ

1. Определить кардинальные точки и плоскости.
2. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 3. СФЕРИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ ЛИНЗ

1. Определить из экспериментальных данных фокусное расстояние  $f$ .
2. Измерить радиус  $R$  сферической поверхности линзы.
3. Определить показатель преломления  $n$  стекла, из которого она изготовлена.
4. Результаты каждого измерения занести в таблицу.
5. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 4. АСТИГМАТИЗМ. ХРОМАТИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ

1. Измерить хроматическую разность фокусных расстояний.
2. Выяснить функциональную зависимость астигматической разности от угла поворота линзы.
3. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА ПРИ ПОМОЩИ МИКРОСКОПА

1. Измерить толщину пластинки.
2. Вычислить показатель преломления стекла.
3. Обработать и проанализировать полученные результаты.
4. Вычислить показатель преломления стекла

### **Волновая оптика**

#### Лабораторная работа № 6. ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ КОЛЬЦА НЬЮТОНА

1. Объяснить основные закономерности, замеченные при наблюдении колец Ньютона.
2. Измерить диаметры  $D_m^*$  темных колец в делениях шкалы окулярного микрометра (в двух взаимно перпендикулярных направлениях).
3. Вычислить квадраты диаметров колец  $D_m^2 = (D_m^* \cdot \beta)^2$ .
4. Построить график зависимости  $D_m^2$  от номера кольца  $m$ .
5. Определить угловой коэффициент  $k_\alpha$  экспериментальной прямой.
6. Найти радиус  $R = k_\alpha / 4\lambda$  и фокусное расстояние плоско-выпуклой линзы  $f$ .
7. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОМОЩИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ КОЛЕЦ

1. Определить длину волны с помощью интерференционных колец для красного и зеленого светофильтров.
2. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ БИПРИЗМЫ

1. Определить  $\ell$ .
2. Измерить расстояние от щели до бипризмы  $b$ .
3. Измерить расстояние от щели до объектива микроскопа  $R$ .
4. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 9. ДИФРАКЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА НА ЩЕЛИ

1. Исследовать основные характеристики дифракционной картины при изменении ширины щели от 0 до 400 мкм.
2. С помощью полупроводникового фотоприемника измерить относительную интенсивность, проверить теоретическое соотношение между интенсивностью  $J(0)$  в центре картины и интенсивностью  $J_0$  падающего светового пучка.
3. Определить мощность излучения лазера.
4. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 10. ДИФРАКЦИЯ НА ОДНОЙ, ДВУХ и $N$ ЩЕЛЯХ

1. Путем измерения характерных расстояний определить координаты минимумов и максимумов в дифракционных картинах.
2. С помощью полупроводникового фотоприемника измерить интенсивность в максимумах.
3. Результаты измерений и вычислений представить в виде графика распределения интенсивности по координате вдоль дифракционной картины.

#### Лабораторная работа № 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

1. Определить длину волны с помощью дифракционной решетки.
2. Результаты каждого измерения занести в таблицу.
3. Обработать и проанализировать полученные результаты.

#### Лабораторная работа № 12. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОТ ДИЭЛЕКТРИКОВ

1. Определить степень поляризация света различных длин волн.
2. Произвести отсчет угла по шкале лимба и нониуса  $\beta_1$ .
3. Произвести измерения для зеленой и синей линии второго порядка и для всех трех линий первого порядка.
4. Произвести измерения углов дифракции  $\beta_2$  для этих же линий в спектре первого и второго порядков.

#### Лабораторная работа № 13. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОТ ДИЭЛЕКТРИКОВ

1. Определить угол Брюстера и показатель преломления.
2. Обработать и проанализировать полученные результаты.

