

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

дисциплины

Физика

Специальность:

35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств

Профиль:

Технология деревообрабатывающих производств

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения:

Очная

**Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

**Кафедра: Физики**


Белгород – 2018

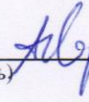
Фонд оценочных средств (ФОС) дисциплины представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов ( типовые задачи ( задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Фонд оценочных средств составлен на основании требований:

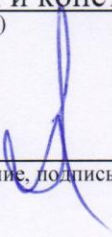
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2018 г. №1164.
- Плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова.
- Рабочей программы дисциплины

Составитель: кандидат физ.-мат. наук  (А. В.Сабылинский)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Заведующий кафедрой: кандидат физ.-мат. наук  (А.В.Корнилов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

«11» 04 2018 г.

Фонд оценочных средств согласован с выпускающей кафедрой  
Строительного материаловедения, изделий и конструкций  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  (В.С. Лесовик)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

«09» 04 2018 г.

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	способность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технологических проблем лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> обозначения и размерности физических величин; основные законы, явления и понятия курса общей физики.</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться приборами и оборудованием; проводить физический эксперимент; обрабатывать результаты физического эксперимента; применять законы физики для решения практических задач.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой, а также обрабатывать полученную информацию; применять физические закономерности в своей практической деятельности.</p>

## ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	252	108	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	102	51	51
лекции	34	17	17
лабораторные	34	17	17
практические	34	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	150	57	93
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Расчетно-графическое задания			
Индивидуальное домашнее задание	18	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	132	48	48
Форма промежуточная аттестация	3,Э	Зачет	Экзамен(36)

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

**2.1 Компетенция ОПК-2** Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Математика
2	Физика
3	Экология
4	Теоретическая механика
5	Соппротивление материалов
6	Геология и механика грунтов
7	Геодезия
8	Строительное материаловедение
9	Основы гидравлики и теплотехники
10	Электротехника
11	Водоснабжение, водоотведение. Теплогазоснабжение и вентиляция
12	Техническая термодинамика. Тепломассообмен
13	Аэрогидродинамика инженерных систем
14	Насосы, вентиляторы, компрессоры
15	Теоретические основы создания микроклимата и строительная теплофизика

На стадии изучения дисциплины Физики компетенция формируется следующими этапами.

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Основные понятия и методы математического анализа и статистики; процессы сбора, хранения, обработки и анализа информации, основные понятия и явления физики, необходимые в профессиональной деятельности	Использовать математические и технические методы сбора, хранения, обработки и анализа данных, определять сущность физико-химических процессов, происходящих в различных природных и искусственных средах.	Навыками использования теоретических основ базовых разделов математики и естественнонаучных дисциплин при решении конкретных задач физики и смежных задач
Виды занятий	Вопросы к экзамену, контрольные вопросы к лабораторным работам, тесты.	Вопросы к экзамену, задачи для самостоятельного решения, ИДЗ	Лабораторные работы; задачи для самостоятельного решения; экзамен, зачет
Используемые средства оценивания	Вопросы к экзамену, контрольные вопросы к лабораторным работам, тесты.	Вопросы к экзамену, задачи для самостоятельного решения, ИДЗ	Лабораторные работы; задачи для самостоятельного решения; экзамен, зачет

На данной стадии используются следующие показатели и критерии сформированности компетенции.

Этапы освоения Уровни освоения	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Сформулированные систематизированные знания основных понятий и методов математического анализа и статистики; процессов сбора, хранения, обработки и анализа информации, основных понятий и явления физики, необходимые в профессиональной деятельности	Успешное применение навыков использования математических и технических методов сбора, хранения, обработки и анализа экспериментальных данных, определения сущности физико-химических процессов, происходящих в различных природных и искусственных средах.	Успешное применение навыков использования теоретических основ базовых разделов математики и естественнонаучных дисциплин при решении конкретных задач физики и смежных задач.
Хорошо (базовый уровень)	Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы в знаниях методов математического анализа и статистики; процессов сбора, хранения, обработки и анализа информации, основных понятий и явлений физики, необходимых в профессиональной деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении самостоятельно использовать математические и технические методы сбора, хранения, обработки и анализа экспериментальных данных, определения сущности физико-химических процессов, происходящих в различных природных и искусственных средах.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении самостоятельно использовать теоретические основы базовых разделов математики и естественнонаучных дисциплин при решении конкретных задач физики и смежных задач.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	В целом удовлетворительные, но не систематизированные умения применения методов математического анализа и статистики; обработки и анализа информации, основных понятий и явлений физики, необходимых в профессиональной деятельности	В целом удовлетворительные, но не систематизированные умения самостоятельно использовать математические и технические методы сбора, хранения, обработки и анализа экспериментальных данных, определения сущности физико-химических процессов.	В целом удовлетворительные, но не систематизированные умения самостоятельно использовать теоретические основы базовых разделов математики и естественнонаучных дисциплин при решении конкретных задач физики и смежных задач.

### 3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Текущий контроль осуществляется в течение семестров в форме защиты лабораторных работ, решения домашних задач, защиты коллоквиумов, которые включают сдачу теоретического материала и решение задач по каждой теме. Текущий контроль изучения теоретического материала возможен с использованием тестирования.

#### 3.1. Фонд оценочных средств для мероприятий текущего контроля обучающихся по дисциплине «Физика»

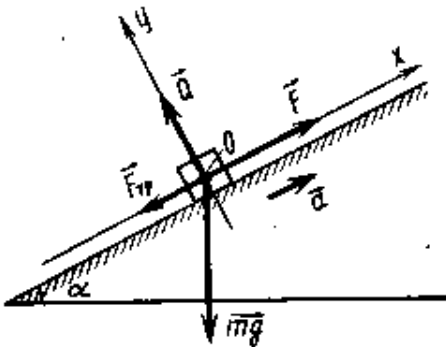
##### Семестр 1. Механика, механические колебания и волны, молекулярная физика и термодинамика.

###### 3.1.1. Содержание практических занятий

1. Кинематика и динамика поступательного движения.
2. Кинематика и динамика вращательного движения.
3. Механическая работа, мощность. Законы сохранения и изменения в механике.
4. Механика твердого тела
5. Механические колебания. Упругие волны
6. Законы идеального газа.
7. Основы термодинамики. Первое начало термодинамики.
8. Тепловые машины. Цикл Карно.
9. Энтропия. Уравнение реального газа.

###### Примеры задач, решаемых на семинарах.

**Задача 1.** Автомобиль, масса которого равна 5 т, начинает движение по прямой дороге с уклоном  $10^\circ$  под действием постоянной силы тяги 20 кН. Коэффициент сопротивления (отношение силы сопротивления к силе нормального давления) равен 0,1. Какое расстояние пройдет автомобиль за 10 с после начала движения? Какова скорость автомобиля к концу десятой секунды?



**Решение:** На рис. изображены силы, приложенные к центру тяжести автомобиля, и координатные оси системы отсчета, связанной с полотном дороги. Так как все силы постоянны, то движение автомобиля будет равнопеременным с увеличивающейся скоростью, т. е. вектор ускорения направлен в сторону движения. Тогда искомые расстояние и скорость автомобиля можно найти из кинематических соотношений

$$l = at^2 / 2, \quad (1) \quad v = at \quad (2)$$

Итак, решение задачи сводится к нахождению ускорения. Запишем основное уравнение динамики:  $F + Q + F_c + mg = ma$ .

Ему эквивалентна система уравнений для проекций векторов на выбранные координатные оси:

$$F_x + Q_x + (F_c)_x + mg_x = ma_x, \quad F_y + Q_y + (F_c)_y + mg_y = ma_y, \quad (3)$$

Откуда получим

$$F - F_c - mg \sin \alpha = ma, \quad Q - mg \cos \alpha = 0. \quad (4)$$

Добавляя к этим уравнениям соотношение  $F_c = \mu Q$  (5), получим систему трех уравнений с тремя неизвестными (уравнения (3), (4) и (5)). Из уравнения (4) следует, что  $Q = mg \cos \alpha$ . Подставив это выражение в (5), получим  $F_c = \mu mg \cos \alpha$ . Тогда уравнение (3) будет иметь вид

$$F - \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma,$$

откуда

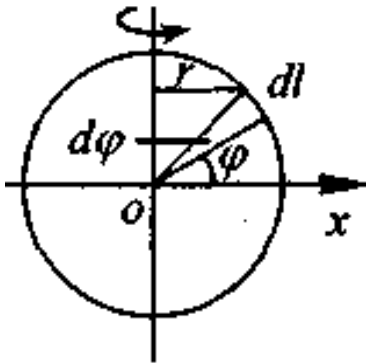
$$F - mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = ma.$$

Подставив значение ускорения из (6) в уравнения (1) и (2), получим

$$l = \frac{F - mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{2m} t^2 = 67 \text{ м};$$

$$v = \frac{F - mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{2m} t = 13 \text{ м/с}$$

**Задача 2.** Найдите момент инерции обруча радиусом  $R$  и массой  $m$  относительно оси, проходящей через его центр и лежащей в плоскости обруча.



**Решение.** Момент инерции однородного тела находится по формуле:

$$I = \int_m r^2 dm.$$

Интегрирование данного выражения производится по всем точкам тела, где  $r$  - расстояние от выбранной точки до оси вращения.

Выделим на обруче элемент длиной  $dl$ , массой  $dm = \frac{m}{2\pi R} dl$ .

Положение элемента  $dl$  относительно центра обруча можно определить углом  $\varphi$  и радиус-вектором  $\vec{r}$ . При этом

$dl = R d\varphi, r = R \cos \varphi$ . Тогда

$$dl = \frac{m}{2\pi R} \int R \cos^2 \varphi R d\varphi$$

Для нахождения момента инерции обруча интегрируем выражение  $\varphi_1 = -\frac{\pi}{2}$  до  $\varphi_2 = \frac{\pi}{2}$ , полученный результат необходимо удвоить:

$$I = \frac{2mR^2}{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^2 \varphi d\varphi = \frac{mR^2}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{1 + \cos 2\varphi}{2} d\varphi = \frac{mR^2}{2\pi} \left[ \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\varphi + \frac{1}{2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos 2\varphi d\varphi \right] =$$

$$= \frac{mR^2}{2\pi} \left( \varphi + \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) \Big|_{-\pi/2}^{\pi/2} = \frac{mR^2}{2\pi} \pi + \sin \pi = \frac{mR^2}{2}.$$

**Задача 3.** В сосуде содержится идеальный газ при нормальных условиях. Объем сосуда  $V=30$ . После того, как часть газа была медленно откачена, давление газа в сосуде снизилось на  $\Delta P=0,78 \text{ атм}$ . Определить массу откаченного газа. (Плотность газа при нормальных условиях  $\rho=1,3 \text{ г/л}$ ).

