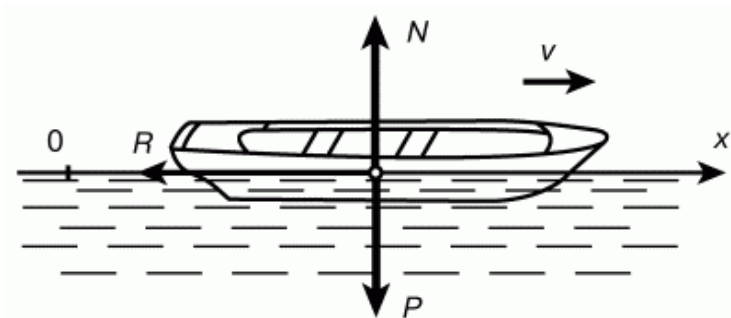


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Любая С. И., Афанасьев М. А.,
Стародубцева Г.П., Хайновский В. И.



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ФИЗИКЕ



учебно-методическое пособие для студентов
заочной формы обучения по направлению:
35.03.04 – «Агрономия»

Ставрополь
2017

УДК 53(072)
ББК 22.3я7
У 91

Рецензенты:

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и
экспертизы недвижимости
А. А. Хащенко
ФГАОУ ВПО Северо-Кавказский Федеральный университет

Кандидат педагогических наук,
доцент кафедры общей и теоретической физики
В. К. Крахоткина
ФГАОУ ВПО Северо-Кавказский Федеральный университет
Институт математики и естественных наук

Печатается по рекомендации
методической комиссии
Электроэнергетического факультета
(протокол № 5 от 16 января 2017 г.)

Любая С. И., Афанасьев М. А., Хайновский В. И., Афанасьева В. С.
Учебно-методическое пособие по физике. – Ставрополь:, 2017.- 94с.

В настоящем учебно-методическом пособии рассмотрены основные теоретические вопросы курсов механики, молекулярной физики, электростатики и оптики, приведены методические указания для самостоятельной подготовки к лабораторным работам и решению физических задач.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 35.03.04 – «Агрономия»

УДК 53(072)
ББК 22.3я7

© С.И. Любая, М.А. Афанасьев, В.И. Хайновский, В.С. Афанасьева
© Ставропольский государственный аграрный университет, 2017

Введение

В настоящее время перед высшей школой ставится задача подготовки высококвалифицированных, творчески мыслящих специалистов, способных к самообразованию и быстрой адаптации к меняющимся условиям производства.

Основной целью изучения физики является формирование знаний о физических явлениях, законах и теориях, представлений о современной физической картине мира; формирование знаний о методах познания в физической науке, формирование умений проведения физического эксперимента, обработки его результатов, умений выполнения физических исследований; развития мышления, а также, создание научной базы для изучения общетехнических и специальных дисциплин, решения профессиональных задач на базе физических знаний, формирование видов деятельности специалиста.

В содержание курса физики данного учебно-методического пособия входят следующие темы: механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, оптика и строение атома. Пособие содержит описание 9 лабораторных работ, методические указания к выполнению контрольных работ и тестовых заданий, организация самостоятельной работы студентов и глоссарий. Предназначено для обучения студентов по программе бакалавриата: 35.03.04 – «Агрономия».

Данное учебно-методическое пособие разработано в соответствии с государственным стандартом бакалавриата факультета агробиологии и земельных ресурсов. Цель данного пособия состоит в том, чтобы на практике проверить теоретические знания студентов, выработать у них умение работать с приборами, развить навыки и мышление в процессе проведения экспериментов, умение обрабатывать, анализировать, обобщать результаты, решать задачи, делать выводы.

Цели освоения дисциплины

Освоение знаний о механических, тепловых, электромагнитных и квантовых явлениях; величинах, характеризующих эти явления; законах, которым они подчиняются; методах научного познания природы.

Овладение умениями проводить наблюдения природных явлений, описывать и обобщать результаты наблюдений, использовать простые измерительные приборы; применять полученные значения для объяснения принципов действия технических устройств; для решения физических задач.

Развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в ходе решения физических задач и выполнения лабораторных работ; способности к самостоятельному приобретению новых знаний в соответствии с жизненными потребностями и интересами. Воспитание убежденности в необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества.

Применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни, для обеспечения безопасности своей жизни.

Задачи: изучение законов механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики, атомной физики; овладение методами лабораторных исследований; выработка умений по применению законов физики в сельскохозяйственном производстве.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению.

Общекультурные: способность к самоорганизации и самообразованию.

Общепрофессиональные: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: смысл основных понятий: физическое явление, физическая величина, модель, гипотеза, принцип, постулат, теория; смысл основных физических величин; смысл физических законов (механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики), принципов и постулатов (формулировка границы применимости); вклад российских ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики.

Уметь: применять законы физики в сельскохозяйственном производстве; логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; описывать и объяснять результаты наблюдений и экспериментов; приводить примеры опытов, что наблюдения и эксперимент служат основой для выдвижения гипотез и построения научных теорий; описывать фундаментальные опыты, оказавшие

существенное влияние на развитие физики; применять полученные знания для решения физических задач.

Владеть: методикой проведения физического эксперимента в лабораторных условиях; владеть основными законами физики; владеть навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении лабораторных экспериментов; умением правильного объяснения результатов эксперимента, если даже результат отрицательный; методами оказания первой помощи при несчастных случаях в физической лаборатории; навыками использования приобретенных знаний и умений в практической деятельности и повседневной жизни для обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования бытовых электроприборов, средств радио- и телекоммуникационной связи.

ГЛАВА 1 ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Измерительные приборы и наши органы чувств несовершенны. Поэтому все измерения можно делать только с определенной степенью точности.

Погрешности, допускаемые во время измерений, делятся на две категории: систематические и случайные.

Систематические погрешности – погрешности, связанные с ограниченной точностью изготовления прибора, неточностью самого метода измерения (пренебрежение силами сопротивления и трения), неправильной установкой прибора (например, сбит нуль шкалы прибора), но эти погрешности в принципе можно исключить, введя соответствующие поправки.

Случайные погрешности – вызываются большим числом случайных причин, действие которых на результат каждого измерения различно, и которые не могут быть заранее учтены.

Погрешность при прямых измерениях

Для уменьшения погрешностей случайного характера измерение данной величины x выполняют многократно (3, 5 и более раз) и получают ряд

значений – $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$

1. *Среднеарифметическая величина* $\langle x \rangle$

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

(где n – число измерений) есть величина наиболее близкая к истинному значению.

2. *Абсолютная погрешность измерения* отдельных измерений есть разность между измеренным и средним значением искомой величины

$$\Delta x_i = x_i - \langle x \rangle$$

3. *Средняя абсолютная погрешность*

$$\Delta x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta x_i|$$

является единой мерой случайных ошибок всей серии измерений.

4. *Средняя относительная погрешность* результата измерений есть отношение средней абсолютной погрешности к среднему или табличному значению этой величины

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle} \cdot 100\% \text{ или } \varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{таб}} \cdot 100\%$$

Относительные погрешности выражаются в процентах.

Истинное значение измеряемой величины заключено в интервале

$$x = \langle x \rangle \pm \Delta x$$

Если точность прибора такова, что при любом числе измерений получается одно и то же число, лежащее где-то между делениями шкалы, то приведенный метод оценки погрешностей неприемлем. В этом случае измерение проводится один раз, в качестве среднего значения величины X берется среднее арифметическое двух соседних делений шкалы, между которыми заключено показание прибора, а Δx определяется как половина цены деления шкалы.

Погрешность при косвенных измерениях

При косвенных измерениях точность выполнения серии опытов ограничивается погрешностями, допущенными при прямых измерениях, входящих в расчетную формулу.

Пусть искомая величина A задана соотношением

$$A = f(x, y, z),$$

где: x, y, z - независимые величины. Тогда за экспериментальное значение величины A принимают значение

$$\langle A \rangle = f(\langle x \rangle, \langle y \rangle, \langle z \rangle),$$

совпадающее при достаточно малых погрешностях величины A с ее средним значением. Расчет погрешностей при косвенном измерении нельзя произвести так, как при прямом измерении. Ниже приводятся выражения, по которым производятся вычисления относительных ошибок для наиболее часто встречающихся расчетных формул.

$$1. \quad A = x + y \quad \varepsilon = \frac{\Delta x + \Delta y}{x \pm y} \cdot 100\%$$

$$2. \quad A = x \cdot y \quad A = x/y \quad \varepsilon = \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \right) \cdot 100\%$$

$$3. \quad A = x^n \quad \varepsilon = n \cdot \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%$$

$$4. \quad A = e^x \quad \varepsilon = \Delta x \cdot 100\%$$

$$5. \quad A = \sin x \quad \varepsilon = |\operatorname{ctg} x| \cdot 100\%$$

где: Δx и Δy – абсолютные ошибки отдельных величин.

Зная среднее значение величины A и относительную погрешность ε , можно найти значение абсолютной ошибки из определения:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A} \Rightarrow \Delta A = \varepsilon \cdot A$$

Например, оценить абсолютную и относительную погрешность при определении плотности цилиндра.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{h \cdot \pi \cdot D^2}{4}} = \frac{4m}{h \cdot \pi \cdot D^2},$$

где m - масса цилиндра, D - диаметр основания, h – высота.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\langle \Delta m \rangle}{\langle m \rangle} = 2 \frac{\langle D \rangle}{\langle D \rangle} + \frac{\langle \Delta h \rangle}{\langle h \rangle}$$

Абсолютную погрешность можно определить из соотношения:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\rho}{\rho} \Rightarrow \Delta\rho = \varepsilon \cdot \rho$$

При определении абсолютных погрешностей отдельных измерений (Δx , Δy , Δz) следует руководствоваться следующими правилами:

1. Если указатель измерительного прибора (стрелка, риска и т.д.) движется плавно, то абсолютная ошибка измерения равна половине цены деления шкалы.

2. Если указатель движется скачкообразно (например, механический секундомер), то абсолютная погрешность равна цене деления шкалы.

Точность измерительных приборов

Точностью измерительного прибора называется наименьшая величина, которую можно вполне надежно определять с помощью данного прибора.

Если точность прибора неизвестна, ее считают равной половине цены наименьшего деления шкалы прибора. Если измерения проводятся прибором, снабженным нониусом (штангенциркуль), то точность прибора принимается равной разности между ценой одного деления прибора и одного деления нониуса. Для электроизмерительных приборов погрешность измерения характеризуется классом точности в пределах от 0,05 до 4. Значение класса точности указывается на лицевой стороне прибора.

Штангенциркуль (рис.1а, б) Состоит из подвижной и неподвижной измерительных губок 2, 3 и имеет две шкалы: (см. рис. 1а): основная 1 и шкала 4 нониуса. Цена деления основной шкалы – 1 мм, нониуса – 0,9 мм (см. рис. 1б), таким образом, каждое деление нониуса короче деления штанги на 0,1 мм. Точностью нониуса называется отношение цены деления шкалы основной линейки к числу делений нониуса. Чтобы измерить линейный размер предмета, его зажимают между измерительными губками штангенциркуля и делают отсчет по нониусу. Если нулевое деление нониуса совпадает с каким-нибудь делением шкалы (на штанге), то это деление указывает действительный размер в мм.

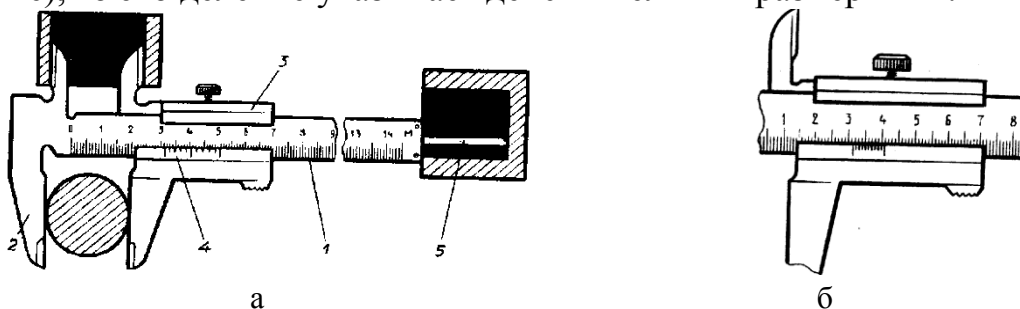


Рис. 1. Штангенциркуль: а) общий вид, б) нониус

Если нулевое деление нониуса не совпадает ни с одним делением

основной шкалы, то действительный размер равен сумме двух слагаемых: целому числу миллиметров, сложенному с дробной частью. Целое число миллиметров показывает ближайший штрих основной шкалы слева от нулевого штриха нониуса, а число десятых долей миллиметра равно порядковой цифре штриха нониуса, который точно совпал со штрихом основной шкалы (штанги).

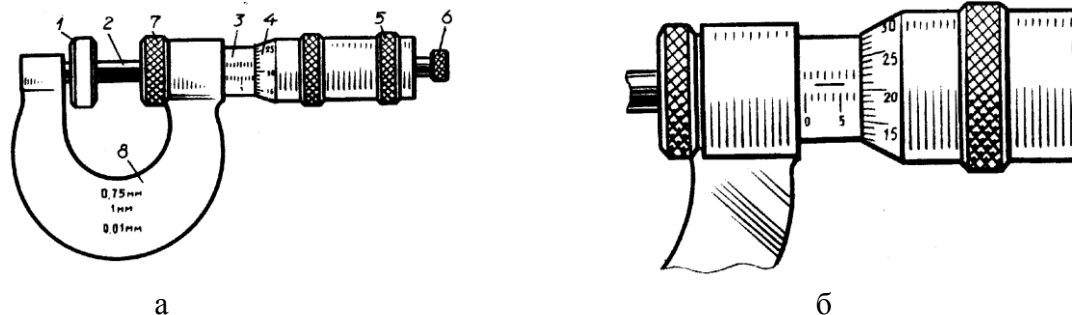


Рис. 2. Микрометр: а) общий вид, б) шкала барабана

Микрометр (рис. 2а, б) представляет собой массивную металлическую скобу 8, с одной стороны которой имеется неподвижная измерительная пятка, с другой – стебель 2, снаружи охватываемый барабаном 4, соединенный с микрометрическим винтом 7. На правом конце стебля микрометра имеется трещотка, предназначенная для обеспечения постоянства измерительного усилия. На поверхность стебля микрометра нанесена продольная риска, вдоль которой (выше и ниже ее) нанесены миллиметровые штрихи 3.

Верхние штрихи делят нижние пополам. Эта шкала называется основной. Вторая шкала нанесена на окружность скоса барабана и называется круговой шкалой 4. Цена деления основной шкалы – 1 мм, круговой шкалы – 0,01 мм. Показания микрометра складываются из показаний основной шкалы и шкалы барабана (см. рис. 2б). Порядковый номер видимого нижнего штриха основной шкалы перед кромкой барабана равен целому числу миллиметров. Если перед кромкой барабана виден еще и штрих сверху, то к числу миллиметров нужно прибавить еще 0,5 мм. Число сотых долей миллиметра равно порядковому номеру штриха на шкале барабана, совпадающего с продольным штрихом шкалы.

Общие сведения об электроизмерительных приборах, используемых в лабораторном практикуме

Выполнение любой лабораторной работы по электричеству и магнетизму сопровождается измерением тока, напряжения, мощности, сопротивления, емкости, индуктивности, частоты и других величин, что позволяет понять сущность исследуемого физического процесса и выявить характеристики того или иного электротехнического устройства. Для обеспечения правильности полученного результата необходимо *грамотно* использовать имеющиеся в лаборатории средства электрических измерений, уметь оценивать численные значения измеряемой величины с

указанием точности полученного результата измерений.

К основным средствам электрических измерений, представленных в лаборатории, относятся; показывающие *стрелочные приборы* – амперметры, вольтметры, ваттметры; цифровые вольтметры и амперметры, звуковые генераторы, осциллографы и др.

Стрелочные электроизмерительные приборы классифицируются по следующим основным признакам:

- а) по роду измеряемой величины: амперметры, вольтметры, ваттметры, омметры и другие;
- б) по роду тока: приборы постоянного или переменного тока, приборы постоянного и переменного тока;
- в) по принципу действия: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные, тепловые, электростатические и другие;
- г) по степени точности (согласно ГОСТ13600-68) все электроизмерительные приборы разделяются на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Приборы класса точности 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 применяются для точных измерений и называются *прецизионными*.