## Раздел «Молекулярная физика»

### 1. Теоретические вопросы к экзамену

1. Экспериментальное обоснование молекулярно-кинетических представлений.
2. Микросостояния и макросостояния. Средние величины и флуктуации. Равновесные и неравновесные состояния и процессы.
3. Параметры макроскопической системы, задающие ее равновесное состояние. Моль. Число Авогадро.
4. Модель идеального газа. Газовые законы. Уравнение Клапейрона–Менделеева.
5. Основное уравнение МКТ для идеального газа.
6. Равномерное распределение энергии хаотического движения молекул по степеням свободы.
7. Распределение Максвелла и его экспериментальная проверка.
8. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
9. Определение постоянной Авогадро. опыты Перрена.
10. Столкновения молекул. Средняя длина свободного пробега молекул. Технический вакуум.
11. Кинетические явления в разреженных газах. Диффузия.
12. Кинетические явления в разреженных газах. Теплопроводность.
13. Кинетические явления в разреженных газах. Вязкость.
14. Внутренняя энергия как функция состояния. Внутренняя энергия идеального газа.
15. Количество теплоты и работа как функции процесса. Необратимые и обратимые процессы.
16. Первое начало термодинамики. Примеры его применения к различным процессам.
17. Теплоёмкость. Теплоемкость идеального газа в различных процессах.
18. Циклические процессы. Тепловая и холодильная машины. КПД тепловой машины.
19. Цикл Карно. Теорема Карно.
20. Необратимые и обратимые процессы. Энтропия как функция состояния и ее связь с теплотой для обратимых процессов.
21. Второе начало термодинамики.
22. Третье начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля
23. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса.
24. Внутренняя энергия реального газа.
25. Изотермы реального газа. Перегретая жидкость и переохлажденный пар. Критическое состояние.
26. Сжижение газов и получение низких температур.
27. Фазовые переходы первого и второго рода.
28. Диаграмма равновесия твердой, жидкой и газовой фаз. Тройная точка.
29. Равновесие фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
30. Свойства жидкого состояния. Равновесие жидкости и пара. Кипение.
31. Растворы. Осмотическое давление.
32. Жидкие кристаллы.
33. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение в жидкостях.
34. Смачивание. Формула Лапласа. Капиллярные явления.
35. Аморфные и кристаллические тела. Кристаллические решетки. Анизотропия свойств кристаллов.
36. Квантовые статистики.
37. Электроны в твердых телах. Уровень Ферми. Энергия Ферми.

38. Зонная теория твердых тел.
39. Теплоемкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти.
40. Теории теплоемкости Эйнштейна и Дебая.

### Типовые задачи для самостоятельного решения

1 В помещение нужно подать  $V=104$  м<sup>3</sup> воздуха при температуре  $t_1=18$  С и относительной влажности  $=50\%$ , забирая его с улицы при  $t_2=10$  С и относительной влажности  $=60\%$ . Сколько воды следует дополнительно испарить в подаваемый воздух? Давление насыщенного пара при  $t_1$  равно  $P_1=2,1 \cdot 10^3$  Па, а при  $t_2$  равно  $P_2=1,2 \cdot 10^3$  Па.

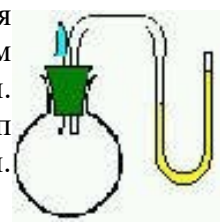
2 При какой максимальной относительной влажности воздуха на кухне бутылка молока, вынутая из холодильника, не будет запотевать? Температура в холодильнике  $t_1=5$  С, в комнате  $t_2=25$  С. Давление насыщенных паров воды при  $t_1$  равно  $P_1=866$  Па, при  $t_2$  равно  $P_2=3192$  Па.

3 В воздухе объемом 60 м<sup>3</sup> при температуре 15 С относительная влажность составляла 80%. Определите массу воды, которая может испариться в комнате при повышении температуры до 25 С.

4 В русской парной одним из основных элементов является печь-каменка, заполненная раскаленными камнями. Температуру в парной увеличивают, выплескивая маленькие порции воды на камни. Почему, когда подбрасывают воду на раскаленные камни печи, в парной становится суше?

5 Для каких целей коробочка гигрометра вставляется в оправу из полированного колечка, теплоизолированного от коробочки? Каков главный источник ошибки определения относительной влажности с помощью гигрометра?