**Решение.** До решения задачи необходимо проанализировать условия, при которых газ имеет температуру  $T_0 = 273^0 \text{ К} (0^0 \text{ С})$  и давление  $p_0 = 1 \text{ атм} (1 \text{ атм} \approx 10^5 \text{ Па} = 10^5 \text{ Н/м}^2)$ .

По условию, откачивание газа производится медленно, поэтому можно считать, что процесс является равновесным и температура газа остается неизменной ( $T = T_0 = \text{const}$ ).

Состояние идеального газа можно описать с помощью уравнения Менделеева-Клайперона:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

$P$ - давление газа;  $V$ - объем;  $m$ -масса газа;  $\mu$  - молярная масса газа – моль;

$R$ - универсальная газовая постоянная ( $R = kN_0 = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}^0}$ );

$T$  – температура (по шкале Кельвина).

Применительно к условию данной задачи состояния газа до и после откачки газа можно записать уравнения:

$$\text{До откачки} \quad P_0 V = \frac{m}{\mu} RT_0 \quad (2)$$



После откачки  $(P_0 - \Delta P)V = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT_0$  (3)

Неизвестную начальную массу вычислим, используя определение плотности:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

откуда  $m = \rho V$  (5)

Вычитая из (2) уравнение (3) получим:

$$\Delta PV = \frac{\Delta m}{\mu} RT_0 \quad (6)$$

Используя уравнения (2) и (5), определим молярную массу газа:

$$\mu = \frac{\rho RT_0}{P_0} \quad (7)$$

Подставив последнее выражение (7) в уравнение (6) найдем массу откаченного газа:

$$\Delta m = \frac{\Delta PV \mu}{RT} = \frac{\Delta PV \rho RT_0}{RT_0 P_0} = \frac{\Delta PV \rho}{P_0} = 0,03 \text{ кг}$$

### Перечень индивидуальных домашних заданий

**ИДЗ 1:** Кинематика и динамика поступательного и вращательного движения материальной точки. Динамика вращательного движения твердого тела. Законы сохранения в механике. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Основные законы термодинамики.

#### Пример ИДЗ:

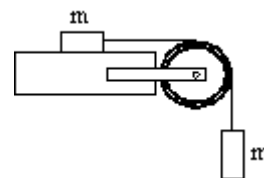
##### Расчетно-графическое задание № 1

##### Вариант 8

1. Поезд движется со скоростью  $V_0=36$  км/ч. Если выключить ток, то поезд, двигаясь равномерно, останавливается через время  $t=20$ с. Каково ускорение поезда? На каком расстоянии  $s$  до остановки надо выключить ток?
2. Точка движется по окружности радиусом 2м согласно уравнению  $\varphi=A*t^{**3}$ , где  $A=2\text{м/с}^{**3}$ . В какой момент времени нормальное ускорение точки будет равно тангенциальному? Определить полное ускорение в этот момент.
3. Граната, летящая со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка. Большой осколок, масса которого составляла 60% массы всей гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении, но с увеличенной скоростью, равной 25 м/с. Найти скорость меньшего осколка.
4. Грузик, привязанный к шнуру длиной 50 см, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Какой угол образует шнур с вертикалью, если частота вращения  $n=1$  с<sup>\*\*(-1)</sup>?
5. При вертикальном подъеме груза массой  $M=2$ кг на высоту  $h=1$  м. постоянной силой  $F$  была совершена работа  $A=78.5$  Дж. С каким ускорением поднимали груз?
6. Два шара подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Масса первого шара 0.2 кг, масса второго 100 г. Первый шар отклоняют так, что его центр поднимается на высоту 4.5 см, и опускают. На какую высоту поднимутся шары после соударения, если: 1) удар упругий, 2) удар неупругий?
7. Определить момент инерции  $I$  материальной точки массой  $m = 0,3$  кг относительно оси, отстоящей от точки на  $r = 20$  см.
8. Два тела массами  $m_1 = 0,25$  кг и  $m_2 = 0,15$  кг связаны тонкой нитью, переброшенной через блок. Блок укреплен на краю горизонтального стола, по поверхности которого скользит тело массой  $m_1$ . С каким ускорением  $a$  движутся тела и каковы силы  $T_1$  и  $T_2$  натяжения нити по обе стороны от блока? Коэффициент трения  $f$  тела о поверхность стола равен 0,2. Масса  $m$  блока равна 0,1 кг и её можно



считать равномерно распределённой по ободу. Массой нити и трением в подшипниках оси блока пренебречь.



9. Платформа в виде диска радиусом равным 1 м вращается по инерции с частотой  $n_1 = 6 \text{ мин}^{-1}$ . На краю платформы стоит человек, масса которого 80 кг. С какой частотой будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы равен  $120 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Момент инерции человека рассчитать как для материальной точки.

10. Маховик в виде диска массой 80 кг и радиусом 30 см находится в состоянии покоя. Какую работу  $A_1$  нужно совершить, чтобы сообщить маховику частоту равную  $10 \text{ с}^{-1}$ ? Какую работу  $A_2$  пришлось бы совершить, если бы при той же массе диск имел меньшую толщину, но вдвое больше радиус?

11. Большая ось орбиты первого в мире искусственного спутника Земли меньше большой оси орбиты второго спутника на 800 км. Период обращения вокруг Земли первого спутника в начале его движения был равен 96,2 мин. Найти: 1) величину большой оси орбиты второго искусственного спутника Земли, 2) период его обращения вокруг Земли.

12. Из резинового шнура длиной в 42 см и радиусом 3 мм сделана рогатка. Мальчик, стреляя из рогатки, растянул резиновый шнур на 20 см. Найти, чему равен модуль Юнга для этой резины, если известно, что камень весом 0,02 кг, пущенный из рогатки, полетел со скоростью 20 м/сек. Изменением сечения шнура при растяжении пренебречь.

13. Уравнение колебания материальной точки массой  $m=16 \text{ г}$  имеет вид  $x=0.1 \cdot \sin(\pi/8 \cdot t + \pi/4) \text{ м}$ . Построить график зависимости от времени  $t$  (в пределах одного периода) силы  $F$ , действующей на точку. Найти максимальную силу  $F_{\text{max}}$ .

14. Точка участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и описываемых уравнениями: 1)  $X=A \cdot \sin(W \cdot t)$ ,  $Y=A \cdot \cos^2(W \cdot t)$ ; 2)  $X=A \cdot \cos(W \cdot t)$ ,  $Y=A \cdot \sin^2(W \cdot t)$ ; 3)  $X=A \cdot \cos^2(W \cdot t)$ ,  $Y=A \cdot \cos(W \cdot t)$ ; 4)  $X=A \cdot \sin(W \cdot T)$ ,  $Y=A \cdot \cos(W \cdot t)$ .

15. Физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень массой  $m$  с укрепленным на нем маленьким шариком массой  $m$ . Маятник совершает колебания около горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$  на стержне. Определить период  $T$  гармонических колебаний маятника для случаев а, б, в, г. Длина  $L$  стержня равна 1 м. Шарик рассматривать как материальную точку.

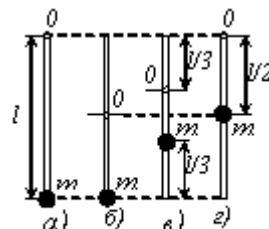


Рис. 6.8

16. Период затухающих колебаний 4 с. логарифмический декремент затухания 1,6, начальная фаза равна нулю. Смещение точки при  $t=T/4$  равно 4,5 см, 1) Написать уравнение движения этого колебания. 2) Построить график этого колебательного движения в пределах двух периодов.

17. Тело массой  $m=10 \text{ г}$ . совершает затухающие колебания с максимальной амплитудой 7 см. начальной фазой, равной нулю, и коэффициентом затухания  $1,6 \text{ с}^{-1}$ . На это тело начала действовать внешняя периодическая сила, под действием которой установились вынужденные колебания. Уравнение вынужденных колебаний имеет вид  $X=5 \sin(10 \pi t - 0.75 \pi)$  см. Найти (с числовыми коэффициентами): 1) уравнение собственных колебаний, 2) уравнение внешней периодической силы.

18. В сосуде вместимостью 5 л находится однородный газ количеством вещества 0,2 моль. Определить, какой это газ, если его плотность  $1,12 \text{ кг/м}^3$ .

19. Кислород при нормальных условиях заполняет сосуд вместимостью 11,2 л. Определить количество вещества газа и его массу.

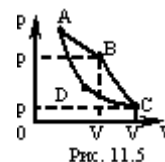
20. Какое число молекул  $N$  находится в комнате объемом  $V=80 \text{ м}^3$  при температуре  $t=17 \text{ С}$  и давлении  $P=100 \text{ кПа}$  ?

21. Найти отношение удельных теплоемкостей  $C_p/C_v$  для кислорода.

22. Газ расширяется адиабатически, и при этом объем его увеличивается вдвое, а температура (абсолютная) падает в 1,32 раза. Какое число степеней свободы имеют молекулы этого газа?

23. 7,5 л кислорода адиабатически сжимаются до объема 1 л, причем в конце сжатия установилось давление 1,6 МПа. Под каким давлением находился газ до сжатия?

24. Идеальный двухатомный совершает цикл Карно, график которого изображен на рис. Объемы газа в состояниях В и С соответственно  $V_1=12$  л и  $V_2=16$  л. Найти термический КПД  $\eta$  цикла.



25. Какая масса водяного пара содержится в объеме  $V=1\text{м}^3$  воздуха в летний день при температуре  $t=30\text{град.С}$  и влажности  $w=0.75$ ?

### 3.1.2.Лабораторные работы

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы.

**Вопросы для защиты лабораторных работ** приведены в конце каждой лабораторной работы практикума:

1. Лабораторный практикум: <http://fizik.bstu.ru>

2. Сабылинский, А. В. Лукьянов Г.Д. Физика в задачах: учебное пособие для студентов очной формы обучения всех специальностей, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 163с.

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040920424320928600008276>

3. Виноглядов В. Н. [и др.] Ч.1 «Механика»: лаб. Практикум, Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 114с.

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917384466917800004129>

4. Сабылинский А. В. [и др.] Ч.2 «Молекулярная физика. Термодинамика», лаб. Практикум, Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 44с.

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917384269006900005988>

**Пример лабораторной работы:**

#### Лабораторная работа 0-1

**Определение ускорение свободного падения с помощью математического маятника.**

**Цель работы:** получение и закрепление навыков обработки результатов прямых, косвенных и совместных измерений.

**Упражнение 1. Порядок обработки прямых измерений. Определение периода колебаний математического маятника.**

1. Получите у преподавателя значения длины нити математического маятника  $l$  и числа измерений  $n$  периода колебаний.