Для того, чтобы можно было легко получить необходимую характеристику электроизмерительного прибора, на лицевой стороне прибора указываются при помощи условных обозначений:

1. Единица измеряемой величины, т.е. наименование прибора
 A – амперметр, mA – миллиамперметр, V – вольтметр, W – ваттметр, φ – фазометр, Ω – омметр и др.
2. Электроизмерительная система прибора



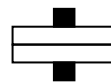
магнитоэлектрическая

я



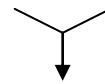
электромагнитная

я



электродинамическая

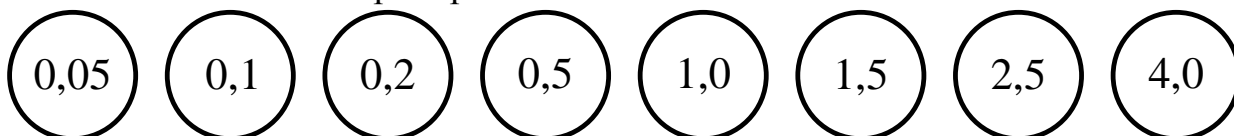
я



тепловая

я

3. Класс точности прибора



4. Род измеряемого тока:
– постоянный, \sim переменный, \approx постоянный и переменный.
5. Рабочее положение прибора
 \perp или \uparrow вертикальное, \square или \rightarrow горизонтальное, $\angle 60^\circ$ под заданным углом к горизонту.

На лицевой стороне прибора так же указывается: заводской номер прибора, его внутреннее сопротивление на различных пределах, индуктивность шунтов, год изготовления прибора и специальные обозначения.

Чувствительностью прибора S называется величина, численно, равная отношению приращения угла поворота $d\varphi$ подвижной части прибора, следовательно, и стрелки прибора, к приращению измеряемой величины.

Если, например, приращения угла $d\varphi$ вызвало приращение тока dI , то $S = \frac{d\varphi}{dI}$. Отношение $C = \frac{1}{S}$ называется *ценой деления прибора*, она определяет значение электрической величины, вызывающей отклонение стрелки (указателя) на одно деление.

Цену деления шкалы прибора « C » на практике находят наиболее простым способом: путем деления предела измеряемой величины на число делений шкалы прибора. Для предыдущего примера получим

$$C_1 = \frac{U_1}{N} = \frac{75 \text{ В}}{150 \text{ дел}} = 0,5 \frac{\text{В}}{\text{дел}}; \quad C_2 = \frac{U_2}{N} = \frac{150 \text{ В}}{150 \text{ дел}} = 1 \frac{\text{В}}{\text{дел}};$$
$$C_3 = \frac{U_3}{N} = \frac{300 \text{ В}}{150 \text{ дел}} = 2 \frac{\text{В}}{\text{дел}}; \quad C_4 = \frac{U_4}{N} = \frac{600 \text{ В}}{150 \text{ дел}} = 4 \frac{\text{В}}{\text{дел}}.$$

Аналогично находится цена деления шкал амперметров, ваттметров и других приборов.

При включении прибора в работу измеряемая величина (сила тока, напряжение, мощность и др.) будет равна произведению цены деления шкалы прибора на число делений, которое фиксирует стрелка прибора.

Для расширения пределов измерения амперметров применяются *шунты* – постоянные сопротивления, которые подключаются параллельно обмотке рамки. Для расширения пределов измерения вольтметра применяются *добавочные сопротивления*, которые подключаются последовательно к обмотке рамки. Электроизмерительный прибор, пределы которого могут изменяться при переключении его электрической схемы на соответствующий шунт или добавочное сопротивление называется *многопредельным*. Такие приборы позволяют измерять величины силы тока, напряжения, мощности и др. в широких диапазонах и с наименьшей погрешностью.

Для наглядного представления физического процесса практически во всех лабораторных работах необходимо построение функциональной зависимости, которая оказывает существенную помощь наряду с численными расчетами искомых величин.

Лабораторная работа № 1
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ТЕЛ
СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ**

Цель работы: определить момент инерции твердого тела.

Оборудование: два концентрических диска (пластмассовый и металлический), закрепленных вместе, секундомер, линейка, набор грузов.

Основание к допуску

1. Иметь краткий конспект теоретической части и практического выполнения работы.
2. Знать порядок выполнения лабораторной работы.

Основание к зачету

1. Иметь оформленный отчет с расчетами в системе единиц «СИ» и заполненной таблицей.
2. Ответить на вопросы:
 - 1) Что называется моментом инерции материальной точки?
 - 2) Что называется моментом инерции твердого тела? В каких единицах он измеряется?
 - 3) Как запишутся формулы для вычисления моментов инерции тел правильной геометрической формы (обруч, диск, стержень, шар)?
 - 4) Как читается теорема Штейнера? Записать формулу.
 - 5) По какой формуле рассчитывается кинетическая энергия вращающегося тела?

Краткая теория

При вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной оси любые точки тела описывают окружности, лежащие в параллельных плоскостях. Центры этих окружностей расположены на одной прямой, называемой осью вращения. Вращательное движение тела вокруг закрепленной оси широко используется в различных аппаратах пищевых производств (центрифуги, мельницы, измельчители и др.), а также в молекулярной биологии, физической химии. Сепараторы и центрифуги широко используются в молочной промышленности. В период разгона сепаратора его энергия расходуется на сообщение кинетической энергии барабану (30%); на преодоление сил трения в пусковом механизме (40%); в приводном механизме (20%); а также сопротивление воздуха (10%). В этот период потребляемая мощность должна быть примерно в 1,5 раза больше, чем во время рабочего хода. Как указано в период разгона сепаратора мощность расходуется на сообщение кинетической энергии E_k барабану, рассчитываемой по формуле:

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}, \quad (1.1)$$

где I – момент инерции ротора, ω – угловая скорость вращения барабана.

Таким образом, знание момента инерции тел участвующих во вращательном движении необходимо для расчетов эксплуатационных характеристик сепараторов и центрифуг. Центрифугирование используют в виноделии для осветления сула перед брожением. Валковые дробилки используются на винзаводах для измельчения ягод винограда. В процессе измельчения валки вращаются в противоположные стороны с одинаковой или разной частотой. Знание частоты вращения и угловой скорости валков необходимо для расчетов производительности таких устройств.

Известно, что инертные свойства тела при вращательном движении характеризует момент инерции.

Момент инерции I_i материальной точки массой m_i , находящейся на расстоянии r_i от оси вращения, численно равен произведению массы точки на квадрат этого расстояния:

$$I_i = m_i \cdot r_i^2 . \quad (1.2)$$

Для вычисления момента инерции какого-либо тела его делят на множество достаточно малых i - элементов, каждый из которых может быть приближенно принят за материальную точку. Для каждого из этих элементов вычисляют момент инерции, сумма которых и составит момент инерции всего тела.

Моментом инерции тела относительно оси вращения называется физическая величина, равная сумме моментов инерции материальных точек, составляющих данное тело:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 . \quad (1.3)$$

В случае непрерывного распределения масс эта сумма сводится к интегралу:

$$I = \int r^2 \cdot dm = \int_V r^2 \cdot \rho \cdot dV , \quad (1.4)$$

где ρ – плотность вещества и интегрирование производится по всему объему тела – V .

Подобным образом вычисляются моменты инерции однородных тел правильной геометрической формы относительно оси, проходящей через центр масс этих тел. Рассмотрим в качестве примера несколько таких тел: обруч, тонкостенный цилиндр радиусом R и массой m :

$$I_c = m \cdot R^2 ; \quad (1.5)$$

тонкий однородный круглый диск, круглый сплошной цилиндр радиусом R и массой m :

$$I_c = \frac{m \cdot R^2}{2} ; \quad (1.6)$$

тонкий прямой стержень массой m и длиной l :

$$I_c = \frac{m \cdot l^2}{12} ; \quad (1.7)$$

однородный сплошной шар массой m и радиусом R :

$$I_c = \frac{2 \cdot m \cdot R^2}{5}. \quad (1.8)$$

Момент инерции в СИ измеряется в $[\text{кг} \cdot \text{м}^2]$.

Моменты инерции тел зависят от того, где проходит закрепленная ось вращения. Нахождение моментов инерции тела при параллельном произвольном переносе его оси вращения можно рассчитать, если воспользоваться **теоремой Штейнера**:

Момент инерции тела I относительно произвольной оси вращения равен его моменту инерции I_0 относительно оси вращения, параллельной данной и проходящей через центр массы тела, сложенному с произведением массы тела на квадрат расстояния d между параллельными осями.

$$I = I_0 + md^2. \quad (1.9)$$

Для тел неоднородных или сложной геометрической формы момент инерции обычно определяют опытным путем.

При этом следует помнить, что кинетическая энергия поступательного движения тела определяется по формуле:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (1.10)$$

Здесь линейная – v и угловая – ω скорости связаны соотношением:

$$v = \omega \cdot R. \quad (1.11)$$

Кинетическая энергия вращательного движения тела определяется по формуле (1.1).

Экспериментальная часть

Установка для определения момента инерции содержит пластиковый диск 1 и металлический шкив 2 на который наматывается нить с гирей 3 на конце (рис 3).

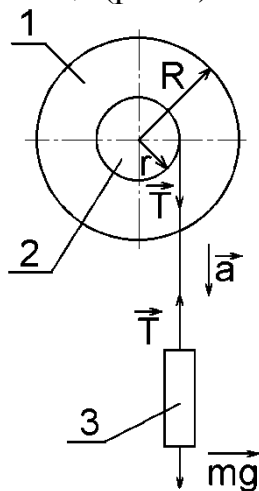


Рис.3. Система диск-шкив

Опускаясь под действием силы тяжести гири $m\vec{g}$, нить разматывается и вращает систему диск-шкив в соответствии с **основным законом динамики вращательного движения**:

$$M = I \cdot \varepsilon, \quad (1.12)$$

где M – момент силы относительно оси вращения; I – момент инерции относительно оси вращения (величина, которую нужно определить); ε – угловое ускорение. Поскольку момент силы трения в оси вращения очень мал, то мы им пренебрегаем.

Тогда из (1.12) получаем:

$$I = \frac{M}{\varepsilon}. \quad (1.13)$$

Если T – сила натяжения нити, а r – плечо силы (оно равно радиусу

шкива, на который наматывается нить), то

$$M = T \cdot r. \quad (1.14)$$

Пусть m – масса падающей гири, g – ускорение свободного падения, a – ускорение падения гири, тогда второй закон Ньютона для поступательного движения груза запишется выражением:

$$m \cdot g - T = m \cdot a, \quad (1.15)$$

откуда получаем, что:

$$T = m \cdot g - m \cdot a = m \cdot (g - a). \quad (1.16)$$

Подставляя (1.16) в (1.14), а затем в (1.13), получим

$$I = \frac{m \cdot r \cdot (g - a)}{\varepsilon} = \frac{m \cdot g \cdot r \cdot \left(1 - \frac{a}{g}\right)}{\varepsilon}. \quad (1.17)$$

Из формулы $h = \frac{a \cdot t^2}{2}$ для пути ускоренного движения тела без начальной скорости (процесс падения гири) определим ускорение:

$$a = \frac{2 \cdot h}{t^2}, \quad (1.18)$$

где h – высота падения гири, t – время ее падения.

Тогда угловое ускорение ε можно рассчитать из соотношения:

$$\varepsilon = \frac{a}{r}. \quad (1.19)$$

Подставляя (1.18) и (1.19) в (1.17), получим

$$I = \frac{m \cdot g \cdot r \cdot \left(1 - \frac{a}{g}\right)}{\frac{2h}{t^2 r}} = \frac{m \cdot g \cdot r^2 \cdot t^2 \left(1 - \frac{a}{g}\right)}{2h}. \quad (1.20)$$

Учитывая, что в наших опытах $\frac{a}{g} \ll 1$, окончательно получим выражение для экспериментального определения момента инерции системы диск-шкив:

$$I = \frac{m \cdot g \cdot r^2 \cdot t^2}{2h}. \quad (1.21)$$

Теоретическое значение момента инерции системы диск-шкив относительно оси, проходящей через центр масс, можно рассчитать по формуле

$$I_T = I_1 + I_2 = \frac{m_1 R^2}{2} + \frac{m_2 r^2}{2}, \quad (1.22)$$

где m_1 и m_2 – массы диска и шкива, а R и r – их радиусы.

Порядок выполнения работы

1. По формуле (1.22) рассчитайте теоретическое значение момента инерции I_T системы диск-шкив.
2. Подвесьте гирьку $m = 0,1$ кг на высоте $h = 1,5$ м от пола и секундомером определите три раза время t движения гирьки до удара о пол и рассчитайте среднее значение времени падения:

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

3. Затем определите опытное значение $I_{оп1}$ момента инерции системы диск-шкив по формуле (1.21).
4. Повторите опыт с гирьками массами 0,2 кг и 0,3 кг и рассчитайте соответствующие моменты инерции $I_{оп2}, I_{оп3}$.
5. Определите среднее экспериментальное значение момента инерции системы диск-шкив:

$$I_{cp} = \frac{I_{оп1} + I_{оп2} + I_{оп3}}{3}. \quad (1.23)$$

6. Используя величины (1.22) и (1.23) рассчитайте погрешность измерений:

$$\varepsilon = \frac{|I_T - I_{cp}|}{I_T} \cdot 100\%$$

7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

| № п.п. | Диск | | Шкив | | $I_T,$ кг·м ² | m, кг | t, с | $I_{оп},$ кг·м ² | $I_{cp},$ кг·м ² | $\varepsilon,$ % |
|-----------|--------------|---------|--------------|---------|-----------------------------|----------|---------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| | $m_1,$ кг | R, м | $m_2,$ кг | r, м | | | | | | |
| 1. | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | |

8. Сделайте вывод из результатов проделанной работы.

Лабораторная работа № 2 ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК

Цель работы: определить момент инерции физического маятника (металлической пластины) относительно нескольких произвольных осей вращения.

Оборудование: металлическая пластина, секундомер, линейка.

Основание к допуску

1. Иметь краткий конспект теоретической части и практического выполнения работы.

2. Знать порядок выполнения лабораторной работы.

Основание к зачету

1. Иметь отчет о работе.
2. Ответить на вопросы:
 - 1) Что называется гармоническим колебанием?
 - 2) Что такое фаза, период, амплитуда колебания?
 - 3) Что называется физическим маятником? Чему равен период его колебания (формула)?
 - 4) Что называется моментом инерции материальной точки относительно оси вращения?
 - 5) Знать формулы для расчета моментов инерции стержня, шара, диска, кольца относительно оси вращения, проходящей через их центр масс?
 - 6) Как рассчитать моменты инерции этих тел относительно оси вращения, не совпадающей с центром масс?

Краткая теория

Гармоническим колебанием называется периодическое колебательное движение, при котором координаты положения тела меняются во времени по закону синуса или косинуса.

Функция описывающая гармоническое колебание имеет вид:

$$x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{T} + \varphi\right) = A \cdot \sin(2\pi \nu t + \varphi), \quad (2.1)$$

где x – расстояние отклонения от положения равновесия материальной точки (тела) в любой момент времени, A – амплитуда колебания: наибольшее отклонение от положения равновесия, T – период колебания: время, в течение которого совершается одно полное колебание, $(\omega t + \varphi)$ – фаза колебания: величина, характеризующая положение и направление колеблющегося тела в любой момент времени, φ – начальная фаза колебания (отсчет производится не от положения равновесия), ω – круговая (циклическая) частота, ν – частота колебаний (число колебаний в единицу времени).

Если начальная фаза равна 0, то уравнение (2.1) примет вид:

$$x = A \cdot \sin \omega t. \quad (2.2)$$

т. к. $\nu = \frac{1}{T}$ и $\omega = 2\pi \nu$.

Гармонические колебания совершаются только при малых углах отклонения колеблющегося тела относительно положения равновесия. Известно несколько основных видов маятников совершающих гармонические колебания (математический, физический, пружинный). В данной работе нас интересует физический маятник.

Физическим маятником называется твердое тело, укрепленное на неподвижной оси вращения, не совпадающей с центром масс тела, и

совершающее колебания относительно этой оси (рис. 4).