6 Метод дефицита влажности состоит в следующем. Сухую колбу продувают исследуемым воздухом. Затем колбу затыкают пробкой с двумя выводами: в одном выводе пипетка с водой, другой соединен с водяным манометром. В колбу капают некоторое количество капель воды. Наблюдается повышение давления внутри колбы. Объясните принцип определения абсолютной и относительной влажности данным методом. Для чего следует предварительно продувать колбу?



7 Что такое адиабатическая атмосфера? Чем обусловлена ее конвективная устойчивость? Что такое критический градиент температуры?

8 Объясните, почему при повышении влажности воздуха конвективная устойчивость атмосферы нарушается?

9 В предгорных областях наблюдается погодное явление именуемое фенем. Скатывающиеся с гор массы воздуха являются очень сухими и теплыми. Фен оказывает иссушающее действие на растительность. Дайте физическое объяснение возникновения фена и его сухости.

10 Чем отличается пластическая деформация от упругой? Дайте словесный портрет зависимости напряжения от деформации в кристаллах.

11 Что собой представляет дислокация. Как представления о дислокациях объясняют низкий предел текучести?

12 Почему кованый клинок обладает большой прочностью?

18 Объясните зуб текучести.

19 Почему резиновый жгут сжимается при нагревании?

## 2. Темы и задания лабораторных работ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. Определение средней квадратичной скорости молекул воздуха, универсальной газовой постоянной и плотности воздуха методом откачки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. Измерение универсальной газовой постоянной

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. Определение коэффициента динамической вязкости воздуха

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. Определение показателя адиабаты воздуха методом Клемана-Дезорма

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. Измерение относительной влажности воздуха

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. Определение коэффициента диффузии воздуха и водяных паров по скорости испарения в капилляре

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. Определение коэффициента объемного расширения жидкости

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения жидкости от температуры

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. Определение удельной теплоты перехода воды в пар при температуре кипения

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10. Определение теплоемкости твердых тел

## Раздел «Атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц»

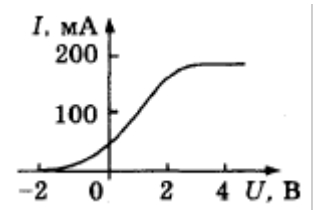
### 1. Типовые вопросы к экзамену

1. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа.
2. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно твердого тела. Закон смещения Вина, закон Стефана – Больцмана.
3. Формула Планка для излучательной способности абсолютно черного тела.
4. Оптические пирометры.
5. Фотоэффект. Фотоны. Уравнение Эйнштейна.
6. Давление света с квантовой точки зрения. опыты Лебедева.
7. Тормозное рентгеновское излучение.
8. Эффект Комптона.
9. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Статистическая интерпретация волновой функции.
10. Дифракция электронов: опыты Дэвиссона и Джермера, опыты Томсона.
11. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Измерения физических величин в квантовой механике.
12. Волновая функция и ее физический смысл. Принцип суперпозиции состояний. Уравнение Шрёдингера.
13. Уравнение Шрёдингера для стационарных состояний. Стандартные условия для волновой функции.
14. Квантование энергии частицы в потенциальной яме.
15. Частица в поле потенциальной ступеньки.
16. Туннельный эффект.
17. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора. Нулевая энергия.
18. опыты Резерфорда. Постулаты Бора. опыты Франка и Герца.
19. Модель атома водорода Резерфорда – Бора. Спектр атома водорода.
20. Квантование момента импульса и его проекции.
21. Спин электрона. Магнитный момент электрона. опыты Штерна и Герлаха.
22. Одноэлектронный атом. Квантовые числа электрона в атоме водорода.
23. Энергетические уровни и спектры атомов щелочных металлов.
24. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура энергетических уровней и спектральных линий атомов водорода и щелочных металлов.
25. Принцип Паули. Состояние электрона в многоэлектронном атоме. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева.
26. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
27. Природа химической связи.
28. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света.
29. Люминесценция. Правило Стокса.
30. Спонтанное и вынужденное излучения. Лазеры.
31. Экспериментальные методы ядерной физики: счетчики частиц, трековые камеры, фотоэмульсии, масспектрографы, ускорители заряженных частиц.
32. Свойства атомных ядер. Состав ядра. Нуклоны. Изотопы.
33. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.
34. Энергия связи ядра. Удельная энергия связи.
35. Капельная и оболочечная модели ядра.
36. Естественная радиоактивность.  $\alpha$ - и  $\beta$ -распады,  $\gamma$  - излучение. Правила смещения.
37. Закон радиоактивного распада. Активность. Радиоактивные семейства.