2. Проведите  $n$  измерений периода колебаний маятника, результаты этих измерений внесите в **табл.0.1**.

**Таблица 0.1**

$N_{\text{изм}}$	1	2	3	4	5	$\Sigma$
$T_i$						
$T_i - \langle T \rangle^2$						

3. Просуммируйте все значения  $t_i$  и данную сумму занесите в соответствующую графу  $\Sigma$ .

Используя значение этой суммы, по формуле  $\langle x \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  найдите среднее значение периода колебаний математического маятника.

4. Зная  $\langle T \rangle$ , заполните окончательно **табл.0.1**, используя данные этой таблицы, найдите дисперсию среднего значения периода колебаний маятника по формуле  $S_{\langle x \rangle}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2}{n \cdot (n-1)}$ .

5. Найдите среднеквадратичное отклонение среднего значения по формуле

$$S_{\langle T \rangle} = \sqrt{S_{\langle T \rangle}^2}$$

6. Задаваясь вероятностью  $p = 0.95$  и зная число степеней свободы  $k = n - 1$ , определите по **табл. из приложения** значение параметра Стьюдента  $t_{p,k}$ . ( $t_{p,k} = 2, 8$ ). Результат измерения периода колебаний запишите в виде

$$T = \langle T \rangle \pm t_{p,k} \cdot S_{\langle T \rangle} .$$

**Упражнение 2. Обработка результатов косвенных измерений. Определение ускорения свободного падения**

1. Запишите в **табл.0.2** значения периода колебаний маятника. Эти данные возьмите из упражнения 1.

**Таблица 0.2**

$N_{изм}$	$T_i$	$S_{\langle T \rangle}$	$l$	$S_{\langle l \rangle}$	$g$	$S_{\langle g \rangle}$
1						
2						
3						
4						
5						
$\Sigma$						

2. Затем по формуле  $\langle g \rangle = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{\langle T^2 \rangle}$  вычислите среднее значение ускорения.

3. Вычислите дисперсию ускорения свободного падения по формуле

$$S_{\langle g \rangle}^2 = \left( \frac{4 \cdot \pi^2}{\langle T^2 \rangle} \right)^2 \cdot S_l^2 + \left( \frac{-8 \cdot \pi^2 \cdot l}{\langle T^3 \rangle} \right)^2 \cdot S_{\langle T \rangle}^2 + \left( \frac{8 \cdot \pi \cdot l}{\langle T^2 \rangle} \right)^2 \cdot S_{\pi}^2$$

В качестве дисперсии длины маятника берется квадрат приборной погрешности. Дисперсия числа  $\pi$  находится из таблицы. (см. Приложение). Для  $\pi = 3.14$  его дисперсия равна 0.0016.

4. Найдите среднеквадратичное отклонение ускорения по формуле

$$S_{\langle g \rangle} = \sqrt{S_{\langle g \rangle}^2}$$

5. Результат измерения ускорения запишите в виде

$$g = \langle g \rangle \pm S_{\langle g \rangle}$$

**Упражнение 3. Порядок обработки совместных измерений. Определение ускорения свободного падения**

В этом упражнении необходимо определить ускорение свободного падения из совместных измерений длины математического маятника и его периода колебаний.

Период колебаний математического маятника вычисляется по формуле  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ .

Для того, чтобы воспользоваться методом обработки совместных измерений для зависимости  $y = A \cdot x$  введем следующие обозначения:

$$y = T; \quad x = \sqrt{l}; \quad A = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{g}}$$

Таким образом, зная экспериментальную зависимость  $T = f(\sqrt{l})$  или  $y = A \cdot x$ , можем вычислить коэффициент  $A$ . Затем из соотношения  $g = \frac{4 \cdot \pi^2}{A^2}$  вычислим ускорение свободного падения.

1. Получите у преподавателя значение пяти различных длин  $l$  и для заданных значений длин математического маятника определите период его колебаний.
2. Полученные данные запишите в **табл.0.3** (графы 2,3). В соответствии с вышеприведенными обозначениями заполните графы 4 и 5

**Таблица 0.3**

1	2	3	4	5	6	7	8
$N_{изм}$	$l_i$	$T_i$	$x_i$	$y_i$	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2$	$y_i - A \cdot x_i$
1							
2							
3							
4							
5							
$\Sigma$							

3. Проведите соответствующие вычисления и заполните графы 6,7 **табл.0.3**. В графу  $\Sigma$  вносится сумма соответствующих колонок.

4. По формуле  $A = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$  вычислите значения параметра  $A$ .

5. Проведите соответствующие расчеты и заполните графу 8.

Далее по формуле  $S_A^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - A \cdot x_i)^2}{n-1}$  вычислите дисперсии параметра  $A$ .

6. По формуле  $g = \frac{4 \cdot \pi^2}{A^2}$  вычислите ускорение свободного падения.

7. По формуле  $S_{\langle g \rangle}^2 = \left(\frac{8 \cdot \pi}{A^2}\right)^2 \cdot S_{\pi}^2 + \left(-\frac{8 \cdot \pi^2}{A^3}\right)^2 \cdot S_A^2$  вычислите среднеквадратичное отклонение ускорения свободного падения.

клонение ускорения свободного падения.

8. Окончательный результат запишите в виде  $g = \langle g \rangle \pm S_{\langle g \rangle}$ .

9. В координатах  $XOY$  постройте график зависимости  $y = A \cdot x$ , там же нанесите звездочками экспериментальные точки  $(x_i, y_i)$ .

**Для защиты лабораторной работы необходимо:**

- а) выполнить экспериментальную часть работы, произвести обработку результатов в соответствии с требованиями, приведенными в лабораторном практикуме;
- б) подготовить ответы на контрольные вопросы и решить задачи.

### Вопросы для защиты лабораторных работ

#### Пример 1: Обработка результатов прямых, косвенных и совместных измерений.

##### Контрольные вопросы

1. Дайте определение основным видам погрешностей. Приведите примеры.
2. Как установить наличие случайных погрешностей при проведении измерений?
3. Как установить наличие систематических погрешностей при проведении измерений?

4. Как установить наличие "промахов" при проведении измерений? Как отбраковываются промахи?
  5. Объясните, что понимается под генеральной совокупностью измеряемой величины  $x$ , и ее выборки.
  6. Дайте определение среднего значения выборки, дисперсии, дисперсии среднего значения и среднеквадратичного отклонения.
  7. Что такое прямые, косвенные и совместные измерения? Приведите примеры.
  8. Объясните на числовом примере порядок обработки прямых измерений. Для чего используется коэффициент Стьюдента.
  9. Объясните на примере два метода обработки косвенных измерений.
  10. Для совместных измерений на примере линейной зависимости объясните сущность метода наименьших квадратов.
  11. Используя условие наименьших квадратов, выведите формулу для вычисления параметра  $A$  в линейной зависимости  $y = A \cdot x$ .
  12. Как записывают окончательный результат прямых измерений?
  13. Как проверяют гипотезу о соответствии экспериментальных данных предполагаемой зависимости? Что такое критерий Фишера?
  14. Как находится дисперсия адекватности и дисперсия воспроизводимости?
  15. Как проверяют гипотезу о равенстве средних значений двух выборок?
- Приведите несколько примеров использования критерия о проверке равенства средних значений двух выборок.

### **Пример 2: Лабораторная работа №1-5: Соударение шаров.**

1. На примере двух частиц вывести закон изменения импульса этой системы. Сформулировать условия, при которых сохраняется импульс системы или его проекция. Что такое внешние и внутренние силы.
2. Дать понятие механической работы. Привести формулу для нахождения работы переменной силы по криволинейному участку траектории. Какие силы называются консервативными и неконсервативными. Дать понятие потенциальной энергии.
3. Дать понятие кинетической энергии материальной точки и твердого тела. Вывести теорему об изменении кинетической энергии.
4. На примере одной материальной точки вывести закон изменения ее полной механической энергии.
5. Что такое удар упругий и неупругий?
6. Дать понятие изолированной системы.
7. Вывести расчётные формулы для импульса и кинетической энергии при упругом и неупругом соударении шаров.
8. Какие превращения механической энергии совершаются в данной работе?

### **Критерии оценки защиты лабораторных работ:**

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные понятия, законы, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе изучаемого раздела физики; может охарактеризовать основные методы и схему изучаемого процесса, решает и объясняет любую задачу, приведенную в разделе «Задачи для домашнего решения».

Оценка «**хорошо**» – обучающийся знает основные понятия, законы, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе изучаемого раздела физики, правильно приводит все расчеты и делает выводы по лабораторной работе, решает типовую задачу, допускает незначительные ошибки и неточности в формулировках.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется, если обучающийся допускает неточности при изложении основных понятий, законов и природы физических процессов, изучаемых в данном разделе, знает ход решения типовой задачи, но допускает ошибки и неточности в решении типовой задачи.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется, если обучающийся знает основные понятия, но не знает основных законов физики, не может применить основные понятия физики при решении типовой задачи; не может объяснить полученные результаты эксперимента.

### 3.1.3. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) по разделам дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
Семестр № 1		
1	Элементы кинематики	Механическое движение. Система отсчета, системы координат. Перемещение, траектория, путь. Скорость. Ускорение.
2		Прямолинейное и криволинейное движение. Кинематика вращательного движения. Кинематические уравнения движения.
3	Динамика материальной точки и поступательного движения тверд. тела	Классическая динамика частиц. Понятие состояния частицы в классической механике. Основная задача динамики.
4		Первый закон Ньютона. Понятие инерциальной системы отсчета.
5	Импульс. Виды энергии. Работа, мощность, КПД.	Масса и импульс тела. Второй закон Ньютона. Уравнение движения.
6		Третий закон Ньютона. Понятие о механической системе. Импульс силы и импульс тела.
7		Закон сохранения импульса тела и системы тел.
8		Принцип относительности Галилея.
9		Упругие силы.
10		Силы трения.
11		Сила тяжести и вес.
12		Законы сохранения. Сохраняющиеся величины Закон сохранения энергии.
13		Кинетическая энергия и работа. Работа.
14		Консервативные силы. Потенциальная энергия во внешнем поле сил.
15		Потенциальная энергия взаимодействия.
16		Энергия упругой деформации.
17		Условия равновесия механической системы.
18		Соударение двух тел.
19		Момент силы. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса.
20		Движение в центральном поле сил. Задача двух тел.
21		Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.
22		Центробежная сила инерции. Сила Кориолиса.
23		Законы сохранения в неинерциальных системах отсчета.
24	Механика твердого тела	Механика твердого тела. Движение твердого тела. Применение законов динамики твердого тела.
25		Движение центра масс твердого тела. Вращение тела вокруг неподвижной оси.
26		Момент инерции. Понятие о тензоре инерции.
27		Кинетическая энергия вращающегося твердого тела.
28		Кинетическая энергия тела при плоском движении.
29		Применение законов динамики твердого тела.
30		Гироскопы. Гироскопический эффект.
31	Элементы специальной (частной) теории относительности	Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Интервал. Границы применимости ньютоновской механики.
32		Преобразование и сложение скоростей.
33		Релятивистский импульс. Релятивистское выражение для энергии.
34		Преобразования импульса и энергии. Взаимосвязь массы и энергии покоя. Частицы с нулевой массой.