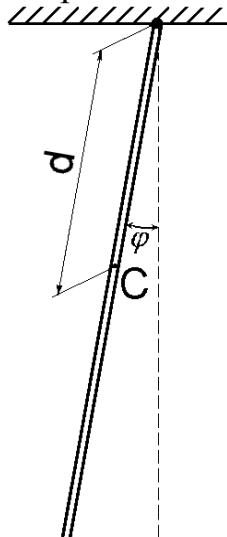


Рис.4

На основании уравнения гармонического колебания и основного уравнения динамики вращательного движения выводится формула **периода колебаний физического маятника**

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot d}}, \quad (2.3)$$

где I – момент инерции физического маятника относительно оси подвеса; d – расстояние от оси подвеса до центра масс маятника, m – масса маятника, g – ускорение свободного падения.

Тогда из (2.3) получаем для экспериментального определения момента инерции металлической пластины выражение:

$$I_{\text{эсп}} = \frac{mgd \cdot T^2}{4\pi^2}, \quad (2.4)$$

Эта формула применяется также для нахождения экспериментальных значений моментов инерции тел сложной конфигурации относительно произвольных осей вращения.

Теоретическое значение моментов инерции тел относительно произвольной оси рассчитывается по **теореме Штейнера**

$$I_T = I_0 + m \cdot d^2, \quad (2.5)$$

где I_0 – момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр его масс, d – расстояние между указанными осями вращения.

Известно, что для стержня

$$I_c = \frac{m \cdot l^2}{12}, \quad (2.6)$$

где m – масса стержня, l – его длина.

Экспериментальная часть

Задание 1. Ось вращения проходит через конец пластины (рис. 5а).

1. Рассчитайте теоретическое значение момента инерции относительно этой оси по формулам (2.5) и (2.6), где $m = 4,25$ кг, $l = 1,6$ м, $d = 0,8$ м.
2. Отклоните пластину на небольшой угол φ от положения равновесия ($\angle 10^\circ$) и с помощью секундомера определите время t , за которое он совершит $n = 10, 20, 30$ полных колебаний. Результаты занесите в таблицу 1.

| | | | |
|------|----|----|----|
| n | 10 | 20 | 30 |
| t, с | | | |
| T, с | | | |

3. Рассчитайте для каждого случая период колебания по формуле

$$T = \frac{t}{n}.$$

4. Затем найдите среднее значение периода колебаний по формуле: $T_{cp} = \frac{1}{3}(T_1 + T_2 + T_3)$.

5. Вычислите опытное значение момента инерции по формуле (2.4) для данного значения расстояния d (которое следует измерить).

6. Рассчитайте погрешность измерения по формуле:

$$\varepsilon = \frac{|I_T - I_{cp}|}{I_T} \cdot 100\%$$

- Задание 2.** Ось вращения приблизить к центру масс (рис. 5б).

1. Рассчитайте теоретическое значение по формуле (2.5), где $m = 4,25$ кг, $l = 1,6$ м, $d = 0,4$ м.
2. Повторите опыт аналогично пункту 2 задания 1.
3. Рассчитайте опытное значение момента инерции по формуле (2.4).
4. Рассчитайте погрешность опыта.
5. Сделайте вывод, как изменился момент инерции с уменьшением расстояния от оси вращения до центра масс.

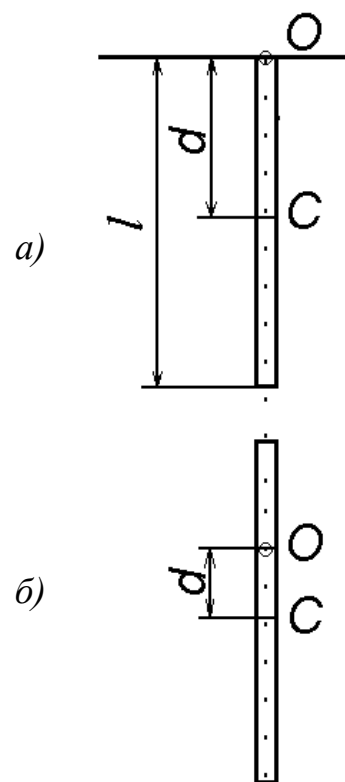


Рис.5

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ

Цель работы: определить коэффициент динамической вязкости касторового масла.

Оборудование: цилиндр с касторовым маслом, секундомер, свинцовые шарики, микрометр, вискозиметры.

Основание к допуску

1. Иметь краткий конспект теоретической части и практического выполнения работы.
2. Знать порядок выполнения лабораторной работы.

Основание к зачету

1. Иметь оформленный отчет, расчеты, сделанные в СИ, оценки погрешностей и выводов.
2. Ответить на вопросы:
 - 1) Как записывается уравнение Ньютона для внутреннего трения?
 - 2) Что показывает градиент скорости? В каких единицах он

- измеряется?
- 3) Каков физический смысл коэффициента динамической вязкости? В каких единицах он измеряется?
 - 4) Записать уравнение Стокса.
 - 5) От чего зависит сила трения при движении тел шарообразной формы в вязкой среде?
 - 6) Какие силы действуют на падающий в вязкой среде шарик, и каков характер движения шарика?
 - 7) Какую роль играет на практике вязкость жидкостей?

Краткая теория

Внутреннее трение (вязкость) – это свойство реальных жидкостей (или газов) благодаря которому выравнивается скорость движения различных слоев. Вязкость проявляется в том, что возникающее в жидкости движение после устранения причин, его вызывающих, постепенно прекращается.

По вязкости судят о качестве продуктов питания, например, молочных продуктов, сахара, сиропов, сока и т. д. В виноделии выдержка вина – ответственный технологический процесс при котором происходят различные физические процессы: осаждение взвешенных частиц и испарение летучих компонентов. Скорость осаждения частиц в вине зависит от размеров частиц (метод Стокса в лабораторной работе) и она во много раз увеличивается при введении сорбентов и флокулянтов. Чтобы избежать нежелательного влияния конвекции выдержку вин проводят в помещениях с постоянной температурой и отсутствием вибрации. При хранении вина в дубовых бочках необходимо поддерживать температуру, поскольку при повышении температуры скорость перемещения вина по капиллярам (порам) дубовой клепки увеличивается вследствие уменьшения вязкости. В биологических системах вязкость оказывает влияние на протекание ряда процессов в живом организме (диффузия веществ, подвижность ионов).

Численные значения коэффициентов динамической вязкости необходимы для расчетов трубопроводов в аппаратах пищевых производств. Продукты с низким коэффициентом вязкости могут легко разливаться на простом оборудовании, но они образуют пену, в то время как некоторые плотные продукты, имеющие консистенцию сливок, расфасовываются очень легко, поскольку вообще не дают пены. Чтобы свести вспенивание к минимуму и обеспечить регулируемый поток жидкости при розливе в упаковку, следует правильно выбрать тип штуцера с учетом вязкости продукта и поверхностного натяжения.

Внутреннее трение относится к явлениям переноса. Рассмотрим медленное течение жидкости в трубе под действием постоянной внешней разности давлений, направленной вдоль движения (рис. 6а). Скорости движения разных слоев в ней будут неодинаковы: наибольшее ее значение в центре и минимальное (близкое к нулю) – у стенок.

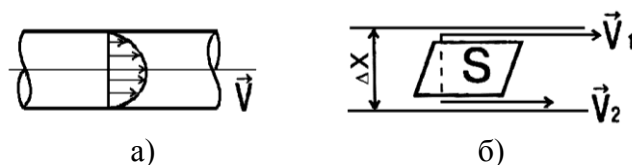


Рис. 6.

Это связано с тем, что, наряду с направленным движением вдоль трубы, молекулы жидкости из-за хаотического (теплового) движения переходят из слоя в слой.

При таком переходе происходит перенос импульса направленного движения из слоя в слой, что приводит к ускорению слоя, движущегося более медленно, и замедлению слоя, движущегося быстрее.

Сила внутреннего трения, возникающая при относительном перемещении слоев жидкости, определяется **формулой Ньютона**:

$$F_{TP} = -\eta S \frac{\Delta v}{\Delta x}, \quad (3.1)$$

где η – коэффициент внутреннего трения (динамической вязкости) жидкости, $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ – градиент скорости – векторная величина, направленная перпендикулярно вектору скорости и показывающая изменение скорости на единицу расстояния между слоями (рис. 6б), измеряется в $[c^{-1}]$, S – площадь соприкасающихся слоев.

Из (3.1) следует:

$$\eta = \left| \frac{F_{TP}}{\frac{\Delta v}{\Delta x} S} \right|. \quad (3.2)$$

Для выяснения физического смысла коэффициента η подставим в уравнении (3.2) $\frac{\Delta v}{\Delta x} = 1 c^{-1}$, а $S = 1 m^2$.

Тогда $\eta = |F_{TP}|$, т. е. **коэффициентом динамической вязкости** называется физическая величина, численно равная силе внутреннего трения, действующей на единицу площади соприкасающихся слоев, при градиенте скорости равном 1 (единице).

В системе «СИ» коэффициент динамической вязкости измеряется в Па · с.

Экспериментальная часть

Коэффициент динамической вязкости может быть измерен **методом Стокса**, который основан на измерении скорости шарика, равномерно падающего в вязкой среде.

На шарик, свободно падающий в вязкой среде, действуют следующие силы (рис. 7):

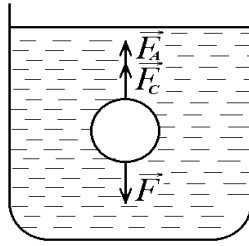


Рис. 7

1) сила тяжести шарика:

$$F = mg = \rho_2 V g = \frac{4\pi r^3 \rho_2 g}{3}, \quad (3.3)$$

где m – масса шарика, g – ускорение силы тяжести, ρ_2 – плотность материала шарика, V – объем шарика, r – радиус шарика;

2) выталкивающая сила Архимеда:

$$F_A = \rho_1 V g = \frac{4\pi r^3 \rho_1 g}{3}, \quad (3.4)$$

где F_A – равна весу вытесненной шариком жидкости, $\frac{4\pi r^3}{3}$ – объем вытесненной шариком жидкости, ρ_1 – плотность жидкости;

3) сила сопротивления движению (сила Стокса), обусловленная силами внутреннего трения между слоями жидкости, которая для малых скоростей падения небольших шарообразных тел, как показал Стокс, равна:

$$F_c = 6 \pi r \eta v. \quad (3.5)$$

где v – скорость падения шарика, r – радиус шарика.

Вначале шарик движется ускоренно, но по мере увеличения скорости падения шарика сила сопротивления F_c будет тоже возрастать, и наступит такой момент, когда сила тяжести уравнивается выталкивающей силой и силой сопротивления:

$$F = F_c + F_A. \quad (3.6)$$

Движение шарика станет равномерным.

Подставляя в (3.6) соответствующие значения (3.3), (3.4) и (3.5), получим

$$\frac{4\pi r^3 \rho_2 g}{3} = \frac{4\pi r^3 \rho_1 g}{3} + 6\pi r \eta v$$

или

$$6r\pi\eta v = \frac{4\pi r^3 \rho_2 g}{3} - \frac{4\pi r^3 \rho_1 g}{3} \quad (3.7)$$

Из уравнения (3.7) определим коэффициент динамической вязкости

$$\eta = \frac{[2gr^2(\rho_2 - \rho_1)]}{9v} = \frac{gd^2(\rho_2 - \rho_1)t}{18 \cdot h}. \quad (3.8)$$

где $d = 2r$ – диаметр шарика, h – расстояние его падения по вертикали.

В формуле (3.8) выражение

$$C = \frac{[g(\rho_2 - \rho_1)]}{18 \cdot h} \quad (3.9)$$

постоянное, поэтому рабочая формула приобретает вид

$$\eta = C \cdot d^2 \cdot t. \quad (3.10)$$

Порядок выполнения работы

1. Найдите в таблице и запишите плотности касторового масла и свинца и рассчитайте константу C по формуле (3.9).
2. Микрометром измерьте диаметр шарика и его значение запишите в таблицу 1.
3. Опустите шарик в цилиндр с касторовым маслом ближе к оси, и секундомером измерьте время t прохождения шариком расстояние h между метками «а» и «б» ($h = 0,2$ м).
4. Рассчитайте коэффициент динамической вязкости по формуле (3.10).
5. Повторите указанный опыт 6 раз и занесите данные в таблицу 1.

Таблица 1

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| d, м | | | | | | |
| t, с | | | | | | |
| η , Па·с | | | | | | |

6. По данным таблицы 1 рассчитайте среднее значение величины $\eta_{\text{ср}}$.
7. Истинное значение коэффициента динамической вязкости η_{T} , выпишите из таблицы в соответствии с температурой масла на время измерений.
8. Рассчитайте погрешность измерений по формуле

$$\varepsilon = \frac{|\eta_{\text{T}} - \eta_{\text{ср}}|}{\eta_{\text{T}}} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Цель работы: определить абсолютную и относительную влажность воздуха для температуры окружающей среды на время измерения.

Оборудование: психрометр Августа, дистиллированная вода, пипетка, справочные таблицы.

Основание к допуску

1. Иметь краткий конспект теоретической части и практического выполнения работы.
2. Знать порядок выполнения лабораторной работы.

Основание к зачету

- I. Иметь оформленный отчет.
- II. Ответить на вопросы:

- 1) Что называется абсолютной влажностью? Единицы ее измерения.
- 2) Какой пар называется насыщенным? Его свойства.
- 3) Что называется относительной влажностью?
- 4) Как определить точку росы? Какое значение она имеет в природе и при хранении сельхозпродуктов?
- 5) Принцип работы психрометра.
- 6) В чем разница между кипением и испарением?

Краткая теория

Процесс перехода жидкости в газообразное состояние называется парообразованием. Парообразование может происходить двумя путями: 1 – испарением (с поверхности жидкости при любой температуре); 2 – кипением (со всего объема жидкости при температуре кипения).

Пар бывает насыщенным и ненасыщенным. Если количество вылетающих из жидкости молекул в единицу времени равно количеству возвращающихся в нее частиц, то такое состояние называется динамическим равновесием пара и жидкости, а пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется насыщенным паром.

Содержание водяного пара в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Под абсолютной влажностью воздуха понимается физическая величина, численно равная массе водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха при данной температуре. Обычно абсолютную влажность выражают в г/м³ или мм рт. ст. Так как плотность пара и его давление пропорциональны абсолютной температуре, то часто абсолютную влажность называют упругостью (парциальным давлением).

Под относительной влажностью воздуха понимают отношение абсолютной влажности к ее максимальному значению при данной температуре. Относительная влажность выражается в процентах.

Если обозначить относительную влажность через f , абсолютную через e , а максимальную влажность при той же температуре через E , то

$$f = \left(\frac{e}{E} \right) \cdot 100\%. \quad (7.1)$$

Разность между упругостью насыщенного водяного пара E и упругостью e водяного пара, фактически имеющегося в воздухе при той же температуре, называют дефицитом влажности.

$$D = E - e. \quad (7.2)$$

Точка росы τ – температура, при которой находящиеся в воздухе водяные пары становятся насыщенными, т. е. если понижать температуру воздуха, то при τ данный пар будет насыщенным, а при дальнейшем понижении температуры выпадет роса.

Влажность воздуха играет важную роль в жизнедеятельности растений, кроме того, она является одним из параметров, определяющих

комфортность условий труда человека. Контроль влажности воздуха и соблюдение ее нормативов снижают потери зерна и готовой продукции. Например, готовые макаронные изделия очень гигроскопичны, поэтому их влажность при хранении не должна быть выше 11%. Если влажность выше 16 %, возникает опасность плесневения. Другой пример: консистенция вафельного теста существенно зависит от влажности и температуры. Необходима минимальная влажность теста, тогда в нем не образуются агрегаты из частиц муки. В виноделии испарение летучих компонентов вина в процессе выдержки происходит, через поры дубовой клепки при этом протекают, диффузионные и капиллярные процессы. Испарение увеличивается с повышением температуры и понижением относительной влажности воздуха.

Влажность воздуха может быть определена многими способами. В нашей работе мы определяем влажность с помощью психрометра Августа.

Психрометр представляет собой два одинаковых термометра, укрепленных на штативе. Один из термометров является влажным. Шарик этого термометра обтянут слоем батиста, который, как фитиль, погружен в стаканчик с дистиллированной водой. Уровень воды должен отстоять на 3 см от шарика термометра.