38. Теория альфа- и бета-распадов.
39. Ядерные реакции. Типы ядерных реакций. Энергия реакции.
40. Деление ядер. Цепные реакции. Ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах.
41. Реакция синтеза. Проблема управляемого термоядерного синтеза.
42. Проблемы радиационной экологии. Защита от ядерных излучений.
43. Частицы и античастицы. Космическое излучение.
44. Фундаментальные взаимодействия и классификация элементарных частиц.
45. Кварковая модель строения адронов.
46. Фундаментальные частицы. Частицы-участники и частицы-переносчики взаимодействий.

## 2. Типовые задачи к экзамену.

1. Для наблюдения эффекта Зеемана кальциевая дуга помещена в магнитное поле напряженностью 20000 Э и рассматривается спектральная линия 4226.7 А. Вычислить разность длин волн для смещенной и несмещенной компонент.
2. При каком запирающем потенциале прекратится эмиссия фотоэлектронов с цезиевого катода, освещаемого красным светом с длиной волны 600 нм?
3. Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из конденсатора емкости 100 пф и катушки индуктивности 0,1 мГн. Допустим, что амплитуда напряжения электрических колебаний равна 1 мВ. Оцените величину «естественной» переменной с размерностью действия и сравните ее с постоянной Планка.
4. Определите радиус первой Боровской орбиты и скорость электрона на ней.
5. Определите пределы, в которых находится энергия фотонов, соответствующих видимой части спектра.
6. Какой скоростью должен обладать электрон, чтобы иметь такой же импульс, как и фотон с длиной волны 0.1 нм?
7. Электрон, движущийся со скоростью 5000 км/с, попадает в однородное ускоряющее электрическое поле напряженностью 10 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в поле, чтобы длина волны де Бройля стала равной  $10^{-10}$  м.
8. Точечный источник света мощностью  $P_0=100$  Вт испускает свет с длиной волны  $\lambda=400$  нм. На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает  $n=60$  фотонов в секунду? Диаметр зрачка  $d=0,5$  см.
9. Точечный источник света мощностью  $P_0=100$  Вт испускает свет с длиной волны  $\lambda=400$  нм. На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает  $n=60$  фотонов в секунду? Диаметр зрачка  $d=0,5$  см.
10. Какова ширина одномерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками, если при переходе электрона со второго квантового уровня на первый излучается энергия 1 эВ?
11. Сравните длины волн де Бройля для электрона и шарика массой 0.1 г, имеющих одинаковые скорости.
12. Используя вольт-амперную характеристику некоторого вакуумного фотоэлемента (см. рисунок), найти работу выхода электрона из катода. Катод освещают светом с длиной волны  $\lambda=3,3 \cdot 10^{-7}$  м.
13. На металлическую пластину, красная граница фотоэффекта для которой  $\lambda_0 = 0,5$  мкм, падает фотон с длиной волны  $\lambda = 0,4$  мкм. Во сколько раз скорость фотона больше скорости



фотоэлектронов?

14. Плотность вольфрама равна  $19,1 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Относительная атомная масса вольфрама 184 а. е. м. Определите характерный размер атома вольфрама (считая атом шариком), и массу одного атома вольфрама.