35		Гравитация. Закон всемирного тяготения. Гравитационное поле.
36		Космические скорости.
37		Принцип эквивалентности. Понятие об общей теории относительности.
38	Механические колебания и упругие волны	Колебательное движение. Гармонические колебания. Векторная диаграмма.
39		Маятники (математический, физический, оборотный).
40		Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
41		Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс.
42		Свободные затухающие колебания.
43		Распространение волн в упругой среде. Уравнение плоской и сферической волн. Скорость упругих волн в твердой среде. Эффект Доплера для звуковых волн.
44		Энергия упругой волны.
45		Стоячие волны. Колебания струны. Звук. Скорость звука в газах.
46	Основные законы идеального газа	Масса и размеры молекул. Состояние термодинамической системы. Температура. Термодинамическая шкала температур.
47		Уравнение состояния идеального газа.
48		Внутренняя энергия термодинамической системы.
49	Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам.	Процесс. Первое начало термодинамики.
50		Работа, совершаемая телом при изменении объема.
51		Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа.
52		Уравнение адиабаты идеального газа.
53		Политропические процессы. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
54		Барометрическая формула.
55		Характер теплового движения молекул. Число ударов молекул о стену. Определение Перреном постоянной Авогадро.
56		Средняя энергия молекул.
57		Распределение Максвелла. Экспериментальная проверка закона распределения Максвелла.
58		Распределение Больцмана.
59		Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам.
60	Цикл Карно.	
61	Второе и третье начала термодинамики. Тепловые машины	Энтропия. Вычисление энтропии.
62		Второе начало термодинамики
63	Реальные газы, жидкости и твердые тела	Ван-дер-ваальсовский газ.
64		Отличительные черты кристаллического состояния. Классификация кристаллов. Физические типы кристаллических решеток.
65		Дефекты в кристаллах.
66		Теплоемкость кристаллов.
67		Строение жидкостей. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости.
68		Явления на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.
69		Линии и рубки тока. Неразрывность струи. Уравнение Бернулли. Истечение жидкости из отверстия. Течение жидкости в круглой трубе.
70		Силы внутреннего трения. Ламинарное и турбулентное течения. Движение тел в жидкостях и газах.



71		Испарение и конденсация. Равновесие жидкости и насыщенного пара. Критическое состояние. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Тройная точка. Диаграмма состояния.
72	Явления переноса	Средняя длина свободного пробега. Вязкость газов. Ультразвуковые газы. Эффузия.
73		Явления переноса. Диффузия в газах.
74		Теплопроводность газов.

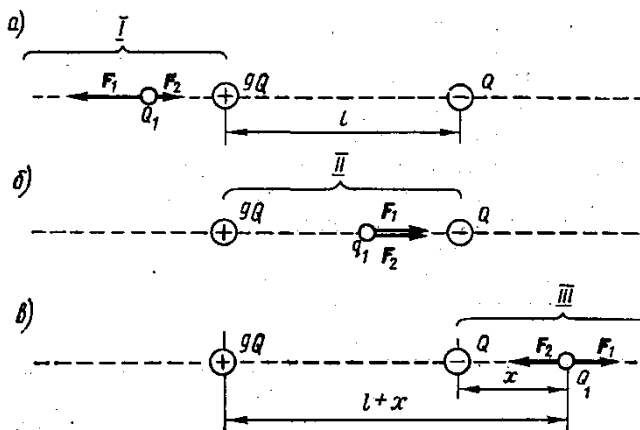
**2 семестр:** Электричество и магнетизм, оптика, квантовая физика, ядерная физика

### 3.1.4. Содержание практических занятий

1. Электрическое поле в вакууме и веществе. Закон Кулона. Напряженность. Потенциал.
2. Электрическое поле в вакууме и веществе. Закон Кулона. Теорема Гаусса.
3. Постоянный электрический ток. Правила Кирхгофа. Электрические токи в металлах, вакууме и газах
4. Магнитное поле в вакууме и веществе. Закон Био-Савара-Лапласа. Силы Ампера и Лоренца.
5. Явление электромагнитной индукции Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Явление самоиндукции
6. Электромагнитные колебания. Электромагнитные волны
7. Геометрическая и волновая оптика
8. Строение атома. Квантовая природа излучения
9. Явление радиоактивности. Дефект массы и энергия связи ядра. Закон радиоактивного распада

### Примеры задач, решаемых на семинарах.

**Задача 1.** Два заряда  $9Q$  и  $-Q$  закреплены на расстоянии  $l=50$  см друг от друга. Третий заряд  $Q_1$  может перемещаться только вдоль прямой, проходящей через заряды. Определить положение заряда  $Q_1$ , при котором он будет находиться в равновесии. При каком знаке заряда равновесие будет устойчивым?



**Решение.** Заряд  $Q_1$  будет находиться в равновесии в том случае, если векторная сумма сил, действующих на него, будет равна нулю. Это значит, что на заряд  $Q_1$  должны действовать две силы, равные по модулю и противоположные по направлению. Рассмотрим, на каком из трех участков I, II, III может быть выполнено это условие. Для определенности будем считать, что заряд  $Q_1$  — положительный.

На участке I на заряд  $Q_1$  действуют две противоположно направленные силы:  $F_1$  и  $F_2$ . Сила  $F_1$ , действующая со стороны заряда  $9Q$ , в

любой точке этого участка будет больше, чем сила  $F_2$ , действующая со стороны заряда  $-Q$ , так как больший (по модулю) заряд  $9Q$  всегда находится ближе к заряду  $Q_1$ , чем меньший заряд  $-Q$ . Поэтому равновесие на этом участке невозможно;

На участке II обе силы  $F_1$  и  $F_2$  направлены в одну сторону — к заряду  $-Q$ . Следовательно, и на втором участке равновесие невозможно.

На участке III силы  $F_1$  и  $F_2$  направлены противоположные стороны, так же как и на участке I, но в отличие от него меньший (по модулю) заряд ( $-Q$ ) всегда находится ближе к заряду  $Q_1$ , чем больший заряд ( $9Q$ ). Это значит, что можно найти такую точку на прямой, где силы  $F_1$  и  $F_2$  будут одинаковы по модулю, т. е.

$$|F_1| = |F_2|$$

Пусть расстояние от меньшего заряда до заряда  $Q_1$  равно  $x$ , тогда расстояние от большего заряда будет  $l+x$ . Выразив в равенстве (1)  $F_1$  и  $F_2$  в соответствии с законом Кулона, получим

$$\frac{9Q Q_1}{(l+x)^2} = \frac{Q Q_1}{x^2}$$

Сокращая на  $QI$  и извлекая из обеих частей равенства квадратный корень, найдем  $l+x=\pm 3x$ , откуда  $x_1=+l/2$  и  $x_2=-l/4$ . Корень  $x^2$  не удовлетворяет физическому условию задачи (в этой точке силы  $F_1$  и  $F_2$  хотя и равны по модулю, но направлены в одну сторону).

**Задача 2.** Определить КПД источника при силе тока в цепи  $I=0,8$  А, если ток короткого замыкания равен  $I_{кз} = 2$  А.

**Решение.** При подключении к источнику ЭДС некоторого сопротивления  $R$  в цепи потечет ток и на участках, содержащих сопротивления, будет выделяться тепло. При этом коэффициент полезного действия источника тока можно определить как отношение количества тепла  $Q_R$ , выделяющегося во внешней цепи, к количеству тепла  $Q$ , выделяющегося во всей цепи (включая источник):

$$\eta = Q_R / Q$$

Если источник тока замкнут, то ток  $I_{кз}$  определяется лишь ЭДС  $\xi$  источника и его внутренним сопротивлением  $r$

$$I_{кз} = \frac{\xi}{r}$$

а при наличии внешней цепи сопротивлением  $R$

$$I_{кз} = \frac{\xi}{R+r}$$

Используя закон Джоуля - Ленца, найдем количество тепла, выделяющегося за время  $\Delta t$  на сопротивлении  $R$

$$Q_R = I^2 R \Delta t = \left\{ \frac{\xi}{R+r} \right\}^2 R \Delta t = \frac{\xi^2 R \Delta t}{(R+r)^2}$$

и во всей цепи

$$Q = I^2 (R+r) \Delta t = \left\{ \frac{\xi}{R+r} \right\}^2 (R+r) \Delta t = \frac{\xi^2 R \Delta t}{R+r}$$

Подставив эти соотношения в выражение для КПД, получим

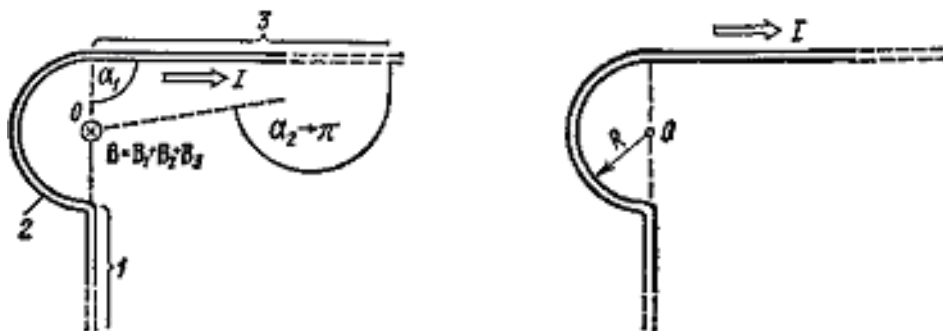
$$\eta = \frac{R}{R+r}$$

или

$$\eta = I / I_{кз} = 40\%$$

**Задача 3.** Бесконечно длинный проводник изогнут так, как это изображено на рис. Радиус дуги окружности  $R=10$  см. Определить магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  поля, создаваемого в точке  $O$  током  $I=80$  А, текущим по этому проводнику.

**Решение.** Магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точке  $O$  найдем, используя принцип суперпозиции магнитных полей  $\mathbf{B}=\sum \mathbf{B}_i$ . В нашем случае проводник можно разбить на три части (рис.) два прямолинейных проводника (1 и 3), одним концом уходящие в бесконечность, и дугу полуокружности (2) радиуса  $R$ . Тогда  $\mathbf{B}=\mathbf{B}_1+\mathbf{B}_2+\mathbf{B}_3$ , где  $\mathbf{B}_1$ ,  $\mathbf{B}_2$  и  $\mathbf{B}_3$  — магнитные индукции поля в точке  $O$ , создаваемые током, текущим соответственно на первом, втором и третьем участках проводника.