Если воздух содержит ненасыщенные пары, то показания влажного термометра t_B всегда будут ниже показаний сухого термометра t_C , так как вода, испаряясь, будет понижать его температуру. Разность температур ($t_C - t_B$) подчиняется строгой закономерности, на основании которой составлены психрометрические таблицы, по которым, зная температуры воздуха t_C и t_B , можно найти все параметры влажности.

Порядок выполнения работы

1. Проверьте состояние прибора и положение батиста, смоченного водой.

2. Запишите показания термометров

$$t_C = \quad \quad \quad \text{и } t_B = \quad \quad \quad .$$

3. По таблице максимальной упругости водяного пара (см. приложение) запишите значение E , соответствующее t_C .

$$E =$$

4. По психрометрической таблице (см. приложение) найдите относительную влажность

$$f = \quad \quad \quad .$$

5. Вычислите абсолютную влажность по формуле

$$e = \frac{f E}{100\%} =$$

6. Вычислите дефицит влажности по формуле

$$D = E - e =$$

7. Найдите точку росы по таблице максимальной упругости водяного пара (см. приложение).

8. Полученные данные внесите в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

| Показания термометра, °С | | Макс. упругость водяного пара, мм. рт. ст. | Отн. влажность, % | Абс. влажность, мм. рт. ст. | Дефицит, мм. рт. ст. | Точка росы, °С |
|--------------------------|-------|--|-------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|
| t_C | t_B | E | f | e | D | τ |
| | | | | | | |

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Цель работы: построение картины силовых линий и эквипотенциальных поверхностей исследуемого электростатического поля, определение напряженности исследуемой точки поля.

Оборудование: генератор постоянных напряжений, слабопроводящая пластина с электродами, зонд, стрелочный вольтметр или мультиметр.

Основание к допуску

1. Иметь конспект работы.
2. Знать порядок выполнения работы.

Основание к зачету

1. Иметь оформленный отчет.
2. Ответить на вопросы:
 - 1) Что называется электрическим полем?
 - 2) Что называется напряженностью электрического поля, единицы измерения?
 - 3) Что называется потенциалом электрического поля, единицы измерения?
 - 4) Что называется эквипотенциальной поверхностью? Каковы ее свойства?
 - 5) Записать формулу связи напряженности и разности потенциалов электрического поля?
 - 6) Как проводят эквипотенциальные и силовые линии на картине исследуемого поля?
 - 7) Каким образом в работе находят напряженность электрического поля, используя картину эквипотенциальных линий?

Краткая теория

Электрическое поле представляет собой созданную зарядами особую форму материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными телами. Основными характеристиками электрического поля являются напряженность \vec{E} - векторная величина и потенциал φ - скалярная величина. **Напряженность поля** \vec{E} - численно равна силе \vec{F} , с которой поле действует на пробный единичный точечный заряд q , помещенный в данную точку поля, и направление которой совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad \left[\frac{H}{Kл} \right]. \quad (5.1)$$

Электрическое поле изображают системой силовых линий или линий напряженности. Это воображаемые кривые, касательные к которым в любых точках указывают направление вектора напряженности поля в этих точках (рис. 10а, б).

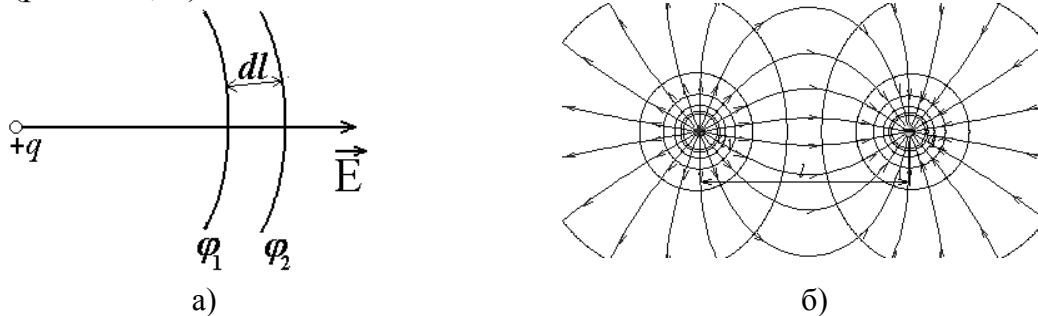


Рис.10

Потенциал φ в данной точке поля численно равен работе, которую совершают силы поля при перемещении единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность (в точку, где потенциал поля принимается равным нулю):

$$\varphi = \frac{A}{q}, \quad \left(B = \frac{Дж}{Кл} \right). \quad (5.2)$$

Эта работа совершается за счет убывания потенциальной энергии, которую приобрел заряд, помещенный (действием внешних сил) в эту точку поля. Таким образом, потенциал есть энергетическая характеристика электрического поля и в СИ выражается в вольтах.

На практике чаще пользуются понятием разности потенциалов между двумя точками электрического поля с потенциалами φ_1 и φ_2 :

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (5.3)$$

Геометрическое место точек, имеющих одинаковые потенциалы, называется **эквипотенциальной поверхностью** или поверхностью равного потенциала. Графически электрические поля можно изображать также и с помощью эквипотенциальных поверхностей (рис.10а). В случае уединенного точечного заряда эквипотенциальные поверхности

представляют собой концентрические сферы (рис. 10б).

Напряженность и разность потенциалов связаны формулой:

$$E = -\frac{dU}{dl}, \quad \left[\frac{B}{м} \right] \quad (5.4)$$

Знак « \rightarrow » означает, что напряженность электрического поля направлена в сторону убывания электрического потенциала.

Из формулы (5.4) видно, что каждая точка электрического поля одновременно характеризуется как напряженностью, так и электрическим потенциалом. Первая из этих величин представляет собой вектор, экспериментальное определение которого является трудноосуществимой задачей. Вторая величина является скаляром, и ее легко определить. Поэтому изучение электрического поля, созданного зарядами или заряженными телами, проводят определением напряженности, численно равной разности потенциалов в этих точках. В проводящей среде поле определяется гораздо проще, поэтому при изучении поля пространство между электродами заполняют слабопроводящей средой, например водопроводной водой, представляющей собою слабый электролит.

Связь потенциала с напряженностью поля в данной точке выражается соотношением

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}\varphi, \quad (5.5)$$

где

$$\overrightarrow{\text{grad}}\varphi = \frac{d\varphi}{dx} \vec{i} + \frac{d\varphi}{dy} \vec{j} + \frac{d\varphi}{dz} \vec{k} \quad (5.6)$$

Градиент функции $\varphi(x,y,z)$ есть вектор, направленный в сторону максимального возрастания этой функции, модуль которого равен производной функции φ тому же направлению:

$$\overrightarrow{\text{grad}}\varphi = \frac{d\varphi}{dl} \vec{n} \quad (5.7)$$

где $\frac{d\varphi}{dl}$ – производная по направлению, n – единичная нормаль к эквипотенциальной поверхности.

Таким образом, из выражений (5.5) и (5.7) следует, что *вектор напряженности* электростатического поля в каждой точке численно равен скорости изменения потенциала вдоль силовой линии и направлен в сторону убывания потенциала:

$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dl} \vec{n} \quad (5.8)$$

Экспериментальная часть

При конструировании многих электронных приборов требуется изучение электростатического поля в пространстве, заключенном между электродами. Изучить поле – это значит определить в каждой его точке

значения E и φ . Теоретический расчет E и φ возможен лишь в случае полей, создаваемых электродами простой конфигурации. Сложные электростатические поля исследуют экспериментально.

Для изучения полей используют экспериментальные методы их моделирования. Один из них основан на применении слабопроводящей пластины с электродами. Электростатическое поле заменяют электрическим полем, в котором на электроды подают такие же потенциалы, как и в моделируемом поле. Несмотря на движение заряженных частиц, плотность зарядов на электродах постоянна, так как на место зарядов, уходящих по слабопроводящей пластинке, непрерывно поступают новые. Поэтому заряды электродов создают в пространстве такое же электрическое поле, как и неподвижные заряды той же плотности, а электроды являются *эквипотенциальными поверхностями*. Использование пластины позволяет применять токоизмерительные приборы, более простые и надежные в работе, чем электростатические.

При исследовании поля находим положение эквипотенциальных поверхностей, используя для измерения потенциалов точек поля метод зонда. Электрический зонд представляет собой остроконечный проводник, который помещают в ту точку, где нужно измерить потенциал. В проводящей среде потенциал зонда равен потенциалу исследуемой точки поля.

Полученная картина эквипотенциальных поверхностей исследуемого поля позволяет провести силовые линии (ортогонально поверхностям) и вычислить значение напряженности E в любой точке по формуле (5.8), как среднее значение на участке длины Δl :

$$E = -\left| \frac{\Delta\varphi}{\Delta l} \right| = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\Delta l} \quad (5.9)$$

где φ_1 и φ_2 – потенциалы соседних эквипотенциальных поверхностей, Δl – кратчайшее расстояние между ними (по нормали).

В настоящей работе для изучения электростатического поля используют *метод слабопроводящей пластины*.

Описание установки

Для исследования электростатического поля собирают электрическую цепь по схеме, представленной на рис. 11.

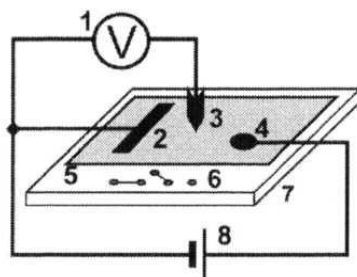


Рис. 11. Электрическая схема исследования электростатического поля: 1 – стрелочный вольтметр; 2, 4 – электроды; 3 – зонд; 5 – слабопроводящая пластина; 6 –

входы для подключения блока моделирования полей; 7- блок моделирования полей; 8- регулируемый источник постоянного напряжения «0...+15 В»

Если зонд 3 поместить в произвольную точку пластины 5, то стрелочный вольтметр 1 покажет значение потенциала поля в этой точке, измеренное относительно электрода 2, потенциал которого принимается равным нулю. Совокупность точек исследуемого поля с таким же значением потенциала образует эквипотенциальную поверхность.

Порядок выполнения работы

Задание. Построение картины линий электростатического поля.

1. На лист миллиметровой бумаги нанесите контуры электродов (в натуральную величину) и координатную сетку, идентичную имеющейся на установке.
2. Соберите электрическую схему, показанную на рис. 4, подключив входы блока моделирования полей согласно рис. 12.

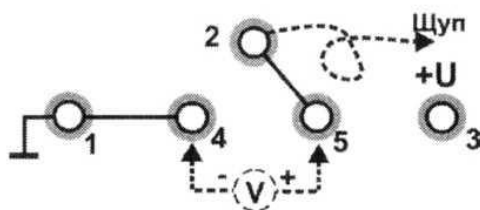


Рис. 12. Входы для подключения блока моделирования полей: 1, 3- входы для подключения регулируемого источника постоянного напряжения «0...+15 В»; 2 - вход для подключения зонда; 4, 5 - входы для подключения стрелочного вольтметра

3. Включите кнопкой «Сеть» питание блока генераторов напряжения. Нажмите кнопку «Исходная установка».
4. Касаясь электродов зондом, определите, какой электрод имеет нулевой потенциал φ_0 .
5. Кнопками установки напряжения «0...+15 В», установите потенциал другого электрода $\Delta\varphi$ (по заданию преподавателя), контролируя его вольтметром. Значения потенциалов электродов укажите на картине поля. Таким образом, найдены две эквипотенциальные поверхности.
6. Выберите такой шаг измерения потенциала зонда $\Delta\varphi$ чтобы на картине поля можно было построить по заданию преподавателя 3 эквипотенциальных линии.
7. Около электрода с нулевым потенциалом найдите точку поля с потенциалом $\varphi_1 = \varphi_0 + \Delta\varphi$ и нанесите ее на картину поля. Перемещая зонд по всему полю, определите координаты не менее восьми точек, имеющих тоже значение потенциала, и нанесите их на миллиметровку. Для первой и последней эквипотенциальных линий найдите по 2-5 точки за электродами!

8. Соедините точки одинакового потенциала плавной линией. На картине поля укажите значение потенциала данной линии.
9. Проведите измерения по пп. 7, 8 для каждой поверхности равного потенциала φ .

Обработка результатов измерений

1. Постройте график зависимости потенциала от расстояния от электрода с нулевым потенциалом $\varphi(r)$.
2. На картине исследуемого поля покажите силовые линии.
3. Для двух, трех точек поля (выбранных в областях с различным наклоном графика $\varphi(r)$ к оси (r)) рассчитайте значение напряженности электростатического поля по формуле (5.9).
4. В выводе по работе сделайте анализ исследуемого поля: выясните, где располагается область более сильного поля и чем она выделяется на картине поля и на графике $\varphi(r)$.

Лабораторная работа № 6 **ГРАДУИРОВКА ТЕРМОЭЛЕМЕНТА**

Цель работы: привести измерения и построить градуировочный график термоэлемента.

Оборудование: мультиметр, термоэлемент, два термометра, сосуды с водой, устройство для нагревания термоспая.

Основание к допуску

1. Иметь конспект отчета о работе.
2. Знать порядок выполнения работы.

Основание к зачету

1. Иметь оформленный отчет.
2. Знать ответы на вопросы:
 - 1) Что называется термопарой (термоэлементом)? Где она применяется?
 - 2) Что называется работой выхода электрона?
 - 3) Почему при тесном соприкосновении двух различных металлов появляется контактная разность потенциалов?
 - 4) Зачем при получении термоЭДС необходимо поддерживать температуру спаев различной?
 - 5) Что называется удельной термоЭДС?
 - 6) Как читаются законы Вольты?

Краткая теория

В металлах имеются свободные электроны, на которые действуют

кулоновские силы притяжения со стороны положительных ионов кристаллической решетки. Эти электроны могут свободно двигаться между узлами кристаллической решетки.

Когда электрон покидает пределы кристаллической решетки, возникает избыток положительного заряда, который будет стремиться вернуть электрон в металл. Для того, чтобы выйти на поверхность металла, электрон должен совершить **работу выхода** против сил притяжения электростатического поля, образованного избытком положительного заряда в кристалле. **Работа выхода электрона** – это работа, которую необходимо затратить для удаления электрона из металла в вакуум. Величина работы выхода электрона зависит от вида металла.

Если два различных металла привести в тесное соприкосновение путем сварки или спайки, то между ними будет происходить взаимный переход (диффузия) электронов. В зависимости от величины работы выхода и концентрации зарядов электроны из одного металла, например цинка, будут переходить в другой металл, например медь, в большем количестве, чем обратно. В связи с этим в контактном слое со стороны цинка образуется недостаток электронов, и он заряжается положительно, а со стороны меди – их избыток, и она заряжается отрицательно.

В области соприкосновения металлов возникает контактная разность потенциалов $\Delta\phi$ и образуется электрическое поле. Это поле противодействует дальнейшему переходу электронов (рис. 13а). Если замкнуть противоположные концы рассмотренных проводников, то в месте нового контакта возникает такая же по величине, но противоположная по знаку разность потенциалов $\Delta\phi$, и тока в цепи не будет (рис. 13б). Иной результат получается, если места соединения металлов имеют различную температуру T (рис. 13в). Поскольку диффузия электронов происходит в процессе теплового движения, то в спае с более высокой температурой она будет происходить более интенсивно, и контактная разность потенциалов в нем увеличится.

Теперь в общей цепи металлов появится результирующая разность потенциалов, равная разности контактных разностей потенциалов в нагретом и холодном спае. Эта разность потенциалов называется термоэлектродвижущей силой ε . По величине она прямо пропорциональна разности абсолютных температур нагретого T_1 и холодного T_2 спаев:

$$\varepsilon = \alpha (T_1 - T_2), \quad (T_1 > T_2) \quad (6.1)$$

где α – коэффициент пропорциональности зависит от природы металлов и называется **удельной термоЭДС**, которая численно равна термоЭДС, возникающей при разности температур спаев в 1 градус. Из (5.1) следует:

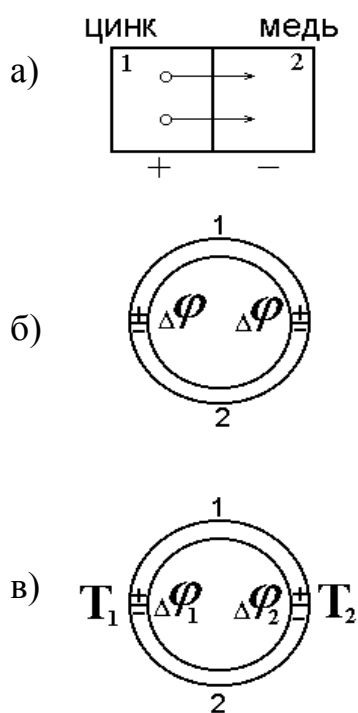


Рис. 13

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{T_1 - T_2} \quad (6.2)$$

Изучением этого явления занимался итальянский ученый **Вольт**, установивший экспериментально **два закона**:

1. Контактная разность потенциалов зависит лишь от химического состава и температуры соприкасающихся металлов.
2. Контактная разность потенциалов последовательно соединенных различных проводников, находящихся при одинаковой температуре, не зависит от химического состава промежуточных проводников и равна контактной разности потенциалов, возникающей при непосредственном соединении крайних проводников.