15. Лампочка карманного фонаря потребляет мощность 1 Вт. Приняв, что эта мощность рассеивается во всех направлениях в виде излучения и что длина волны, соответствующая средней частоте равна 1 мкм, определите число фотонов, падающих на 1 кв.см. площадки, поставленной перпендикулярно к лучам на расстоянии 10 км, в течении 1 с.

16. Определите наибольшую длину световой волны, при которой еще может иметь место фотоэффект: для платины, для цезия.

17. Изобразите в масштабе схему уровней атома водорода. Указать на ней переходы, дающие серии Лаймана, Бальмера, Пашена.

18. Цезиевый катод фотоэлемента освещают светом натриевой лампы с длиной волны  $\lambda = 600$  нм. Определить скорость вырываемых из катода фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта для цезия  $\lambda_0 = 650$  нм.

### 3. Темы и задания для лабораторных работ:

РАБОТА 1. ИЗУЧЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ АБСОЛЮТНО ЧЕРНОГО ТЕЛА (ПРОВЕРКА ЗАКОНА СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА).

Построить график логарифма интенсивности излучения энергии от логарифма температуры.

Исследовать зависимость интенсивности излучения тела от его температуры.

РАБОТА 2. ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА АТОМА ВОДОРОДА.

Наблюдение видимого спектра излучения атома водорода.

Изучение спектральных закономерностей на основе виртуальной модели.

РАБОТА 3. ИЗУЧЕНИЕ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА.

Исследование зависимости фототока от разности потенциалов и длины волны облучаемого света.

Определение постоянной Планка по зависимости запирающего напряжения от частоты.

РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕТОДОМ ФРАНКА И ГЕРЦА.

Экспериментально измерить потенциал ионизации инертного газа.

Определить инертный газ.

РАБОТА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ГАММА-КВАНТОВ С ПОМОЩЬЮ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА.

Изучить работу сцинтилляционного счетчика.

Исследовать энергетический спектр  $\gamma$ -квантов фонового излучения.

РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОЙ ПОГЛОЩЕНИЯ И УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ.

Исследовать зависимость величины поглощения космического излучения от толщины поглощающего материала.

Изучить угловое распределение космических лучей.

РАБОТА 7. ЭФФЕКТ ХОЛЛА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ.

Исследовать эффект холла в германии.

Определить постоянную Холла.

РАБОТА 8. ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ.

Изучить зависимость электрического сопротивления проводников и полупроводников от температуры.

Вычислить температурные коэффициенты и энергию активации.



РАБОТА 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ  $\alpha$ -ЧАСТИЦ И ДЛИНЫ ИХ ПРОБЕГА В ВОЗДУХЕ.

Определить длину пробега  $\alpha$ -частиц.

Вычислить среднюю энергию  $\alpha$ -частиц.

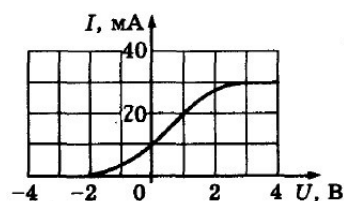
РАБОТА 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА  $\beta$ -ЧАСТИЦ ПО ДЛИНЕ ПРОБЕГА В МЕТАЛЛЕ.

Изучение энергетического спектра  $\beta$ -излучения.

Исследование длины и пробега  $\beta$ -излучения в металле.

4. Задачи для самостоятельного решения.

1. Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из конденсатора емкости 50 пф и катушки индуктивности 0,2 мГн. Допустим, что амплитуда напряжения электрических колебаний равна 1 мВ. Оцените величину «естественной» переменной с размерностью действия и сравните ее с постоянной Планка.
2. Плотность молибдена равна  $10,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Относительная атомная масса молибдена 96 а. е. м. Определите характерный размер атома молибдена (считая атом шариком), и массу одного атома молибдена.
3. Антенна радиостанции излучает радиоволны на частоте 2 МГц при мощности 1 кВт. Чему равно число фотонов, испускаемых за 1 с?
4. Вычислите число фотонов, испущенных за 1 с источником с силой света 1 кд. Испускается желтый свет с длиной волны 5600 А. Мощность источника с силой света 1 кд близка к 0,01 Вт. Источник света изотропен, а наблюдатель удален на расстояние 200 м. Вычислите число фотонов, попадающих в глаз наблюдателя за 1 с, если диаметр входного зрачка глаза равен 4 мм.
5. Точечный источник света мощностью  $P_0=10 \text{ Вт}$  испускает свет с длиной волны  $\lambda=500 \text{ нм}$ . На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает  $n=60$  фотонов в секунду? Диаметр зрачка  $d=0,5 \text{ см}$ .
6. Радиопередатчик мощностью  $P=1 \text{ МВт}$  излучает на частоте 1 МГц. Какова энергия в электрон-вольтах каждого излучаемого кванта? Сколько квантов излучается за каждый период колебаний электромагнитного поля?
7. Красная граница вольфрама равна 2300 А. Определите энергию электронов, вырываемых из поверхности ультрафиолетовым светом с длиной волны 1800 А.
8. Вычислите радиус первой боровской круговой орбиты электрона в атоме водорода и скорость движения электрона по этой орбите.
9. Длина волны видимого света лежит в интервале от 0,4 мкм до 0,75 мкм. В каком интервале заключены энергии квантов видимого света?
10. Катод фотоэлемента освещают светом с длиной волны  $\lambda=5000 \text{ А}$ . Мощность излучения, падающего на катод  $P=30 \text{ мВт}$ . При этом в цепи фотоэлемента сила тока  $I=1 \text{ мА}$ . Найти отношение числа падающих фотонов к числу выбитых фотоэлектронов.



11. При освещении фотоэлемента светом с длиной волны  $\lambda = 1,8 \cdot 10^{-7}$  м получили вольт-амперную характеристику, показанную на рисунке. Пользуясь вольт-амперной характеристикой, определить работу выхода электронов из фотокатода; число электронов, выбиваемых из фотокатода в единицу времени.
12. Эффект Зеемана. Между полюсами электромагнита помещена кальциевая дуга. Линия  $\lambda = 4226,7 \text{ \AA}$  испытывает нормальный эффект Зеемана в поле 30 тыс. эрстед. Подсчитайте:
13. а) разность частот смещенной и несмещенной составляющих;
14. б) разность в длинах волн этих составляющих.
15. Какой скоростью должен обладать электрон, чтобы иметь такой же импульс, как и фотон с длиной волны 0,1 нм?
16. Рассеяние рентгеновского излучения с длиной волны  $0,24 \cdot 10^{-2}$  нм на электронах наблюдается под углом  $30^\circ$ . Найти длину волны рассеянных под этим углом фотонов и угол рассеяния электронов отдачи.
17. Электрон разогнали в электрическом поле при напряжении 30 В. Найдите длину волны де Бройля этого электрона.
18. Одномерное движение частицы в потенциальной яме. Расстояние между стенками ямы равно  $a$  и стенки ямы бесконечно высокие: внутри ямы  $U=0$ , а за ее пределами  $U=\infty$ .
19. Угол рассеяния фотона в эффекте Комптона  $\Theta=90^\circ$ , угол отдачи электрона  $\phi=30^\circ$ . Определите энергию фотона до рассеяния.
20. **Атом водорода по Бору.** Вычислите радиус первой боровской круговой орбиты электрона в атоме водорода и скорость движения электрона по этой орбите.
21. **Закон Стефана-Больцмана.** Получите закон Стефана-Больцмана из формулы Планка.
22. **Закон смещения Вина.** Получите закон смещения Вина из формулы Планка.
23. **Дискретность уровней.** Учитывая тот факт, что орбитальный момент частицы может принимать значения только  $L = n\hbar$  ( $n$ -целое число), вычислите энергетический спектр электрона в потенциальной яме гиперболической формы -  $U \sim -1/r$  (легкие  $r$  атомы) и размеры области локализации.
24. **Дискретность уровней.** Учитывая тот факт, что орбитальный момент частицы может принимать значения только  $L = n\hbar$  ( $n$ -целое число), вычислите энергетический спектр электрона в потенциальной яме параболической формы -  $U \sim kr^2$
25. **Барьерная задача.** Найти пространственное распределение волновой функции прямолинейно равномерно двигающейся частицы с энергией  $E$  при наскоке ее на потенциальный барьер высоты  $U_0$  и конечной длины  $b$ . Рассмотреть случай  $E < U_0$ .