Так как точка  $O$  лежит на оси проводника 1, то  $B_1=0$  и тогда

$$\mathbf{B}=\mathbf{B}_2+\mathbf{B}_3$$

Учитывая, что векторы  $\mathbf{B}_2$  и  $\mathbf{B}_3$  направлены в соответствии с правилом буравчика перпендикулярно плоскости чертежа от нас, геометрическое суммирование можно заменить алгебраическим:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_2 + \mathbf{B}_3.$$

Магнитную индукцию поля  $\mathbf{B}_2$  можно найти, используя выражение для магнитной индукции в центре кругового проводника с током  $I$ :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Так как магнитная индукция  $\mathbf{B}_2$  создается в точке  $O$  половиной такого кругового проводника с током, то, учитывая равный вклад в магнитную индукцию от каждой половинки проводника, можно написать

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

Магнитную индукцию  $\mathbf{B}_3$  найдем, используя формулу (3) примера 3:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4R}$$

В нашем случае  $r_0 = R, \alpha_1 = \pi/2 (\cos \alpha_1 = 0), \alpha_2 \rightarrow \pi (\cos \alpha_2 = -1)$

Тогда  $B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$

Используя найденные выражения для  $B_2$  и  $B_3$  получим

$$B = B_2 + B_3 = \frac{\mu_0 I}{4R} + \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$$

$$B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} (+1)$$

или

Произведем вычисления:  $B = 3,31 \cdot 10^{-4} \text{ Тл} = 331 \text{ мкТл}$

### Перечень тем индивидуальных домашних заданий

1. Электрическое поле в вакууме и веществе. Закон Кулона. Напряженность. Потенциал.
2. Электрическое поле в вакууме и веществе. Закон Кулона. Теорема Гаусса.
3. Постоянный электрический ток. Правила Кирхгофа. Электрические токи в металлах, вакууме и газах
4. Магнитное поле в вакууме и веществе. Закон Био-Савара-Лапласа. Силы Ампера и Лоренца.
5. Явление электромагнитной индукции Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Явление самоиндукции
6. Электромагнитные колебания. Электромагнитные волны
7. Геометрическая и волновая оптика
8. Строение атома. Квантовая природа излучения
9. Явление радиоактивности. Дефект массы и энергия связи ядра. Закон радиоактивного распада

**ИД32:** Электростатическое поле. Законы постоянного тока и магнитного поля. Электромагнитные колебания. Тепловое излучение. Волновая оптика. Строение атома. Элементы квантовой механики и твердого тела.

#### Пример ИД3:

##### Расчетно-графическое задание № 2

##### Вариант 3

1. Два шарика одинаковых радиусов и массы подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд  $q$  нужно сообщить шарикам, чтобы сила натяжения нитей стала равной  $T=98 \text{ мН}$ ? Расстояние от центра шарика до точки подвеса  $l=10 \text{ см}$  масса каждого шарика  $m=5 \text{ г}$ .
2. Требуется найти напряженность  $E$  электрического поля в точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $a=5 \text{ см}$  от заряженного диска по нормали к его центру. При каком предельном радиусе  $R$  диска в точке  $A$  не будет отличаться более чем на 2% от поля бесконечно протяженной плоскости? Какова напряженность  $E$  поля в точке  $A$ , если радиус диска  $R=10a$ ? Во сколько раз найденная напряженность в этой точке меньше напряженности поля бесконечно протяженной плоскости?
3. В плоском горизонтально расположенном конденсаторе заряженная капелька ртути находится в равновесии при напряженности электрического поля  $E=60 \text{ кВ/м}$ . Заряд капли

$q=2.4 \cdot 10^{(-9)} \text{СГС}q$ . Найти радиус капли.

4. Протон начальная скорость которого равна 100 км/с, влетел в однородное электрическое поле ( $E=300 \text{ В/см}$ ) так, что вектор скорости совпал с направлением линий напряженности. Какой путь должен пройти протон в направлении линий поля, чтобы его скоростью удвоилась?

5. Вычислить потенциальную энергию системы двух точечных зарядов  $Q_1=100 \text{ нКл}$  и  $Q_2=10 \text{ нКл}$ , находящихся на расстоянии 10 см друг от друга.

6. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора площадью  $100 \text{ см}^2$  каждая равна 280 В. Поверхностная плотность заряда на пластинах  $4.95 \cdot 10^{(-11)} \text{ Кл/см}^2$ . Найти: 1) Напряженность поля внутри конденсатора, 2) Расстояние между пластинами, 3) Скорость, которую получит электрон, пройдя в конденсаторе путь от одной пластины до другой, 4) Энергию конденсатора, 5) емкость конденсатора, 6) силу притяжения пластин конденсатора.

7. Емкость плоского конденсатора равна 111 пФ. Диэлектрик фарфор. Конденсатор зарядили до разности потенциалов 600 В и отключили от источника напряжения. Какую работу нужно совершить, чтобы вынуть диэлектрик из конденсатора? Трение пренебрежительно мало.

8. Считая сопротивление амперметра бесконечно малым, определяют сопротивление реостата  $R$  по показаниям амперметра и вольтметра в схеме. Найти относительную погрешность найденного сопротивления, если в действительности сопротивление амперметра равно  $R_a$ . Задачу решить для  $R_a=0.2 \text{ Ом}$  и  $R$ , равного: 1) 1 Ом, 2) 10 Ом, 3) 100 Ом.

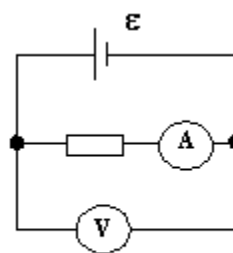


Рис. 21

9. ЭДС элементов  $E_1=2,1 \text{ В}$  и  $E_2=1,9 \text{ В}$ , сопротивления  $R_1=45 \text{ Ом}$ ,  $R_2=10 \text{ Ом}$  и  $R_3=10 \text{ Ом}$  (рис.42). Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением пренебречь.

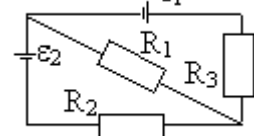


Рис. 42

10. К батарее аккумуляторов, ЭДС которого равна 2 В и внутреннее сопротивление  $r=0,5 \text{ Ом}$ , присоединен проводник. Определить: 1) сопротивление  $R$  проводника, при котором мощность, выделяемая в нем, максимальна; 2) мощность  $P$ , которая при этом выделяется в проводнике.

11. Две электролитические ванны соединены последовательно. В первой ванне выделилось  $m_1=3,9 \text{ г}$  цинка, во второй за то же время  $m_2=2,24 \text{ г}$  железа. Цинк двухвалентен. Определить валентность железа.

12. Каким должно быть отношение длины катушки к её диаметру, чтобы напряжённость магнитного поля в центре катушки можно было найти по формуле для напряжённости поля бесконечно длинного соленоида? Ошибка при таком допущении не должна превышать  $q=5\%$ . У к а з а н и е. Допускаемая ошибка  $q=(H_2-H_1)/H_2$ , где  $H_1$  - напряжённость поля внутри катушки конечной длины и  $H_2$  - напряжённость поля внутри бесконечно длинной катушки.

13. На оси контура с током, магнитный момент которого равен  $10 \text{ мА} \cdot \text{м}^2$ , находится другой такой же контур. Вектор магнитного момента второго контура перпендикулярен оси. Вычислить механический момент, действующий на второй контур. Расстояние между контурами равно 50 см. Размеры контуров малы по сравнению с расстоянием между ними.

14. Магнитное поле, индукция которого  $B=0,5 \text{ мТл}$ , направлено перпендикулярно к электрическому полю, напряженность которого  $E=1 \text{ кВ/м}$ . Пучок электронов влетает в электромагнитное поле, причем скорость  $v$  электронов перпендикулярна к плоскости, в которой лежат векторы  $E$  и  $B$ . Найти скорость электронов  $v$ , если при одновременном действии обоих полей пучок электронов не испытывает отклонения. Каким будет радиус  $R$  траектории движения электронов при условии включения одного магнитного поля?

15. На железное кольцо намотано в один слой  $N=500$  витков провода. Средний диаметр  $d$  кольца равен 25 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в железе и магнитную прони-

цаемость мю железа, если сила тока  $I$  в обмотке: 1) 0,5 А; 2) 2,5 А.

16. К источнику тока с внутренним сопротивлением  $R_i = 2$  Ом подключают катушку индуктивностью  $L = 0,5$  Гн и сопротивлением  $R = 8$  Ом. Найти  $t$  время, в течение которого ток в катушке, нарастая, достигнет значения, отличающегося от максимального на 1 %.

17. При некоторой силе тока  $I$  плотность энергии  $w$  магнитного поля соленоида равна  $0,2$  Дж/м<sup>3</sup>. Во сколько раз увеличится плотность энергии поля при той же силе тока, если соленоид будет иметь железный сердечник?

18. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин. Интерференция наблюдается в отраженном свете через красное стекло (631 нм). Расстояние между соседними красными полосами при этом равно 3 мм. Затем эта же пленка наблюдается через синее стекло (400 нм). Найти расстояние между соседними синими полосами. Считать, что за время измерений форма пленки не изменяется и свет падает на пленку нормально.

19. Найти радиусы  $r(k)$  первых пяти зон Френеля для плоской волны, если расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения  $b = 1$  м. Длина волны света  $\lambda = 500$  нм.

20. Угол поворота плоскости поляризации желтого света натрия при прохождении через трубку с раствором сахара равен 40 град. Длина трубки 15 см. Удельное вращение сахара равно  $1,17 \cdot 10^2$  рад\*м<sup>3</sup>/(м\*кг). Определить плотность раствора.

21. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке равна 2450 К. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре равно 0,3. Найти величину излучающей поверхности спирали.

22. Вакуумный фотоэлемент состоит из центрального катода (вольфрамового шарика) и анода (внутренней поверхности посеребренной изнутри колбы). Контактная разность потенциалов между электродами, численно равная  $U_0 = 0,6$  В, ускоряет вылетающие электроны. Фотоэлемент освещается светом, длина волны которого  $\lambda = 230$  нм. 1) Какую задерживающую разность потенциалов надо приложить между электродами, чтобы фототок упал до нуля? 2) Какую скорость получают фотоэлектроны, когда они долетят до анода, если не прикладывать между катодом и анодом внешней разности потенциалов?