Под действием термоЭДС в замкнутой цепи возникает ток, который может быть зарегистрирован чувствительным прибором.

Два спаянных между собой проводника из различных металлов называются **термопарой** (рис. 14).

Основным применением термопары является измерение температуры. С этой целью составляется цепь, изображенная на рис. 14.

Спай *a* термопары поддерживается при постоянной известной температуре T_1 . Спай *b* помещается в среду, температура T_2 , которая подлежит измерению. Зная коэффициент α данной термопары и измеряя милливольтметром M термоэлектродвижущую силу ε рассчитываем температуру:

$$T_2 = (\varepsilon + \alpha T_1) / \alpha$$

Термоэлементы имеют большие преимущества перед ртутными и спиртовыми термометрами вследствие малой инерционности и малого размера, что дает возможность измерять температуру малых биологических объектов (клетки). Они позволяют измерять очень высокие и низкие температуры и широко применяются в технологических процессах пищевой технологии: контроль температуры, замораживания, нагревания. Контроль температуры технологического процесса играет важную роль в поддержании условий способствующих максимальному образованию важных для формирования вина веществ в процессе брожения.

Регистрирующий прибор (мультиметр) можно установить на значительном расстоянии от термоэлемента и следить за изменением температуры любого процесса в динамике, а также вести запись

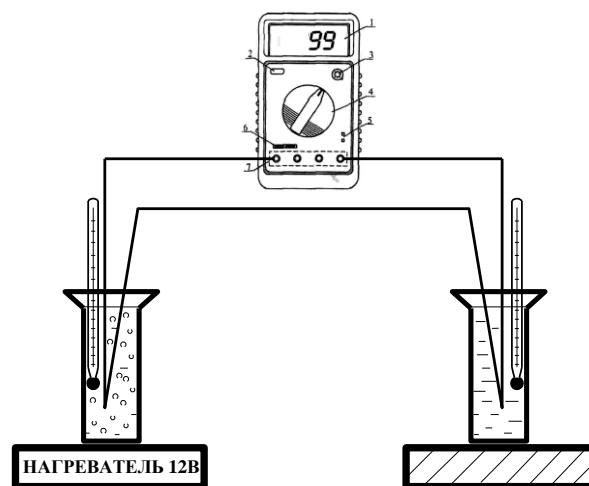


Рис. 14

технологических процессов на самописце в течение длительного времени.

Порядок выполнения работы

1. Соберите цепь по схеме (рис. 14). При включении цепи мультиметр должен показывать нуль.
2. Включите нагреватель. При повышении температуры через каждые пять градусов необходимо снимать показания с мультиметра. Опытные данные занесите в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $t_1, ^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | | |
| T_1, K | | | | | | | | | | |
| $t_2, ^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | | |
| T_2, K | | | | | | | | | | |
| ε, B | | | | | | | | | | |

4. По данным таблицы (опыта) постройте график зависимости $\varepsilon = f(T_2)$.
5. Из наклона графика вычислите удельную термоэдс термопары по формуле:

$$\alpha = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta t} = \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{(t_2^0 - t_1^0)}, \quad (6.4)$$

где ε_2 и ε_1 и t_2^0 и t_1^0 соответствуют произвольно выбранным двум точкам на градуировочном графике.

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА И ПОЛУПРОВОДНИКА

Цель работы: определение температурного коэффициента сопротивления (ТКС) проводника и ширины запрещенной зоны полупроводника.

Оборудование: регулируемый источник постоянного напряжения, мини-блоки «Исследование температурной зависимости сопротивления проводника и полупроводника» и «Ключ», мультиметры.

Основание к допуску

1. Иметь конспект отчета о работе.
2. Знать порядок выполнения работы.

Основание к зачету

1. Иметь оформленный отчет.
2. Ответить на вопросы:

- 1) От каких величин зависит электрическое сопротивление проводника? Запишите зависимости R от размеров проводника и температуры.
- 2) Чем обусловлена температурная зависимость $R(t)$ для проводника?
- 3) Что показывает величина температурного коэффициента сопротивления (ТКС) проводника?
- 4) Как можно объяснить сильную зависимость сопротивления полупроводника от температуры?
- 5) Какие приборы используются для измерения сопротивления и температуры?
- 6) Как определяют ТКС проводника по угловому коэффициенту прямой?
- 7) Какая формула связывает угловой коэффициент экспериментальной прямой и величину ΔW полупроводника?

Краткая теория

Полупроводниками называются твердые тела, которые при $T = 0$ характеризуются полностью занятой электронами валентной зоной, отделенной от зоны проводимости сравнительно узкой ($\Delta E \approx 1 \text{ эВ}$) запрещенной зоной. По значению своего удельного сопротивления ρ (при комнатных температурах) они занимают промежуточное положение между проводниками ($\rho_m = 10^{-7} \dots 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) и диэлектриками ($\rho_d > 1 \cdot 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$).

Наиболее типичными, широко применяемыми полупроводниками с хорошо изученными электрическими свойствами являются германий (Ge), кремний (Si), теллур (Te), селен (Se).

Объяснить электропроводность полупроводников можно в рамках квантовой теории. Согласно ее положениям, атом представляет собой положительное ядро, вокруг которого вращаются электроны по стационарным орбитам. Двигаясь по ним электрон, не излучает энергии. На каждой орбите он имеет определенное значение энергии. Поэтому считают, что энергия электронов в атоме может принимать лишь дискретные (разделенные промежутками) значения, называемые уровнями энергии.

У изолированных атомов какого-либо вещества соответствующие уровни энергии одинаковы. Когда совокупность разрозненных атомов создает связанную систему, например кристаллическое тело, то атомы оказывают влияние друг на друга, и энергия электронов становится иной. Говорят, что при этом энергетические уровни «расщепляются» на столько подуровней, сколько имеется взаимодействующих атомов. Таким образом, вместо одного одинакового для всех N атомов уровня возникают N очень близких, но не совпадающих подуровней. Совокупность расщепленных уровней энергии образует зону дозволённых (разрешённых) уровней энергии (энергетическую зону). Поскольку наиболее сильно взаимодействуют между собой внешние, валентные электроны атомов, то их уровни претерпевают наибольшее расщепление, формируя валентную зону.

При 0 К валентные электроны занимают низшие уровни энергии. Все разрешенные уровни в этой зоне являются занятыми.

Теория дает более обоснованную классификацию веществ. Согласно квантовой теории электроны в атоме могут иметь только определенные значения энергии, которые называют энергетическими уровнями. Именно эти уровни при объединении отдельных атомов в кристалл образуют разрешенные энергетические зоны. Промежуток, разделяющий такие зоны, называют запрещенной зоной (рис. 15). Энергетическая зона считается заполненной, если все уровни зоны заняты электронами. При этом согласно принципу Паули на одном энергетическом уровне может находиться не более двух электронов, имеющих противоположно направленные спины. Зона считается свободной, если не заняты все уровни этой зоны.

Промежуток между валентной зоной и зоной проводимости называется запрещенной зоной; электрон не может иметь уровней энергии, которые находятся внутри запрещенной зоны.

Под шириной запрещенной зоны понимается минимальная энергия, которую необходимо сообщить электронам, чтобы перевести их из валентной зоны в зону проводимости.

Согласно зонной теории различие между проводниками, диэлектриками и полупроводниками определяется разной шириной запрещенной зоны (рис. 15).

В самом деле, для того чтобы электрон мог принимать участие в создании электрического тока, его необходимо перевести в зону проводимости, для чего нужно сообщить ему извне энергию больше ширины запрещенной зоны: $E \geq \Delta E$. Эта энергия может быть передана электрону при нагревании или воздействием кванта света и т. д.

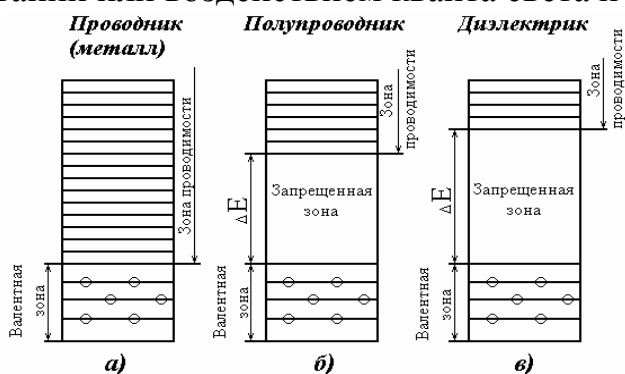


Рис. 15. Энергетические зоны

Если валентные электроны атомов, ответственные за электрические свойства вещества, образуют полностью заполненную (валентную) зону так, что последующая разрешенная зона (зона проводимости) свободна, то электропроводность такого вещества равна нулю, и оно является диэлектриком. Действительно, при протекании тока в веществе происходит движение электронов под действием внешнего электрического поля, что предполагает увеличение энергии электронов, т.е. переход их на более высокий незанятый энергетический уровень. Эти уровни отсутствуют в случае

заполненной валентной зоны, а значит, в веществе с такой зонной структурой электрон не может ускоряться внешним электрическим полем. Для того, чтобы перевести электроны из валентной зоны в зону проводимости, им следует сообщить энергию, не меньшую, чем ширина запрещенной зоны ΔW . Часть электронов приобретает эту энергию при облучении вещества светом или за счет теплового движения атомов. Поэтому при обычных температурах ($T \approx 300$ К) в зоне проводимости есть некоторое количество электронов. В зависимости от их концентрации вещество может быть либо диэлектриком, либо полупроводником, причем различие между этими классами определяется значениями ширины запрещенной зоны ΔW и температуры T . Для полупроводников при комнатной температуре ΔW составляет 0,02 - 2 эВ, а для диэлектриков - больше 2 эВ.

Описание установки

Электрическая схема установки показана на рис. 16, монтажная схема - на рис. 17.

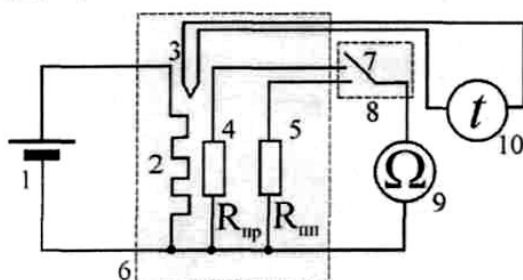


Рис. 16. Электрическая схема: 1 – источник тока; 2 – электронагреватель; 3 – термопара; 4, 5 – исследуемые образцы проводника и полупроводника; 6 – блок «Исследование температурной зависимости сопротивления проводника и полупроводника»; 7 – переключатель; 8 – блок «Ключ»; 9 – цифровой мультиметр в режиме измерения сопротивления; 10 – цифровой мультиметр в режиме измерения температуры (режим °С)

Электронагреватель 2 подсоединен к регулируемому источнику постоянного напряжения 1 (0...+15 В).

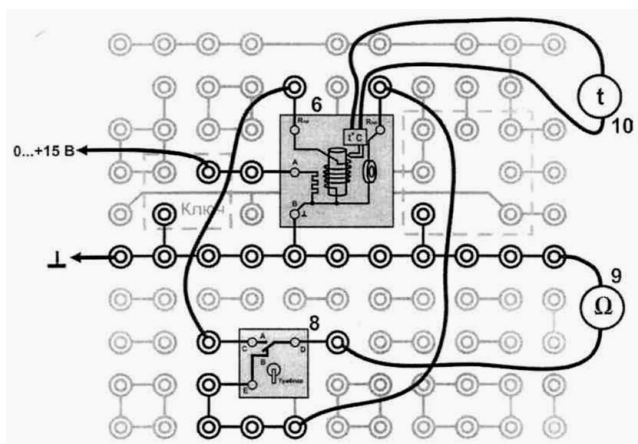


Рис. 17. Монтажная схема установки

При включении источника напряжения начинается нагрев исследуемых образцов. Для измерения сопротивления образцов 4, 5 в режиме непрерывного нагрева их поочередно подсоединяют к цифровому мультиметру 9 с помощью переключателя 7. Температуру образцов измеряют с помощью термопары 3, сигнал с которой подается на мультиметр 10 (разъем для подключения термопары).

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме рисунка (см. методичку).
2. Включить питание блока генераторов напряжения и блока мультиметров. Нажать кнопку «Исходная установка».
3. Установить необходимые пределы измерений мультиметров. Учесть, что при измерении сопротивления проводника переключатель диапазонов ставится в положение 200 Ом, а полупроводника – 2 кОм.
4. Измерьте сопротивление проводника и полупроводника при комнатной температуре, подключая их поочередно к мультиметру.
5. Кнопками установки напряжения (0...15 В) установите по индикатору 5 – 7 делений.
6. По мере нагревания образцов, измерьте их сопротивление через каждые 5°C до 60–70°C. Результаты измерений занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

| | | | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| t, °C | | | | | | | | | |
| Проводник | | | | | | | | | |
| R, Ом | | | | | | | | | |
| Полупроводник | | | | | | | | | |
| R, Ом | | | | | | | | | |
| T, К | | | | | | | | | |
| 1/T | | | | | | | | | |
| lnR | | | | | | | | | |

7. Выключить питание.

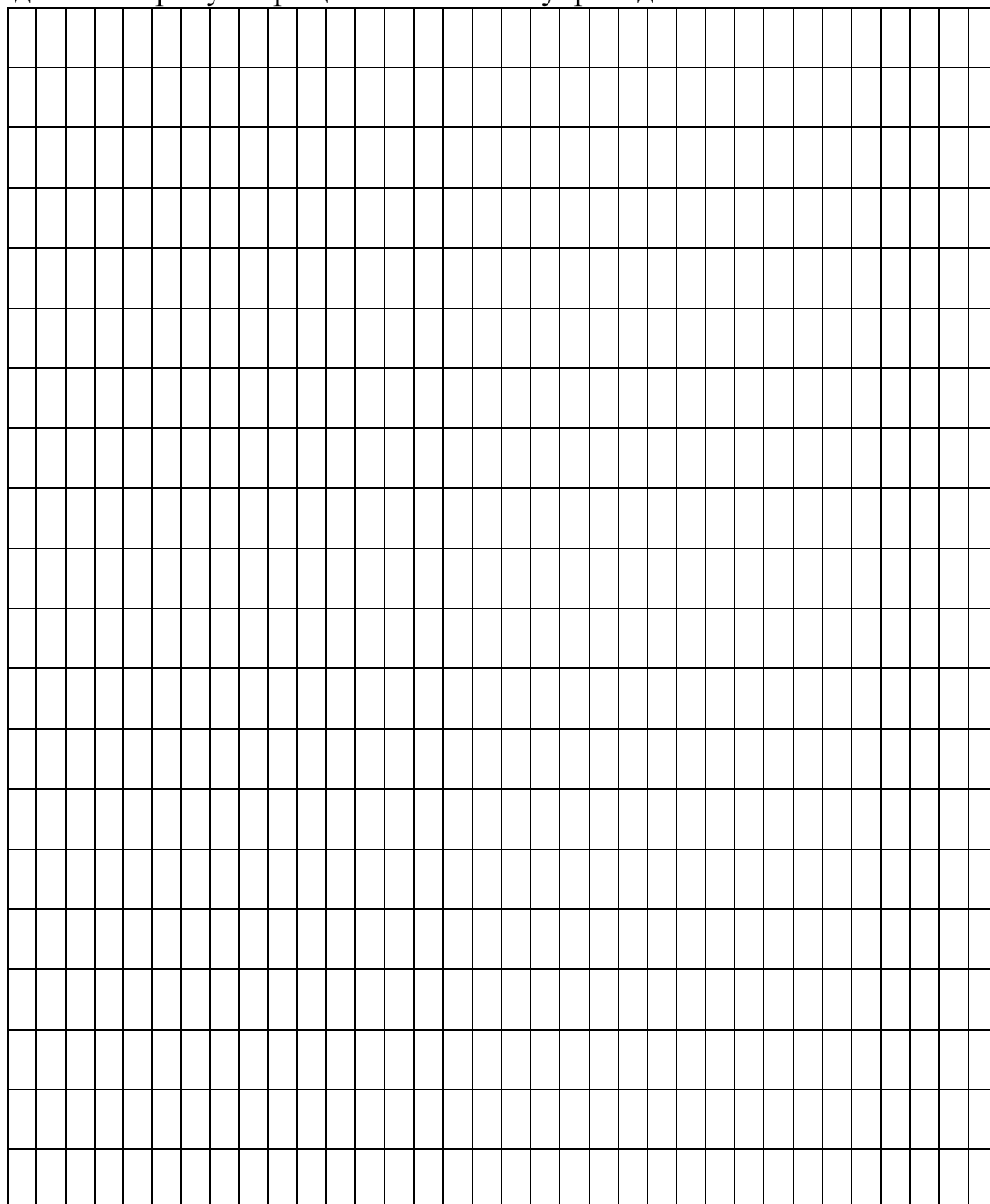
Обработка результатов

1. По данным таблицы построить графики зависимости сопротивления проводника и полупроводника от температуры. Ось температур надо начинать с 0°C
2. Продолжив график зависимости сопротивления проводника до оси R, определить его сопротивление R₀ при температуре 0°C.
3. Выбирая на графике две достаточно удаленные точки по формуле $\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_0(t_2 - t_1)}$ определить термический коэффициент сопротивления проводника.