## 5. Типовые задачи для контрольных работ.

1. Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из конденсатора емкости 10 пф и катушки индуктивности 0,1 мГн. Допустим, что амплитуда напряжения электрических колебаний равна 10 мкВ. Оцените величину «естественной» переменной с размерностью действия и сравните ее с постоянной Планка.
- 2.

3. Плотность вольфрама равна  $19,1 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Относительная атомная масса вольфрама 184 а. е. м. Определите характерный размер атома вольфрама (считая атом шариком), и массу одного атома вольфрама.

4.

5. Сколько фотонов ежесекундно испускает нить электрической лампы полезной мощности  $P=1 \text{ Вт}$ , если длина волны излучения, соответствующей средней энергии фотона,  $\lambda=1 \text{ мкм}$ ?

6.

7. Точечный источник света мощностью  $P_0=100 \text{ Вт}$  испускает свет с длиной волны  $\lambda=400 \text{ нм}$ . На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает  $n=60$  фотонов в секунду? Диаметр зрачка  $d=0,5 \text{ см}$ .

8.

9. Чувствительность сетчатки глаза к желтому свету с длиной волны  $\lambda=600 \text{ нм}$  составляет  $P=1,7 \times 10^{-18} \text{ Вт}$ . Сколько фотонов должно падать ежесекундно на сетчатку, чтобы свет был воспринят?

10.

11. На металлическую пластину, красная граница фотоэффекта для которой  $\lambda_0 = 0,5 \text{ мкм}$ , падает фотон с длиной волны  $\lambda = 0,4 \text{ мкм}$ . Во сколько раз скорость фотона больше скорости фотоэлектронов?

12.

13. Цинковую пластинку освещают ультрафиолетовым светом с длиной волны  $\lambda=300 \text{ нм}$ . На какое максимальное расстояние от пластинки может удалиться фотоэлектрон, если вне пластинки создано задерживающее электрическое поле с напряженностью  $E=10 \text{ В/см}$ ?

14.

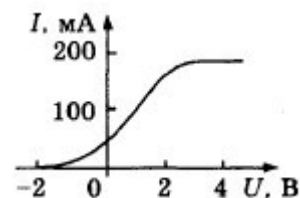
15. Цезиевый катод фотоэлемента освещают светом натриевой лампы с длиной волны  $\lambda=600 \text{ нм}$ . Определить скорость вырываемых из катода фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта для цезия  $\lambda_0=650 \text{ нм}$

16.

17. Вольфрамовую пластину освещают светом с длиной волны  $\lambda=2000 \text{ \AA}$ . Найти максимальный импульс вылетающих из пластины электронов.

18.

19. Используя вольт-амперную характеристику некоторого вакуумного фотоэлемента (см. рисунок), найти работу выхода электрона из катода. Катод освещают светом с длиной волны  $\lambda=3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .



20. Эффект Зеемана. Между полюсами электромагнита помещена кальциевая дуга. Линия  $\lambda = 4226,7 \text{ \AA}$  испытывает нормальный эффект Зеемана в поле 30 тыс. эрстед.

Подсчитайте:

- разность частот смещенной и несмещенной составляющих;
- разность в длинах волн этих составляющих.

21. Какой скоростью должен обладать электрон, чтобы иметь такой же импульс, как и фотон с длиной волны  $0,1 \text{ нм}$ ?

22. Одномерное движение частицы в потенциальной яме. Расстояние между стенками ямы равно  $a$  и стенки ямы бесконечно высокие: внутри ямы  $U=0$ , а за ее пределами  $U=\infty$ . Вычислить энергетический спектр электрона.