23. На зеркальце с идеально отражающей поверхностью площадью  $1,5$  см<sup>2</sup> падает нормально свет от электрической дуги. Определить импульс, полученный зеркальцем, если поверхностная плотность потока излучения, падающего на зеркальце, равна  $0,1$  МВт/м<sup>2</sup>. Продолжительность облучения 1 с.

24. В явлении Комптона энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния равен  $\pi/2$ . Найти энергию и количество движения рассеянного фотона.

25. D- линия натрия излучается в результате такого перехода электрона с одной орбиты атома на другую, при котором энергия атома уменьшается на  $W = 3,37 \cdot 10^{-19}$  Дж. Найти длину волны  $\lambda$  D-линии натрия.

#### 4.1.5. Лабораторные работы

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы.

**Вопросы для защиты лабораторных работ** приведены в конце каждой лабораторной работы практикума:

1. Лабораторный практикум: <http://fizik.bstu.ru>

2. Сабылинский, А. В. Лукьянов Г.Д. Физика в задачах: учебное пособие для студентов очной формы обучения всех специальностей, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 163с.

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040920424320928600008276>

3. Горягин Е.П. [и др.] Ч.3 «Электростатика. Магнетизм»: лаб. Практикум, Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 91с.

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917384063610600005052>

4. Гладких Ю.П. [и др.] Ч.4 «Физика. Оптика», лаб. Практикум, Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 74с.

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917383863389100009413>

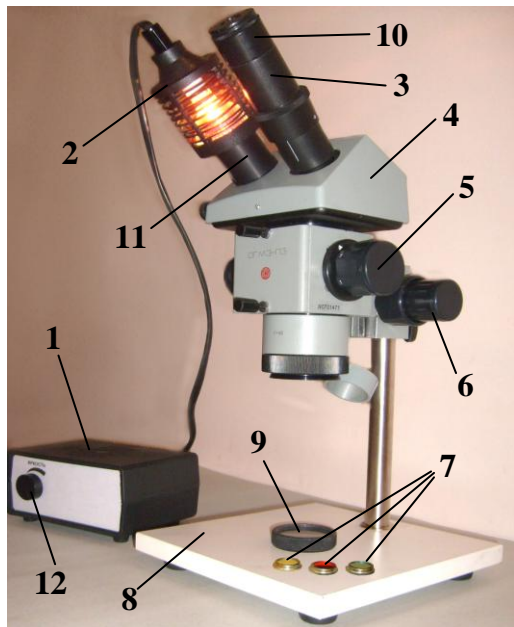
5. Бакалин Ю.И. [и др.] Ч.5 «Физика твердого тела»: лаб. Практикум, Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 52с

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917383662879300006274>

### Пример лабораторной работы:

### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Установка состоит из головки оптической для микроэлектроники **4** (микроскопа), устанавливаемой на основании со стойкой **8**, линзы с пластиной **9** и комплекта светофильтров **7**.



1. Линза с пластиной **9** представляет собой оправу, в которую помещены стеклянная пластинка и соприкасаемая с ней линза с большим радиусом. Устройство предназначено для изучения интерференционной картины "колец Ньютона".

2. Насадка для микроскопа **11** представляет собой трубку с разрезом и резьбой, позволяющую крепить её на место одного из окуляров. Внутренний диаметр насадки предусматривает возможность установки интерференционных светофильтров **7** и крепления осветителя микроскопа **2**.

3. Комплект светофильтров состоит из 4 интерференционных светофильтров **7** в оправе, позволяющей вставлять их в насадку для микроскопа, они используются для вырезания определенной длины волны из излучения лампы микроскопа при измерении диаметров колец Ньютона.

4. Для измерения радиусов колец Ньютона используется головка оптическая для микроэлектроники **4** (в даль-

нейшем микроскоп). Для нормального падения света на линзу с пластиной **9** необходимо осветитель **2** при помощи насадки для микроскопа **11** закрепить на место одного из окуляров. Освещение колец производится монохроматическим светом, вырезаемым одним из светофильтров **7**, устанавливаемых в насадку для микроскопа **11**.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. В правую окулярную трубку **3** оптической головки **4** установите окуляр **10** с отсчётной шкалой.
2. Вместо левого окуляра оптической головки **4** установлена насадка для микроскопа **11**, в которую необходимо установить один из 4-х интерференционных светофильтров **7** (задаётся преподавателем) длина волны, которого указана на оправке.
3. В эту же насадку для микроскопа **11** установите осветитель микроскопа **2**.
4. Подключите осветитель **2** к блоку питания **1** с тыльной стороны и включите его. Добейтесь нужной интенсивности можно вращая ручку «яркость» **12**.
5. Установите на предметный столик **8** микроскопа линзу с пластинкой в оправе **9**.
6. Вращая ручку **6** добейтесь отчетливой (резкой) картины в окуляре **10**.
7. Переключите **5** увеличение объектива микроскопа на  $0,6^x$  и, передвигая рукой линзу с пластинкой, отъюстируйте микроскоп до появления в окуляре микроскопа интерференционной картины колец Ньютона. Аккуратным перемещением линзы добейтесь совпадения центрального темного пятна интерфе-

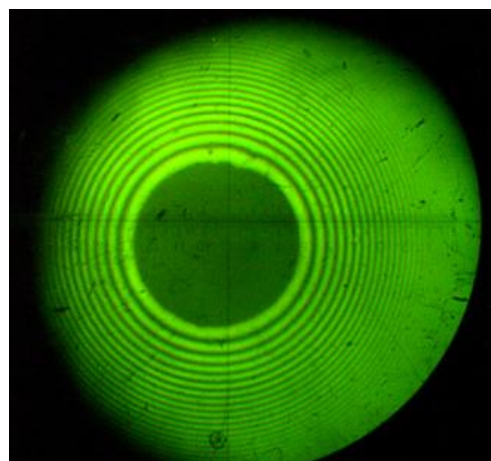


Рис. 4



Рис. 5

рещионной картины с центром поля зрения микроскопа.

8. Постепенно меняя увеличение микроскопа (с помощью ручки **5**) в сторону увеличения отъюстируйте микроскоп до заполнения интерференционными кольцами всего поля окуляра (см. рис. 4).
9. Измерьте расстояние  $D$  между внешним и внутренними краями темных колец (номера колец задает преподаватель), как показано на рисунке 5. Нумерация колец производится от центра ( $k = 0$  - центральное темное кольцо). Полученные результаты занесите в таблицу 1.
10. Поверните окуляр **10** на  $90^\circ$  и повторите измерения согласно п. 8., в результате которых получите  $D'$ . Полученные результаты занесите в таблицу 1.
11. По формуле  $D_{icp} = \frac{D_i + D'_i}{2}$  определите средние значения диаметров колец (в делениях шкалы) и значения занесите в таблицу 1.
12. Отключите установку от сети.
13. Рассчитайте радиусы колец Ньютона  $r_{iN}$  колец (в делениях шкалы) и значения занесите в таблицу 1.
14. Найдите средние значения радиусов обоих темных колец  $r_{cp}$  с учетом цены деления шкалы окуляра

$a_0 = 0.1 \frac{мм}{дел}$  и множителя  $Z$  обозначенного на ручке **5**:

$$r_{icp} = \frac{r_{iN} \cdot a_0}{Z} \quad (15)$$

15. Комбинируя попарно радиусы больших  $r_m$  и меньших колец  $r_n$  по формуле (14) определите радиусы кривизны линзы  $R_i$ , подставляя средние значения радиусов колец.
16. Вычислите среднее значение радиуса кривизны линзы  $\langle R \rangle$ .
17. Используя методику обработки косвенных измерений (лабораторная работа № 0-1) рассчитайте погрешность  $\Delta R$ .
18. Конечный результат запишите в виде:

$$R = \langle R \rangle \pm \Delta R$$

Таблица 1

Номера колец	$D_i, дел$	$D'_i, дел$	$D_{icp}, дел$	$r_{iN}, дел$	$r_{icp}, м$	$\Delta r, м$	$\lambda, нм$	$\Delta \lambda, нм$	$R_i, м$	$\Delta R, м$

**Для защиты лабораторной работы необходимо:**

- а) выполнить экспериментальную часть работы, произвести обработку результатов в соответствии с требованиями, приведенными в лабораторном практикуме;
- б) подготовить ответы на контрольные вопросы и решить задачи.

### Вопросы для защиты лабораторных работ

Пример: изучение интерференции

#### Контрольные вопросы

1. Свет и его природа.
2. Что называется интерференцией света? Дайте понятие о монохроматических и когерентных волнах.
3. Охарактеризуйте интерференционную картину в тонких пленках.
4. Объяснить оптическую схему "колец Ньютона" в отраженном свете.
5. Выведите формулы для определения радиусов темных и светлых колец.
6. Получите формулу для определения радиуса кривизны линзы.



7. Решите задачу: При наблюдении колец Ньютона было установлено, что диаметр 5-го темного кольца  $d_5 = 2,54\text{мм}$ . Определите радиус кривизны  $R$  плосковыпуклой линзы, если опыт проводится в свете лазера с длиной волны  $\lambda = 633\text{нм}$ .
8. Решите задачу: В интерференционном опыте Юнга, выполненном в монохроматическом свете, расстояние между щелями  $d = 2,6\text{мм}$ , экран для наблюдения интерференционных полос расположен на расстоянии  $L = 2,0\text{м}$  от двойной щели. Ширина интерференционных полос оказалась равной  $\Delta\ell = 0,41\text{мм}$ . Определите длину волны  $\lambda$  света.
9. Решите задачу: В интерференционном опыте Юнга на экран В с двумя щелями  $S_1$  и  $S_2$  падает свет с длиной волны  $\lambda = 546\text{нм}$  от удаленного источника. Интерференционные полосы наблюдаются на экране С, находящемся на расстоянии  $L = 55\text{см}$  от экрана В с двумя щелями. Расстояние между щелями  $d = 0,12\text{мм}$ . Определите ширину  $\Delta\ell$  интерференционных полос вблизи центра интерференционной картины.

### Критерии оценки защиты лабораторных работ:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные понятия, законы, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе изучаемого раздела физики; может охарактеризовать основные методы и схему изучаемого процесса, решает и объясняет любую задачу, приведенную в разделе «Задачи для домашнего решения».

Оценка «хорошо» – обучающийся знает основные понятия, законы, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе изучаемого раздела физики, правильно приводит все расчеты и делает выводы по лабораторной работе, решает типовую задачу, допускает незначительные ошибки и неточности в формулировках.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся допускает неточности при изложении основных понятий, законов и природы физических процессов, изучаемых в данном разделе, знает ход решения типовой задачи, но допускает ошибки и неточности в решении типовой задачи.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся знает основные понятия, но не знает основных законов физики, не может применить основные понятия физики при решении типовой задачи; не может объяснить полученные результаты эксперимента.