4. Для полупроводника необходимо построить и график зависимости $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$.

5. Выбирая на этом графике две точки, по формуле $\Delta E = 2k \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$, где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ - постоянная Больцмана,

определить ширину запрещенной зоны полупроводника.



Лабораторная работа № 8
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ЛИНЗЫ

Цель работы: определить оптическую силу собирающей и рассеивающей линз.

Оборудование: оптическая скамья, осветитель, собирающая и рассеивающая линзы.

Основание к допуску

1. Иметь конспект работы.
2. Знать порядок выполнения работы.

Основание к зачету

1. Иметь окончательно оформленный отчет.
2. Ответить на вопросы:
 - 1) Что называется линзой, главной оптической осью, фокусом линзы? Где он находится?
 - 2) Как записывается формула линзы?
 - 3) Что называется оптической силой линзы? Единица измерения.
 - 4) Построение изображения предметов в линзе (все случаи).
 - 5) Зависит ли фокусное расстояние линзы от среды, в которой она находится?
 - 6) Какое практическое применение находят линзы?

Краткая теория

Линзой называется прозрачное тело, ограниченное с обеих сторон сферическими поверхностями, или с одной стороны сферической поверхностью, а с другой – плоскостью. Материалом для линз служат стекло, кварц, кристаллы, пластмассы и т. п.

Тонкой называется линза, толщина которой значительно меньше радиусов, ограничивающих ее сферические поверхности. Линза, которая в середине толще, чем у краев, называется **выпуклой линзой** (рис. 18). Линза, которая у краев толще, чем в середине, называется **вогнутой линзой**.

В оптических приборах применяются линзы со сферическими поверхностями следующей формы (рис. 18): 1 – двояковыпуклая, 2 – плосковыпуклая, 3 – вогнуто-выпуклая (радиус выпуклой поверхности меньше, чем радиус вогнутой); 4 – двояковогнутая, 5 – плосковогнутая, 6 – выпукло-вогнутая (радиус вогнутой поверхности меньше, чем радиус выпуклой). Вогнуто-выпуклая и выпукло-вогнутая линзы называются **менисковыми** и применяются, например в очках.

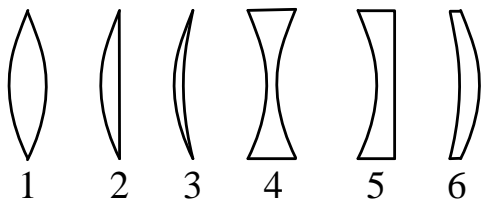


Рис. 18

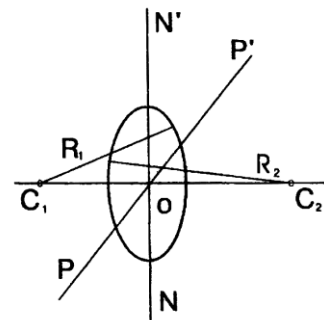


Рис. 19

Если R_1 и R_2 – радиусы кривизны сферических поверхностей ограничивающих линзу, то прямая C_1C_2 , проходящая через центры C_1 и C_2 сферических поверхностей линзы, называется **главной оптической осью линзы** (рис. 19). Для всякой линзы существует точка O , называемая **оптическим центром** линзы, лежащая на главной оптической оси и обладающая тем свойством, что лучи, проходящие через нее, не преломляются. Она лежит на пересечении главной оптической оси со средним сечением NN' линзы. Любая прямая PP' , проходящая под углом к главной оси через оптический центр линзы, называется **побочной оптической осью**.

Линзу можно представить как совокупность множества призм (рис. 20). Тогда становится очевидным, что выпуклая линза отклоняет лучи к оптической оси, а вогнутая – от оптической оси. Поэтому выпуклая линза называется собирающей (линзы 1,2,3 - рис. 18), а вогнутая – рассеивающей (линзы 4,5,6 - рис. 18).

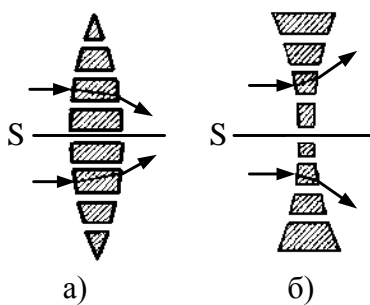


Рис. 20

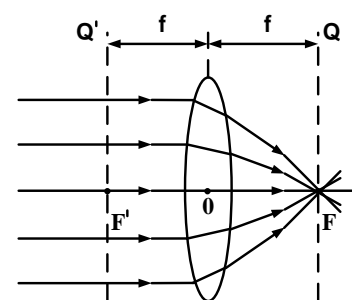


Рис. 21

В воздухе или вакууме все лучи, параллельные главной оптической оси выпуклой линзы, после прохождения через нее собираются в точке F на главной оптической оси (рис. 21), которая называется **главным фокусом линзы**, а расстояние $OF = F$ – **главным фокусным расстоянием линзы**.

В воздухе или вакууме все лучи, параллельные главной оптической оси вогнутой линзы, отклоняются от оптической оси. Продолжения лучей в противоположную сторону сходятся в точке F на главной оптической оси (рис. 22). Эта точка называется **главным фокусом рассеивающей линзы**. Он мнимый, так как в действительности лучи света в нем не

собираются.

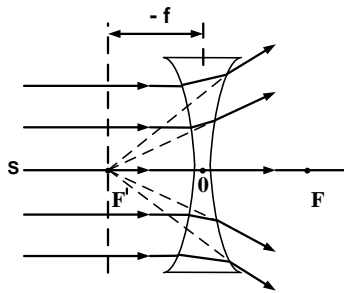


Рис. 22

Для построения изображения каждой точки предмета необходимо взять минимум два луча: 1 – луч, идущий параллельно главной оптической оси, после преломления в линзе проходит через фокус; 2 – луч, проходящий через оптический центр, не преломляется (рис. 23).

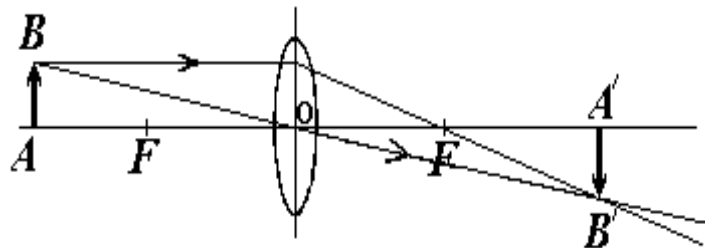


Рис. 23

Связь между расстояниями от оптического центра линзы до предмета $AO = d$ и изображения $OA' = f$, и ее главным фокусным расстоянием F определяется **формулой линзы**

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (8.1)$$

Решая уравнение относительно главного фокусного расстояния, получим

$$F = \frac{d \cdot f}{d + f}. \quad (8.2)$$

Величины d и f определяются на основе оптических измерений согласно оптической схеме рис. 23.

Величина, обратная фокусному расстоянию, называется **оптической силой линзы**:

$$D = \frac{1}{F} = (N - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad N = \frac{n_2}{n_1}, \quad (8.3)$$

где R_1 и R_2 – радиусы кривизны линзы, N – относительный оптический показатель преломления, n_1 – абсолютный показатель преломления среды, n_2 – абсолютный показатель преломления вещества линзы.

Оптическая сила выражается в диоптриях (дптр), $1 \text{ дптр} = 1/\text{м}$.

Рассеивающие линзы дают мнимое изображение. Их фокусное расстояние и оптическая сила – величины отрицательные.

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}. \quad (8.4)$$

Потому вышеуказанный способ определения фокусных расстояний для них непригоден. В таких случаях собирают оптическую систему из двух линз – собирающую с фокусным расстоянием F_C и рассеивающую с фокусным расстоянием F_P , причем $F_C < F_P$. Такая комбинация будет выполнять роль собирающей линзы с главным фокусным расстоянием $F_{СИСТ}$, определяемым по формуле:

$$\frac{1}{F_{СИСТ}} = \frac{1}{F_C} + \frac{1}{F_P}, \quad (8.5)$$

Отсюда следует:

$$D_{СИСТ} = D_C + D_P, \quad (8.6)$$

$$D_P = D_{СИСТ} - D_C, \quad F_P = \frac{1}{D_P}. \quad (8.7)$$

Построение изображения в линзах. Увеличение.

Построение изображения предмета в линзах осуществляется с помощью следующих характерных лучей (они выбраны потому, что направления их прохождения через линзу мы заведомо знаем) (рис. 24):

ВО – луча, проходящего через оптический центр линзы и не меняющего своего направления распространения;

ВК – луча, идущего параллельно главной оптической оси и после преломления в линзе проходящего через фокус;

любого луча, идущего через фокус линзы; после преломления в линзе он идет параллельно главной оптической оси.

В качестве примеров на рис. 24 приведено построение изображений в собирающей и рассеивающей линзах.

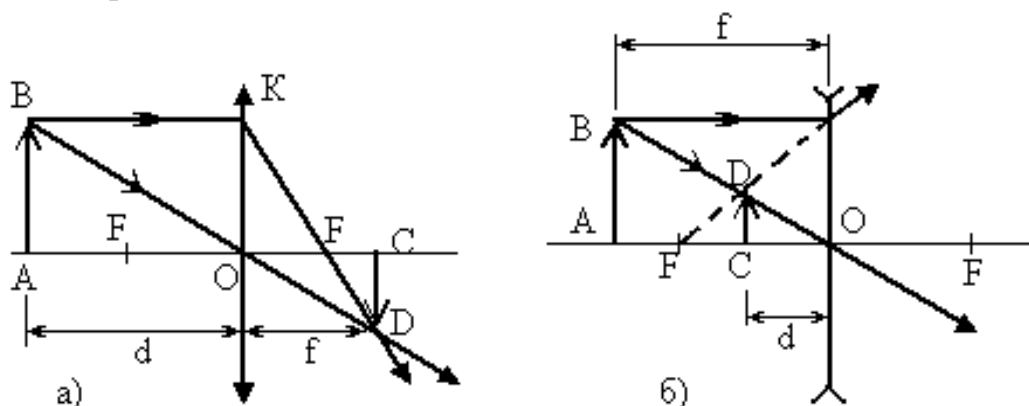


Рис. 24. Построение изображения в линзах:
а) собирающая линза, б) рассеивающая линза

Отношение линейных размеров изображения (CD) и предмета (AB)

называется линейным увеличением линзы и определяется соотношением:

$$\Gamma = \frac{CD}{AB} = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}, \text{ где } CD=H, AB=h.$$

Линзы широко используются в науке, в технике и народном хозяйстве. Они входят в состав разнообразных оптических приборов: спектрометров, рефрактометров, поляризационных сахариметров, микроскопов, которые и используются для анализа сырья и готовых продуктов в лабораториях. Знание параметров линз и законов геометрической оптики необходимо при работе с этими приборами.

Экспериментальная часть

1. На оптической скамье установите собирающую линзу. Перемещая линзу, на экране добейтесь четкого увеличенного изображения предмета (предмет располагается на расстоянии, большем фокусного расстояния) и измерьте расстояние d и f .
2. По формуле (8.2) рассчитайте значение фокусного расстояния линзы.
3. Перемещая линзу, получите на экране четкое уменьшенное изображение предмета, измерьте расстояния d и f .
4. Измерив d и f , рассчитайте фокусное расстояние линзы по (8.2).
5. Определите по полученным данным среднее значение фокусного расстояния и рассчитайте по формуле (8.3) оптическую силу собирающей линзы.
6. Вместе с собирающей установите рассеивающую линзу, получив систему линз, и повторите те же измерения и расчеты, что и с собирающей линзой (по формулам 8.2 и 8.3).
7. Рассчитайте оптическую силу и фокусное расстояние рассеивающей линзы по формулам (8.7).
8. Результаты измерений и расчеты занесите в таблицу 1.

Таблица 1

| Изображение предмета | d , м | f , м | F , м | F_{CP} , м | D , дптр |
|--------------------------|---------|---------|---------|--------------|------------|
| <i>Собирающая линза:</i> | | | | | |
| а) увеличенное | | | | | |
| б) уменьшенное | | | | | |
| <i>Система линз:</i> | | | | | |
| а) увеличенное | | | | | |
| б) уменьшенное | | | | | |

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ РЕФРАКТОМЕТРА

Цель работы: определить показатель преломления жидкости рефрактометрическим методом.

Оборудование: рефрактометр, дистиллированная вода, исследуемая жидкость.

Основание к допуску

1. Иметь конспект данной работы.
2. Знать порядок выполнения работы.

Основание к зачету

1. Иметь оформленный отчет.
2. Ответить на вопросы:
 - 1) Что называется абсолютным и относительным показателем преломления? Сформулировать закон преломления лучей света на границе двух сред.
 - 2) Что называется предельным углом преломления?
 - 3) В чем заключается явление полного внутреннего отражения?
 - 4) Что называется предельным углом полного внутреннего отражения?
 - 5) Объясните принцип действия рефрактометра.
 - 6) Где используется рефрактометр?

Краткая теория

Луч света, переходя из одной среды в другую, преломляется, отклоняясь от своего первоначального направления. Это явление преломления света называется **рефракцией**.

Закон преломления читается так: падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина постоянная для двух данных сред и равна отношению скорости света в первой среде к скорости света во второй среде (рис. 25) и обратно пропорциональна отношению оптических показателей преломления двух сред:

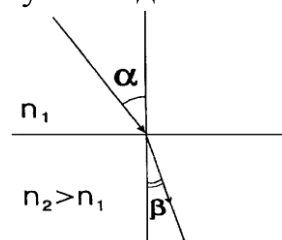


Рис. 25

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}, \quad (9.1)$$

$$v_1 = \frac{c}{n_1} \quad \text{и} \quad v_2 = \frac{c}{n_2},$$

где c – скорость света в вакууме, а n_1 n_2 – безразмерные величины, называемые абсолютными показателями преломления первой и второй сред.

Абсолютный показатель преломления (или просто показатель преломления) является важной оптической характеристикой среды: он показывает, во сколько раз скорость света в данной среде меньше скорости света в вакууме. Учитывая это, закон преломления света можно записать в виде:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}, \quad (9.2)$$

где $n_{2,1}$ – относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

Из двух сред, имеющих различные показатели преломления, среда с меньшим показателем называется оптически менее плотной, а среда с большим показателем – оптически более плотной. Если свет проходит из оптически более плотной среды (n_2) в оптически менее плотную среду (n_1), например, из стекла в воду, то согласно закону преломления (9.2) угол α будет меньше угла β (рис. 26).

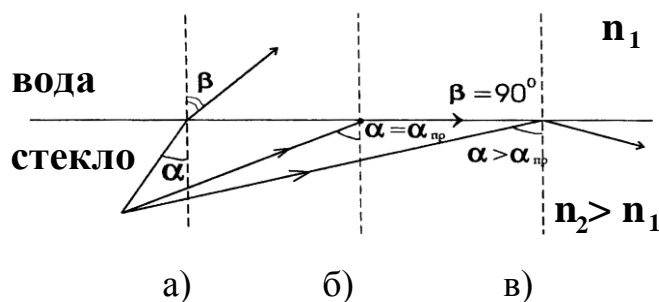


Рис. 26

Поэтому, при некотором угле падения $\alpha = \alpha_{np}$ угол преломления β окажется равным 90° , т. е. преломленный луч будет скользить вдоль границы раздела сред, не входя во вторую среду (рис. 26а). Угол α_{np} называется **предельным углом полного внутреннего отражения**. При $\alpha > \alpha_{np}$ свет полностью отражается в первую среду (рис. 26в). Это явление называется **полным внутренним отражением света**. Согласно формуле (9.2)

$$\frac{\sin \alpha_{np}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (9.3)$$

откуда

$$\sin \alpha_{np} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (9.4)$$

Рассмотрим обратную ситуацию: если свет переходит из среды с меньшим показателем преломления, например, из воды в стекло, то световые лучи, преломляясь на границе раздела, будут распространяться

Для случая предельного угла преломления (согласно 9.5) имеем:

$$n_1 = n_2 \sin \beta_{np}$$

где n_1 – показатель преломления жидкости, n_2 – показатель преломления стекла измерительной призмы.

Таким образом, определив предельный угол преломления, можно найти показатель преломления исследуемой жидкости. Измерения производят с помощью зрительной трубы, в фокальной плоскости окуляра которой находится перекрестие нитей. Наводя перекрестие нитей на границу раздела света и темноты (светотени), можно по отсчетной шкале определить угол β_{np} . Практически не приходится производить измерение углов β_{np} и вычислять показатель преломления, так как при изготовлении приборов показатели преломления сразу наносятся на шкалу приборов, согласно выражению (9.5)

Значение показателя преломления раствора, определяемого рефрактометрическим методом, зависит от концентрации раствора и температуры. Чем выше концентрация раствора, тем больше показатель преломления при неизменной температуре.

Для разных веществ эта зависимость носит разный характер. Для сахарных растворов эта зависимость хорошо изучена и отображена на правой шкале прибора, по которой непосредственно определяется концентрация сахара в растворе. Для определения концентрации какого-либо другого вещества (не сахара) пользуются левой шкалой прибора, по которой определяют показатель преломления раствора. А вначале устанавливают зависимость между показателем преломления и концентрацией раствора.

На практике рефрактометр используют для определения содержания сухих веществ, сахаров, спирта, экстрактов в сусле и вине, контролируют содержание белков в молоке.

Задание 1. Определить показатель преломления жидкости с помощью рефрактометра (освоить метод).

1. Снять пробку с окна верхней камеры, окно нижней камеры должно быть закрыто.
2. Открыть верхнюю камеру и промыть дистиллированной водой поверхности измерительной и осветительной призм и насухо вытереть чистой льняной салфеткой.
3. Оплавленным концом стеклянной палочки нанести на плоскость измерительной призмы одну-две капли дистиллированной воды и закрыть верхнюю камеру.
4. Смещая, осветитель, луч света направить в окно верхней камеры.
5. Перемещением рукоятки с окуляром (внутри прибора вместе с рукояткой перемещается механизм наведения) вдоль шкалы вверх или вниз ввести в поле зрения границу светотени.
6. Резкость границы светотени, штрихов шкалы и перекрестия сетки

- установить вращением гайки окуляра по глазу наблюдателя.
7. Вращением рукоятки дисперсионного компенсатора устранить окрашенность границы светотени.
 8. Поворотом рычага осветителя и вращением осветителя на оси добиться максимально контрастной границы светотени.
 9. Перемещая рукоятку с окуляром, границу светотени подвести к центру перекрестия сетки и по границе светотени произвести отсчет по шкале показателей преломления. Измерения произвести не менее трех раз.
 10. Найти среднее арифметическое значение результатов трех измерений показателя преломления дистиллированной воды.
 11. Сравните полученный результат с табличным $n_T = 1,33299$

$$\varepsilon = \frac{|n_T - n_{cp}|}{n_T} \cdot 100\%$$

12. Если расхождение не превышает 5%, приступайте к выполнению следующего задания. Если расхождение превышает 5%, необходимо произвести установку нуля-пункта рефрактометра (установку производит лаборант).

Задание 2. Исследуйте зависимость показателя преломления раствора от его концентрации.

1. С помощью рефрактометра определить показатели преломления и концентрацию сахара в различных растворах.
2. Результаты измерений занесите в таблицу 1:

Таблица 1

| | | | | | |
|---------|--|--|--|--|--|
| $C, \%$ | | | | | |
| n | | | | | |

3. Изобразите графически зависимость $n = f(C)$.
4. По наклону полученного графика определите удельный показатель преломления исследованного раствора жидкости.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Алгоритм решения задач

Любая задача характеризуется необходимостью преобразования некоторой исходной ситуации в ситуацию, называемую решением. При этом обычно бывают известны признаки исходной ситуации (условие задачи) и признаки ситуации – решения (что требуется). Искомым же является содержание процесса преобразования одной ситуации в другую.

Если задача сформулирована, то процесс решения определяется поиском или реализацией последовательного ряда средств решения: метода, способа, алгоритма и осуществление решения по данному алгоритму. Существует большое количество типов задач, множество классификаций их по различным основаниям. По способу выражения условия физические задачи делятся на четыре основных вида: текстовые, экспериментальные, графические и задачи – рисунки. Каждый из них, в свою очередь, разделяется на количественные (или расчетные) и качественные (или задачи – вопросы). В то же время основные виды задач можно разделить по степени трудности на легкие и трудные, тренировочные и творческие задачи и другие типы.

При решении задач – вопросов требуется (без выполнения расчетов) объяснить то или иное физическое явление или предсказать, как оно будет протекать в определенных условиях. Отсутствие вычислений при решении таких задач позволяет сосредоточить внимание на физической сущности. Необходимость обоснования ответов на поставленные вопросы приучает рассуждать, помогает глубже осознать сущность физических законов. К этим задачам тесно примыкают задачи – рисунки. В них требуется устно дать ответ на вопрос или изобразить новый рисунок, являющийся ответом на вопрос задачи. Решение таких задач способствует воспитанию внимания, наблюдательности и развитию графической грамотности.

После получения ответа задачи его нужно проверить. Во-первых, нужно обратить внимание на реальность ответа. В некоторых случаях при решении задачи студент получает результаты, явно не соответствующие условию задачи, а иногда противоречащие здравому смыслу. Происходит это оттого, что в процессе вычислений он теряет связь с конкретным условием задачи. При этом нелепость ошибочно полученного результата остается вне поля его зрения. Во-вторых, правильность решения задачи можно проверить, выполнив операции с наименованиями единиц физических величин и сравнив ответ с тем наименованием, которое должно получиться в задаче.

Например, мы определили формулу для определения осадки корабля:

$$[h] = \frac{P}{g \cdot S \cdot \rho}.$$

Для проверки решения вместо букв необходимо подставить единицы физических величин:

$$[h] = \frac{H}{\frac{H}{кг} \cdot \frac{кг}{м^3} \cdot м^2} = м.$$

В результате получим единицу измерения «м» (метр), т.е. наименование единицы длины, что и соответствует условию задачи. Если же получаем наименование, не соответствующее искомой величине, то это свидетельствует о неправильности решения задачи.

Примеры решения задач

Задача 1. Кинематическое уравнение движения точки вдоль оси X имеет вид $x = 2 + t - 0,5t^2$. Найти координату, скорость и ускорение точки в момент времени $t = 2$ с.

Дано:

$$x = 2 + 2t - 0,5t^2$$

$$t = 2 \text{ с}$$

$$x - ?$$

$$v - ?$$

$$a - ?$$

Решение:

Скорость есть первая производная от координаты по времени $v = \frac{dx}{dt} = 1 - 0,15t^2$.

Ускорение первая производная от скорости по времени $a = -0,3t$.

Подставляя численные значения, получим:

$$x = 2 + 2 - 0,5 \cdot 8 = 0$$

$$v = 1 - 0,15 \cdot 4 = 4 \text{ (м/с)}$$

$$a = -0,3 \cdot 2 = -0,6 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Ответ: $x = 0$, $v = 4 \text{ м/с}$, $a = -0,6 \text{ (м/с}^2\text{)}$.

Задача 2. Движение точки по окружности радиуса $0,1$ м описывается уравнением $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$. Для момента времени $t = 2$ с определить тангенциальное, нормальное и полное ускорение точки.

Дано:

$$\varphi = 10 + 20t - 2t^2$$

$$R = 0,1 \text{ м}$$

$$t = 4 \text{ с}$$

$$a_\tau - ?$$

$$a_n - ?$$

$$a - ?$$

Решение:

По определению угловая скорость есть первая производная от угла поворота по времени

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 20 - 4t.$$

Угловое ускорение производная от угловой скорости

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = -4.$$

Тангенциальное ускорение связано с угловым ускорением $a_\tau = \varepsilon \cdot R$, а нормальное ускорение

$$a_n = \omega^2 \cdot R.$$

$$\text{Полное ускорение точки } a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Подставляя численные значения найдем: $a_\tau = -4 \cdot 0,1 = -0,4 \text{ (м/с}^2\text{)},$

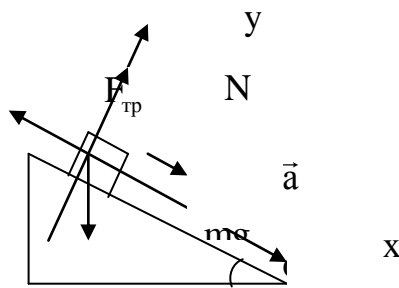
$$a_n = (12 - 16)^2 \cdot 0,1 = 1,6 \text{ (м/с}^2\text{)}, \quad a = \sqrt{2,56 + 0,16} = 1,65 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ответ: $a_\tau = -0,4 \text{ м/с}^2, \quad a_n = 1,6 \text{ м/с}^2, \quad a = 1,65 \text{ м/с}^2.$

Задача 3. Наклонная плоскость длиной 2 м образует угол 25° с горизонтом. Тело, двигаясь равноускоренно, соскальзывает с этой плоскости за 2 с. Определить коэффициент трения тела о плоскость.

Дано:
 $l = 2 \text{ м}$
 $\alpha = 25^\circ$
 $t = 2 \text{ с}$
 $v_0 = 0$
 $\mu = ?$

Решение:



На тело действуют сила тяжести mg , сила реакции опоры N , сила трения $F_{\text{тр}}$. По второму закону Ньютона

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

В проекции на оси координат получим

$$ma = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$0 = N - mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Решая полученную систему уравнений, найдем ускорение тела $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$

При равноускоренном движении без начальной скорости $l = \frac{a \cdot t^2}{2}$

или $l = \frac{g \cdot t^2 \cdot (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{2}$. Отсюда $\mu = \text{tg} \alpha - \frac{2l}{g \cdot t^2 \cdot \cos \alpha}$. Подставляя

численные значения найдем $\mu = 0,466 - \frac{2 \cdot 2}{10 \cdot 4 \cdot 0,9} = 0,35$.

Ответ: $\mu = 0,35$.

Задача 4. В баллоне объемом 25 л находится водород при температуре 290 К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне уменьшилось на 0,4 МПа. Определить массу израсходованного водорода

Дано:

$$V = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T = 290 \text{ К}$$

$$M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\Delta p = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\Delta m = ?$$

Решение:

Массу израсходованного водорода можно найти по формуле $\Delta m = m_1 - m_2$. Массу водорода в баллоне можно найти из уравнения Менделеева – Клапейрона

$$m = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T} \text{ и тогда}$$

$$\Delta m = \frac{p_1 \cdot V \cdot M}{R \cdot T} - \frac{p_2 \cdot V \cdot M}{R \cdot T} = \frac{V \cdot M}{R \cdot T} \cdot \Delta p. \text{ После}$$

вычислений найдем
$$\Delta m = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^5}{8,31 \cdot 290} = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}.$$

Ответ: $\Delta m = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$

Задача 5. Кислород при неизменном давлении 80 кПа нагревается так, что его объем увеличивается от 1 м³ до 5 м³. Определить: изменение внутренней энергии кислорода; работу совершенную им и количество теплоты, переданного газу.

Дано:

$$p = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 1 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 5 \text{ м}^3$$

$$A = ?$$

$$? U = ?$$

$$Q = ?$$

Решение:

Работа газа при изобарическом расширении определяется по формуле $A = p(V_2 - V_1).$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R(T_2 - T_1). \text{ Выражая температуру газа из}$$

уравнения Менделеева-Клапейрона $T = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot m}$ получим,

$$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot p \cdot (V_2 - V_1). \text{ Разделив полученные равенства,}$$

найдем $\frac{A}{\Delta U} = \frac{2}{i} \Rightarrow \Delta U = \frac{i \cdot A}{2}.$ Из первого начала термодинамики

$$Q = \Delta U + A \text{ будем иметь } Q = \frac{i+2}{2} \cdot A.$$

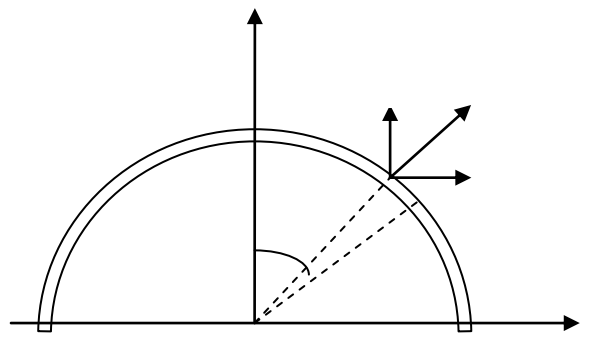
Ответ: $A = 8 \cdot 10^5 \cdot 4 = 32 \cdot 10^5 \text{ (Дж)}, \quad \Delta U = 32 \cdot 2,5 \cdot 10^5 = 80 \cdot 10^5 \text{ (Дж)},$
 $Q = 112 \cdot 10^5 \text{ (Дж)}.$

Задача 6. По тонкому проводу в виде кольца радиусом 20 см течет ток 100 А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено магнитное поле с индукцией 0,02 Тл. Определить силу, растягивающую кольцо.

Дано:
 $R = 0,2$ м
 $I = 100$ А
 $B = 0,02$ Тл

 $F = ?$

Решение:
 Рассечем кольцо на две равные части и найдем силу, действующую на одну из них. Выделим на проводе элемент длиной $d\ell = R \cdot d\alpha$.



На этот элемент по закону Ампера будет действовать сила $dF_1 = B \cdot I \cdot d\ell = B \cdot I \cdot R \cdot d\alpha$.

И тогда можно утверждать, что $\vec{F} = \sum d\vec{F}_1$.

Разложим вектор $d\vec{F}_1$ на составляющие dF_{ix} и dF_{iy} и тогда в силу симметрии задачи, можно утверждать, что $\sum d\vec{F}_{ix} = 0$ и $\vec{F} = \sum d\vec{F}_{iy}$. Так как все составляющие $d\vec{F}_{iy}$ направлены в одну сторону, то геометрическое сложение можно заменить

алгебраическим и тогда $F = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} B \cdot I \cdot R \cdot \cos\alpha \cdot d\alpha \Rightarrow$

$$F = B \cdot I \cdot R \left(\cos \frac{\pi}{2} - \cos \left(-\frac{\pi}{2} \right) \right) = 2B \cdot I \cdot R.$$

Вычисляя, найдем $F = 2 \cdot 0,02 \cdot 100 \cdot 0,2 = 0,8$ (Н).
 Ответ: $F = 0,8$ Н.

Задача 7. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 400 В, попадает в однородное магнитное поле с индукцией 0,01 Тл. Определить: радиус окружности, по которой будет двигаться электрон; период обращения электрона. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции магнитного поля.