### 3.1.6. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) по разделам дисциплины

75	Электрическое поле в вакууме и в веществе	Электрический заряд. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность поля. Потенциал.
76		Энергия взаимодействия системы зарядов. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом.
77		Диполь. Поле системы зарядов на больших расстояниях.
78		Свойства векторных полей. Циркуляция и ротор электростатического поля.
79		Теорема Гаусса. Вычисление полей с помощью теоремы Гаусса.
80		Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Поле внутри диэлектрика.
81		Объемные и поверхностные связанные заряды. Вектор электрического смещения. Условия на границе двух диэлектриков
82		Силы, действующие на заряд в диэлектрике.
83		Равновесие зарядов на проводнике. Проводники во внешнем электрическом поле. Емкость. Конденсаторы.
84		Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.
85	Постоянный электрический ток	Электрический ток. Уравнение непрерывности. Электродвижущая сила.
86		Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Ома для неоднородного участка цепи.

		родного участка цепи.
87		Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
88		Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
89	Магнитное поле. Явление электромагнитной индукции	Взаимодействие токов. Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа.
90		Поле движущегося заряда. Сила Лоренца. Закон Ампера. Магнитное взаимодействие как релятивистский эффект.
91		Контур с током в магнитном поле.
92		Работа, совершаемая при перемещении тока в магнитном поле. Дивергенция и ротор магнитного поля.
93		Поле соленоида и тороида.
94	Магнитные свойства вещества	Намагничивание магнетика. Напряженность магнитного поля. Вычисление поля в магнетиках.
95		Условия на границе двух магнетиков.
96		Магнитомеханические явления.
97		Виды магнетиков. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.
98	Магнитное поле. Явление электромагнитной индукции	Явление электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции.
99		Явление самоиндукции. Ток при замыкании и размыкании цепи. Взаимная индукция.
100		Энергия магнитного поля. Работа перемагничивания ферромагнетика.
101	Основы теории Максвелла для электромагнитного поля	Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла.
102		Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическим и магнитным полями.
103		Определение заряда и массы электрона. Определение удельного заряда ионов. Масс-спектрографы. Ускорители заряженных частиц.
104	Электрические токи в металлах, вакууме и газах	Природа носителей тока в металлах. Элементарная классическая теория металлов. Эффект Холла.
105		Электрический ток в газах. Несамостоятельная и самостоятельная проводимости. Несамостоятельный газовый разряд. Процессы, приводящие к появлению носителей тока при самостоятельном разряде. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Искровой и коронный разряды.
106		Плазма.
107		Ионизационные камеры и счетчики.
108	Электромагнитные колебания. Переменный ток.	Вынужденные электрические колебания. Переменный ток.
109		Квазистационарные токи. Свободные колебания в контуре без активного сопротивления.
110	Электромагнитные волны	Электромагнитные волны. Волновое уравнение электромагнитного поля. Плоская электромагнитная волна
111		Энергия электромагнитных волн. Импульс электромагнитного поля.
112	Элементы геометрической оптики	Световая волна. Отражение и преломление плоской волны на границе двух диэлектриков.
113		Световой поток. Фотометрические величины и единицы.
114		Геометрическая оптика. Тонкая линза. Принцип Гюйгенса.
115	Интерференция света	Интерференция света. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света.
116		Интерференция света при отражении от тонких пластинок.
117		Интерферометр.

118	Дифракция света	Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля.
119		Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка.
120		Разрешающая сила объектива.
121		Голография.
122	Поляризация света.	Поляризация света. Естественный и поляризованный свет.
123		Поляризация при отражении и преломлении.
124		Вращение плоскости поляризации.
125	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Дисперсия света.
126		Групповая скорость. Фазовая скорость.
127		Поглощение света. Рассеяние света.
128		Эффект Вавилова-Черенкова.
129	Квантовая природа излучения	Тепловое излучение и люминесценция.
130		Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения.
131		Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.
132		Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Фотоны.
133		Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Опыт Боте.
134		Эффект Комптона.
135	Теория атома водорода по Бору	Закономерности в атомных спектрах. Модель атома Томпсона. Опыты по рассеянию альфа-частиц. Ядерная модель атома.
136		Постулаты Бора. Правило квантования круговых орбит. Элементарная боровская теория водородного атома.
137	Элементы квантовой механики	Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества.
138		Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Пси-функция.
139		Квантование энергии. Квантование момента импульса. Принцип суперпозиции.
140		Прохождение частиц через потенциальный барьер.
141	Элементы современной физики атомов и молекул	Спектры щелочных металлов.
142		Ширина спектральных линий. Мультиплетность спектров и спин электрона
143		Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Магнитный момент атома.
144		Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома.
145		Периодическая система элементов Менделеева.
146		Вынужденное излучение. Лазеры. Нелинейная оптика.
147	Элементы физики твердого тела	Кристаллическая решетка. Индексы Миллера.
148		Теплоемкость кристаллов. Теория теплоемкости Эйнштейна. Теория Дебая. Фононы.
149		Эффект Мессбауера.
150	Элементы квантовой статистики	Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Фотонный и фононный газы. Сверхтекучесть.
151		Квантовая теория свободных электронов в металле. Электронный газ. Энергетические зоны в кристаллах.
152		Электропроводность металлов. Сверхпроводимость. Электропроводность полупроводников.
153		Контактные и термоэлектрические явления. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления.
154		Полупроводниковые диоды и триоды. Внутренний фотоэффект.
155	Элементы атомного ядра. Радиоактивность. Ядерные	Состав и характеристики атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Модели атомного ядра.
156		Ядерные силы. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление

	реакции	ядер. Термоядерные реакции.
157	Элементы физики элементарных частиц	Виды взаимодействий и классы элементарных частиц. Методы регистрации элементарных частиц. Космические лучи. Частицы и античастицы.
158		Изотопический спин. Странные частицы. Слабое взаимодействие. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Нейтрино.
159		Квантовая электродинамика. Сильное, электрослабое взаимодействия.
160		Систематика элементарных частиц. Кварки. Великое объединение.

### Экзаменационные вопросы

1	Элементы кинематики. Материальная точка. Механическая система. Система отсчёта. Перемещение, путь, скорость, средняя путевая и средняя скорость по перемещению, ускорение, тангенциальная и нормальная составляющие ускорения, полное ускорение тела. Угол поворота. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь между векторами линейных и угловых скоростей и ускорений. Период и частота обращения. Уравнения поступательного и вращательного движения
2	Динамика материальной точки и поступательного движения твёрдого тела. Сила как мера механического взаимодействия. Явление инерции тела, масса. Закон сохранения массы. Силы в механике: сила гравитационного взаимодействия, сила тяжести, силы трения, сила упругости. Деформация твёрдого тела и его виды: упругая и неупругая деформации. Закон Гука. Законы Ньютона. Их физический смысл.
3	Импульс. Виды энергии. Работа, мощность, КПД. Виды механической энергии: кинетическая, потенциальная, полная механическая. Консервативные и неконсервативные силы. Связь консервативной силы с её потенциальной энергией. Импульс материальной точки, импульс системы материальных точек. Импульс силы. Элементарная механическая работа силы, работа постоянной и переменной силы. Мощность. КПД. Внешние и внутренние силы. Замкнутая механическая система. Законы изменения и сохранения импульса. Закон сохранения и превращения энергии. Законы изменения и сохранения полной механической энергии. Удар, виды ударов: упругий и неупругий удары, абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.
4	Механика твердого тела. Абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение твёрдого тела. Момент силы. Условие равновесия твёрдого тела. Момент импульса. Момент инерции тела. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Собственные оси и собственные моменты инерции твёрдого тела. Теорема Штейнера. Собственные моменты инерции некоторых однородных тел. Теорема Кёнига. Законы изменения и сохранения момента импульса механической системы тел. Основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела.
5	Механические колебания. Колебания, виды колебаний. Гармонические колебания. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний и его решение. График гармонических колебаний. Понятие об амплитуде, частоте, фазе, периоде. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение. График затухающих колебаний. Понятие о коэффициенте затухания, декременте и логарифмическом декременте затухания, времени релаксации и добротности колебательной системы.
6	Механические колебания. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение. Понятие о резонансе. Понятие о маятниках: математический, физический, оборотный и пружинный маятники. Периоды малых колебаний для этих маятников.
7	Механические и электромагнитные колебания. Сложение гармонических колебаний одного направления. Метод векторных диаграмм. Биения. Сложение двух взаимно перпендикулярных гармонических колебания. Фигуры Лиссажу. Вынужденные электрические колебания. Переменный ток. Квазистационарные токи. Свободные колебания в контуре без активного сопротивления.

8	Упругие волны. Механическая волна. Поперечные и продольные волны. Фронт волны, волновая поверхность, понятие о бегущей и стоячей волне. Плоские и сферические волны. Длина волны, период и частота волны. Волновое число. Дифференциальное уравнение волны (волновое уравнение). Уравнения плоской бегущей незатухающей гармонической волны. Уравнения сферической бегущей гармонической волны. Уравнение стоячей волны. Понятие о пучностях и узлах стоячей волны. Понятие о групповой и фазовой скорости волн. Дисперсия волн. Скорости распространения волн в различных средах. Звуковые волны.
9	Основные законы идеального газа. Основные положения МКТ. Термодинамические параметры (объем, давление, температура). Идеальный газ. Основные уравнение молекулярно-кинетической теории. Степени свободы молекул. Распределение энергии по степеням свободы. Максвелловское распределение молекул по скоростям. Барометрическая формула. Больцмановское распределение частиц в потенциальном поле. Идеальный газ. Изопроцессы: изотермический, изобарический, изохорический, адиабатный, политропный. Уравнения состояния идеального газа. Смесь идеальных газов. Закон Дальтона для смеси газов.
10	Явления переноса. Эффективный диаметр молекулы. Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Явление переноса в газах: диффузия, теплопроводность, вязкость. Законы Фика, Фурье и Ньютона.
11	Основы термодинамики. Внутренняя энергия системы. Работа идеального газа. Количество теплоты. Теплоёмкость и её виды. Первое начало термодинамики и его применение к различным изопроцессам. Работа, совершаемая газом в изопроцессах.
12	Основы термодинамики. Круговые, необратимые и обратимые процессы. Прямой и обратный термодинамический цикл. Принцип действия тепловой машин. КПД тепловой машины. Идеальная тепловая машина Карно и её КПД. Энтропия. Неравенство Клаузиуса. Второе начало термодинамики и его статистический смысл. Теорема Нернста.
13	Реальные газы, жидкости и твердые тела. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Изотермы идеального и реального газа. Критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа. Сжижение газов.
14	Электрическое поле в вакууме. Электрическое поле, его основные свойства. Электростатическое поле и его характеристики. Графическое изображение электростатического поля. Точечный электрический заряд. Закон Кулона. Принцип суперпозиции для электростатических полей. Потенциальная энергия электростатического взаимодействия двух точечных зарядов, системы точечных зарядов. Работа электростатического поля по перемещению точечного заряда. Циркуляция вектора $E$ электростатического поля. Поток вектора $E$ . Теорема Гаусса для электростатического поля неподвижных зарядов в вакууме. Электрический диполь. Напряженность и потенциал точечного диполя.
15	Электрическое поле в веществе. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Поле внутри диэлектрика. Сегнетоэлектрики. Объемные и поверхностные связанные заряды. Вектор электрического смещения. Условия на границе двух диэлектриков. Силы, действующие на заряд в диэлектрике. Равновесие зарядов на проводнике. Проводники во внешнем электрическом поле. Электроёмкость. Энергия заряженного проводника. Конденсаторы. Энергия заряженного конденсатора. Виды соединения конденсаторов.
16	Постоянный электрический ток. Электрический ток, виды электрического тока и его основные характеристики. Напряжение, ЭДС. Сопротивление и удельное сопротивление. Зависимость сопротивления металлического проводника от его геометрических размеров и температуры. Виды соединения проводников: последовательное и параллельное. Законы Ома и Джоуля-Ленца. Работа и мощность электрического тока. Правила Кирхгофа для расчета электрических цепей постоянного тока.
17	Электрические токи в металлах, вакууме и газах. Электрический ток в металлах. Основные положения классической электронной теории проводимости металлов. Работа выхода электронов из металла. Эмиссионные явления. Отличие токов проводимости в металлических проводниках, газах и электролитах. Электрический ток в вакуу-

	ме. Электрический ток в газах. Вольтамперная характеристика газоразрядной трубки. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Типы самостоятельных разрядов. Токи в жидкостях. Законы Фарадея для тока в электролитах.
18	Магнитное поле в вакууме. Магнитное поле, его основные свойства и характеристики. Графическое изображение магнитного поля. Поток вектора магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции для магнитных полей. Силы Ампера и Лоренца. Взаимодействие двух параллельных проводников с током. Магнитный механический момент контура с током в магнитном поле. Потенциальная энергия контура с током в магнитном поле. Циркуляция вектора $\mathbf{H}$ . Закон полного тока для магнитного поля в вакууме. Поток вектора $\mathbf{H}$ .
19	Магнитное поле в веществе. Магнитомеханические явления. Виды магнетиков. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Намагничивание магнетика. Напряженность магнитного поля. Вычисление поля в магнетиках. Условия на границе двух магнетиков.
20	Явление электромагнитной индукции. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Явление самоиндукции и взаимной индукции. Индуктивность контура и соленоида. Энергия магнитного поля контура с током и соленоида.
21	Основы теории Максвелла для электромагнитного поля. Ток смещения. Вихревое электрическое поле. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Их физический смысл.
22	Элементы геометрической оптики. Световой поток. Фотометрические величины и единицы. Световая волна. Отражение и преломление плоской волны на границе двух диэлектриков. Законы геометрической оптики. Явление полного внутреннего отражения. Тонкая линза.
23	Элементы волновой оптики. Волновая оптика. Принцип Гюйгенса. Явление интерференции света. Монохроматические и когерентные световые волны. Оптическая длина пути светового луча. Условия максимума и минимума при интерференции света. Способы получения когерентного света. Опыт Юнга. Интерференция света в тонких плёнках: полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона.
24	Элементы волновой оптики. Явление дифракции света. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Принцип Гюйгенса - Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на небольшом круглом отверстии и диске. Дифракция Фраунгофера на одной и многих щелях. Формулы дифракционной решетки.
25	Элементы волновой оптики. Явление поляризации света. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Степень поляризации. Способы получения линейно поляризованного света: при отражении от границы двух диэлектриков, явление двойного лучепреломления, явление линейного дихроизма. Закон Малюса.
26	Строение атома. Модели атомов Томсона и Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода. Теория атома водорода по Бору. Постулаты Бора. опыты Франка и Герца.
27	Квантовая природа излучения. Тепловое излучение. Основные характеристики теплового излучения. Модель абсолютно черного тела. Кривые теплового излучения абсолютно черного тела. Законы теплового излучения: Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина, Рэлея-Джинса, Планка.
28	Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Квантовые явления в оптике. Явление фотоэффекта и его виды. Эффект Комптона. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Понятие о работе выхода и красной границе фотоэффекта. Давление света.
29	Элементы квантовой механики. Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества. Волны де Бройля. Соотношения неопределенностей. Волновая функция и её статистический смысл. Временное и стационарные уравнения Шредингера. Частица в яме. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект.
29	Элементы квантовой механики. Атом водорода в квантовой механике. Спин электрона. Спиновое квантовое число. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по энергетическим состояниям. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях.

30	Элементы физики твердого тела. Кристаллическая решетка. Индексы Миллера. Квантовая теория свободных электронов в металле. Электронный газ. Энергетические зоны. Электропроводность металлов. Сверхпроводимость. Электропроводность полупроводников. Контактные и термоэлектрические явления. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и триоды.
31	Элементы атомного ядра. Явление радиоактивности. Атомное ядро, его состав и основные характеристики. Дефект массы и энергия связи ядра. Спин ядра и его магнитный момент. Ядерные силы. Модели ядра. Радиоактивное излучение и его виды. Законы радиоактивного распада. Методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений и частиц. Ядерные реакции и их основные типы. Реакция синтеза атомных ядер.
32	Виды взаимодействий и классы элементарных частиц. Методы регистрации элементарных частиц. Изотопический спин. Странные частицы. Слабое взаимодействие. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Нейтрино. Квантовая электродинамика. Сильное (цветное) взаимодействие. Электрослабое взаимодействие. Систематика элементарных частиц. Кварки.

### Экзаменационные задачи (примеры)

1. На наклонной плоскости длиной 13 м и высотой 5 м лежит груз массой 26 кг. Коэффициент трения равен 0,5. Какую силу надо приложить к грузу вдоль плоскости, чтобы втащить груз? Чтобы стащить груз?
2. Какую силу надо приложить для подъема вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона  $20^\circ$ , если коэффициент сопротивления движению равен 0,05?
3. Чтобы удерживать тележку на наклонной плоскости с углом наклона, надо приложить силу  $F_1$ , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы втащить вверх, надо - приложить силу  $F_2$ . Найти коэффициент сопротивления.
4. С каким ускорением  $a$  скользит брусок по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  при коэффициенте трения  $\kappa = 0,2$ ?
5. Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению ее движения. Какую скорость имела лодка, если она остановилась после двух быстро следующих друг за другом выстрелов? Масса охотника с лодкой 200 кг, масса заряда 20 г. Скорость вылета дроби и пороховых газов 500 м/с. Ответ: 0.1 м/с.
6. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2 м/с. Какова скорость вагонов после того, как сработает автосцепка? Ответ: 0.24 м/с.
7. С лодки массой 200 кг, движущейся со скоростью 1 м/с, прыгает мальчик массой 50 кг в горизонтальном направлении со скоростью 7 м/с. Какова скорость лодки после прыжка мальчика, если мальчик прыгает с кормы в сторону, противоположную движению лодки? с носа по ходу движения? Ответ: 3 м/с, 0.5 м/с.
8. На нагревание кислорода массой  $m=160$  г на  $\square T=12$  К было затрачено количество теплоты  $Q=1,76$  кДж. Как протекал процесс: при постоянном объеме или постоянном давлении?
9. Кислород занимает объем  $V_1=1$  м<sup>3</sup> и находится под давлением  $p_1=200$  кПа. Газ нагрели сначала при постоянном давлении до объема  $V_2=3$  м<sup>2</sup>, а затем при постоянном объеме до давления  $p_2=500$  кПа. Построить график процесса и найти: 1) изменение  $\square U$  внутренней энергии газа; 2) совершенную им работу  $A$ ; 3) количество теплоты  $Q$ , переданное газу.
10. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого точечным зарядом  $Q=10$  нКл на расстоянии  $r=10$  см от него. Диэлектрик — масло.
11. Расстояние  $d$  между двумя точечными зарядами  $Q_1=+8$  нКл и  $Q_2=-5,3$  нКл равно 40 см. Вычислить напряженность  $E$  поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему равна напряженность, если второй заряд будет положительным?
12. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами  $Q_1=10$  нКл и  $Q_2=-20$  нКл, находящимися на расстоянии  $d=20$  см друг от друга. Определить напряженность  $E$  поля в точке, удаленной от первого заряда на  $r_1=30$  см и от второго на  $r_2=50$  см.
13. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом (рис. 21.12). 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.



14. бесконечно длинный проводник изогнут так, как это изображено на рис. 21.8. Радиус дуги окружности  $R=10$  см. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого в токе  $O$  током  $I=80$  А, текущим по этому проводнику.

**Пример оформления экзаменационного билета**

<b>Экзамен по физике</b> Билет №4
<b>Белгородский государственный технологический университет</b>
1. Свободно падающее тело за последнюю секунду падения прошло $1/3$ своего пути. Найти время падения и высоту, с которой упало тело.
2. Шар массой $m=1$ кг, катящийся без скольжения, ударяется о стенку и откатывается от нее. Скорость шара до удара о стенку $v_1=10$ см/сек, после удара $v_2=8$ см/сек. Найти количество тепла $Q$ , выделившееся при ударе.
3. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний. Его решение.
Утверждены на заседании кафедры. Зав. кафедрой _____

**Критерии оценки:**

Итоговая оценка по дисциплине зависит от уровня освоения студентами теоретических знаний, а также развития навыков решения типовых задач.

Ответ заслуживает оценки «отлично», если

- экзаменуемый показывает полное знание основных понятий дисциплины;
- вопросы раскрыты полностью, изложение логично;
- экзаменуемый показывает умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, демонстрирует усвоение ранее изученных вопросов;
- отвечает уверенно на вопросы, в том числе и дополнительные, владеет терминологией, основными умениями и навыками.

Оценка «хорошо» выставляется, если ответ не в полной степени удовлетворяет вышеперечисленным критериям, однако, экзаменуемый обнаруживает прочные знания в объеме курса. Ответ должен быть достаточно аргументирован, вопросы глубоко и осмысленно изложены, компетенции сформированы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за то, что ответ экзаменуемого соотносится с основными требованиями, т.е. имеются твердые знания в объеме учебной программы и умение владеть терминологией.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если в ответе не раскрыто основное содержание учебного материала дисциплины; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; допущены ошибки в определении понятий, экзаменуемый не владеет методикой решения задач, не сформированы компетенции, умения и навыки.