Дано:
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
 $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
 $U = 400$ В
 $B = 0,01$ Тл

 $R = ?$
 $T = ?$

Решение:
 На электрон, движущийся в магнитном поле, будет действовать сила Лоренца $F = e \cdot v \cdot B$, но по второму закону Ньютона $F = ma = \frac{mv^2}{R}$ и, тогда,
 $\frac{mv^2}{R} = e \cdot v \cdot B \Rightarrow R = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$.

Кинетическая энергия электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов, определяется равенством $\frac{mv^2}{2} = eU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}}$ и тогда

$R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m \cdot U}{e}}$. Для определения периода обращения воспользуемся

формулой $t = \frac{S}{v}$ и, следовательно, $T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2\pi \cdot m}{e \cdot B}$.

Вычисляя, найдем $R = \frac{1}{0,01} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 400}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = 6,75 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$

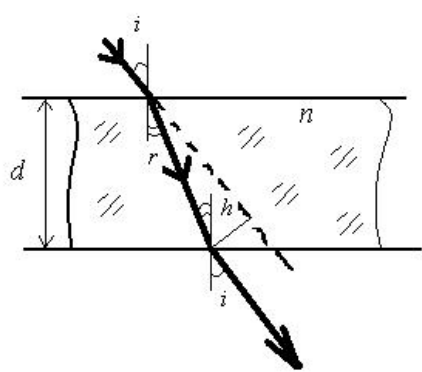
$T = \frac{6,28 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} = 3,57 \cdot 10^{-9} \text{ (с).}$

Ответ: $R = 6,75 \text{ мм, } T = 3,57 \text{ нс.}$

Задача 8. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку ($n = 1,6$) под углом $i = 45^\circ$. Определить толщину пластинки, если вышедший из пластинки луч смещен относительно продолжения падающего луча на расстояние $h = 2 \text{ см.}$

| | | |
|--------------------|--------|----------|
| Дано: | СИ | Решение: |
| $n = 1,6$ | 0,02 м | |
| $i = 45^\circ$ | | |
| $h = 2 \text{ см}$ | | |
| $d = ?$ | | |

Вышедший из пластинки луч будет параллелен падающему (ход лучей показан на рис.). Из рисунка следует, что



$$\frac{d}{\cos r} = \frac{h}{\sin(i - r)},$$

откуда

$$d = \frac{h \cos r}{\sin(i - r)} = \frac{h \cos r}{\sin i \cos i - \cos i \sin r} \quad (1)$$

Согласно закону преломления, $\frac{\sin i}{\sin r} = n$, откуда $\sin r = \frac{\sin i}{n}$. Подставив это значение в формулу (1), а также выразив косинус угла через синус, найдем искомую толщину пластинки:

$$d = \frac{h \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\sin i (\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \sqrt{1 - \sin^2 i})}$$

Ответ: $d = 5,58 \text{ см.}$

Задача 9. Определить разность показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей, если наименьшая толщина кристаллической пластинки в четверть волны для $\lambda_0 = 530 \text{ нм}$ составляет $13,3 \text{ мкм.}$

| | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--|
| Дано: | СИ | Решение: |
| $\lambda_0 = 530 \text{ нм}$ | $5,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ | Пластинкой в четверть волны называется вырезанная параллельно оптической оси пластинка, для которой оптическая разность хода |
| $d_{\min} = 13,3 \text{ мкм}$ | $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ | |
| $n_0 - n_e = ?$ | | |

$$\Delta = (n_0 - n_e)d = \pm \left(m + \frac{1}{4} \right) \lambda_0, \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

причем знак плюс соответствует отрицательным кристаллам, минус – положительным. При прохождении через эту пластинку в направлении, перпендикулярном оптической оси, обыкновенный и необыкновенный лучи, не изменяя своего направления, приобретают разность хода, равную $\frac{\lambda}{4}$.

Минимальная толщина пластинки в четверть волны соответствует $m = 0$.

Тогда $d_{\min} (n_0 - n_e) = \frac{\lambda}{4}$, откуда $n_0 - n_e = \frac{\lambda_0}{4d_{\min}}$. *Ответ:* $n_0 - n_e = 0,01$.

Указания к выполнению контрольных работ

Каждый студент выполняет одну контрольную работу, в которой должен решить 10-12 задач. Номер варианта определяется по последней цифре номер зачетной книжки. Работа должна быть выполнена в отдельной ученической тетради, на обложке которой нужно указать фамилию, инициалы, полный шифр, номер контрольной работы. бланк задания приклеивается к внутренней стороне обложки. Задачи контрольной работы должны иметь те номера, под которыми они стоят в бланке задания. Условия задач необходимо переписывать полностью и каждую задачу начинать с новой страницы. Контрольные работы выполнять чернилами синего цвета. Решение задач должно быть кратко обосновано с использованием законов и положений физики. При необходимости решение следует пояснять чертежом, выполненным карандашом с помощью циркуля и линейки. Обозначения на чертеже и в решении должны соответствовать и подробно поясняться.

Как правило, задачи решаются в общем виде, числовые значения подставляются только в окончательную формулу. Если расчетная формула не выражает общеизвестный физический закон, ее необходимо вывести, поясняя все физические величины. Вычисления необходимо производить в системе СИ. В конце работы перечисляется используемая литература с обязательным указанием авторов учебников и год их издания.

Во время экзаменационной сессии при собеседовании по контрольной работе вам предложат пояснить ход решения задач, физический смысл встречающихся в решениях величин, применяемые при вычислениях единицы и пр. Неудовлетворительные ответы на вопросы влияют на исход зачета и допуск к экзамену. Получив проверенную работу (как допущенную, так и не допущенную к собеседованию), студент обязан тщательно изучить все замечания и внести исправления. Тетрадь с выполненной контрольной работой остается на кафедре и уничтожается согласно акту на списание.

Примерные варианты контрольных работ

Вариант 1

1. Движение материальной точки задано уравнениями: $y = 1 + 2t$, $x = 2 + t$. Написать уравнение траектории $y = y(x)$ и построить траекторию на плоскости XOY . Указать положения точки при $t = 0$, направление и скорость движения.

2. Трактор, сила тяги которого на крюке 15 кН, сообщает прицепу ускорение 0,5 м/с². Определить ускорение, при котором тому же прицепу будет сообщено тяговое усилие 60 кН.

3. Дальность полёта тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью $v = 10$ м/с, равна высоте бросания. Определить высоту h , с которой было брошено тело.

4. Найти диаметр молекул водорода, если для водорода при нормальных условиях длина свободного пробега молекул $l = 112$ нм.

5. Термопара, сопротивление которой 6 см позволяет определить минимальное изменение температуры 0,006 град. Найти сопротивление гальванометра чувствительностью $1,5 \cdot 10^{-8}$ а, подключенного к термопаре. Постоянная термопары 0,05 мВ/град.

6. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом с диэлектрической проницаемостью равной 7. Расстояние между пластинами 5 мм, разность потенциалов 1000 В. Определить: 1) напряженность электрического поля в стекле, 2) поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора, 3) поверхностную плотность связанных зарядов на стекле.

7. Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора магнитной индукции, индукцию и напряженность магнитного поля на оси тороида без сердечника, если по обмотке тороида, содержащей 200 витков, протекает ток 2 А. Внешний диаметр тороида 60 см, внутренний диаметр 40 см.

8. Какую наибольшую мощность можно получить от генератора с напряжением 200 В и внутренним сопротивлением 30 Ом? Какую мощность можно получить, если КПД того же генератора 80%? Если максимально допустимый ток составляет 0,1 от тока короткого замыкания, то какую наибольшую мощность можно получить от генератора, не опасаясь его порчи?

9. Лампа, в которой светящимся телом служит раскаленный шарик диаметром 3 мм дает силу света 85 Кд. Найти яркость лампы, если сферическая колба лампы сделана: а) из прозрачного стекла, б) из матового стекла. Диаметр колбы лампы 6 см.

10. Освещенность плоской поверхности при угле падения световых лучей 60° равна 50 лк. Определить освещенность этой поверхности при угле падения лучей 30°.

Вариант 2

1. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, остановился через 5 с. Найти тормозной путь автомобиля. Построить график зависимости пути от скорости $s = f(v_0)$.

2. Деревянный брусок массой 2 кг тянут равномерно по деревянной доске, расположенной горизонтально, с помощью пружины с жёсткостью 100 Н/м. Коэффициент трения равен 0,3. Найти удлинение пружины.

3. Две пружины жёсткостью $k_1=1$ кН/м и $k_2=3$ кН/м скреплены параллельно. Определить потенциальную энергию данной системы при абсолютной деформации $\Delta l = 5$ см.

4. Найти температуру газа при давлении 100 кПа и концентрации молекул 10^{25} м⁻³. Построить график зависимости давления от концентрации $p = f(n)$.

5. Электродвижущая сила батареи равна 6 В и создает максимальный ток 3 А. Найти наибольшее количество теплоты, которое может быть выделено во внешнем сопротивлении в единицу времени.

6. Найти падение потенциала на медном проводе (удельное сопротивление $\approx 1,78 \cdot 10^{-6}$ Ом·см) длиной 500 м и диаметром 2 мм, если ток в нем 2 А.

7. Элемент, имеющий ЭДС 1,1 В и внутреннее сопротивление 1 Ом, замкнут на внешнее сопротивление 9 Ом. Найти ток в цепи, падение потенциала во внешней цепи и падение потенциала внутри элемента. С каким КПД работает элемент?

8. Обмотка тороида, имеющего стальной сердечник с узким вакуумным зазором, содержит 1000 витков. По обмотке течет ток 1 А. При какой длине вакуумного зазора индукция магнитного поля в нем будет равна 0,5 Тл? Длина тороида по средней линии равна 1 м.

9. Лист бумаги площадью 300 см², освещается лампой с силой света 100 Кд, причем на лист падает 0,05 часть всего посылаемого лампой света. Найти освещенность листа бумаги.

10. Докажите, что если монохроматический пучок света падает на грань призмы с показателем преломления n под малым углом, то при малом преломляющем угле A призмы угол отклонения φ лучей не зависит от угла падения и равен $A(n-1)$.

Вариант 3

1. Поезд через 10 с после начала движения приобретает скорость 0,6 м/с. Определить время от начала движения, при котором скорость поезда станет равна 3 м/с.

2. Найти удлинение буксирного троса с жёсткостью 100 кН/м при буксировке автомобиля массой 2 т с ускорением 0,5 м/с². Трением пренебречь. Построить график зависимости удлинения троса от ускорения: $\Delta l = f(a)$.

3. Из колодца глубиной 10 м поднимают ведро с водой массой 8 кг на тросе, каждый метр которого имеет массу 400 г. Определить работу, которая

совершается в результате подъёма.

4. В баллоне вместимостью 10 л находится газ при температуре 27°C . Вследствие утечки газа давление в баллоне понизилось на 4,2 кПа. Определить количество молекул, которое вышло из баллона, если температура осталась неизменной.

5. Обмотка соленоида состоит из N витков медной проволоки, поперечное сечение которой 1 мм^2 . Длина соленоида 25 см, его сопротивление 0,2 Ом. Найти индуктивность соленоида.

6. Два точечных заряда величинами $+7,5 \cdot 10^{-9}$ Кл и $-14,7 \cdot 10^{-9}$ Кл расположены на расстоянии 5 см. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от положительного заряда и 4 см от отрицательного заряда.

7. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму правильного шестиугольника. Во сколько раз изменилась индукция магнитного поля в центре контура?

8. Сила тока в цепи с индуктивностью 1 Гн в течение 0,69 с уменьшается до 0,001 первоначального значения. Определить сопротивление цепи.

9. На дно сосуда, наполненного водой до высоты 0,1 м, помещен точечный источник света. На поверхности воды плавает круглая непрозрачная пластинка так, что ее центр находится над источником света. Какой наименьший диаметр должна иметь эта пластинка чтобы ни один луч не мог выйти через поверхность воды.

10. Над центром круглого стола диаметром 2 м на высоте 2 м висит лампа силой света 200 Кд. Определить освещенность стола на его краях.

Вариант 4

1. Скорость поезда за 20 с уменьшилась с 72 до 54 км/ч. Написать формулу зависимости скорости от времени $v_x(t)$ и построить график этой зависимости.

2. Определить время аварийного торможения для остановки автобуса, который двигался со скоростью 12 м/с. Принять коэффициент трения равным 0,4 в условиях торможения.

3. Стационарный искусственный спутник движется по окружности в плоскости земного экватора, оставаясь все время над одним и тем же пунктом земной поверхности. Определить угловую скорость спутника и радиус его орбиты.

4. Определить количество вещества содержащегося в газе, если при давлении 200 кПа и температуре -33°C его объём равен 40 л. Построить график зависимости количества вещества от давления $\nu = f(p)$.

5. В плоском горизонтально расположенном конденсаторе заряженная капелька ртути находится в равновесии при напряженности электрического поля 60 КВ/н. Заряд капли $2,4 \cdot 10^{-9}$ СГС. Найти радиус капли R .

6. Электростатическое поле создается сферой радиусом 5 см, равномерно заряженной с поверхностной плотностью $1 \cdot 10^{-9}$ Кл/м².

Определить разность потенциалов между двумя точками, находящимися на расстояниях 10 см и 15 см от центра сферы.

7. На стальное кольцо намотано в один слой 500 витков провода. Средний диаметр кольца 25 см. Определить индукцию магнитного поля встали при силе тока в обмотке равной 2,5 А.

8. Рамка площадью 200 см^2 равномерно вращается с частотой 10 с^{-1} относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля с индукцией 0,2 Тл. Каково среднее значение ЭДС индукции за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменяется от нуля до максимального значения?

9. При прохождении света через слой 10% раствора сахара толщиной 15 см плоскость концентрации поворачивается на угол 13° . В другом растворе в слое толщиной 12 см площадь поляризации повернулась на угол $7,2^\circ$. Найти концентрацию второго раствора сахара.

10. Какую освещенность создает лампа силой света 120 Кд на расстоянии 2м? Считать лампу точечным источником света.

Вариант 5

1. При скорости $v_1 = 15 \text{ км/ч}$ тормозной путь автомобиля равен $s_1 = 1,5 \text{ м}$. Определить тормозной путь s_2 при скорости $v_2 = 90 \text{ км/ч}$. Считать, что ускорение в обоих случаях одно и то же.

2. На горизонтальной дороге автомобиль делает поворот радиусом 6 м. Определить наибольшую скорость, которую может развить автомобиль, чтобы его не занесло, если коэффициент трения скольжения колёс о дорогу равен 0,4. Также рассчитать аналогичную скорость для зимних условий, когда коэффициент трения станет меньше в 4 раза.

3. Шар массой 2 кг движется со скоростью 3 м/с и сталкивается с шаром массой 1 кг, движущимся со скоростью 4 м/с. Определить скорость шаров после прямого центрального удара. Удар считать абсолютно упругим.

4. Найти массу природного горючего газа объёмом 64 м^3 , считая, что объём указан при нормальных условиях. Молярную массу природного горючего газа считать равной молярной массе метана (CH_4). Построить график зависимости массы вещества от давления $m = f(p)$.

5. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложено разность потенциалов 500 В. Площадь пластин 200 см^2 , расстояние между ними 1,5 мм. Пластины раздвинули до расстояния 15 мм. Найти энергии конденсатора до и после раздвижения пластин, если источник тока перед раздвижением: 1) отключался, 2) не отключался.

6. Вольтметр включен в цепь последовательно с сопротивлением R_1 и показал напряжение 198 В, а при включении последовательно с сопротивлением $R_2 = 2R_1$ напряжение 180 В. Определить сопротивление R_1 и напряжение в сети, если сопротивление вольтметра 900 Ом.

7. В однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл движется протон по винтовой линии с радиусом 10 см и шагом 60 см. Определить кинетическую энергию протона.

8. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средней длиной 51 см и имеет вакуумный зазор длиной 2 мм. Обмотка тороида равномерно распределена по его длине. Во сколько раз уменьшится индукция магнитного поля в зазоре, если его длину увеличить в три раза. Магнитная проницаемость сердечника равна 800 и считается постоянной.

9. Горизонтальный луч света падает на вертикально расположенное зеркало. Зеркало затем поворачивают на угол α около вертикальной оси. На какой угол β повернется отраженный луч.

10. На расстоянии 5 м от источника света находится квадрат со стороной 10 см, поставленный перпендикулярно падающим лучам. Какой световой поток падает на этот квадрат, если сила света источника равна 800 Кд.

Вариант 6

1. Скорость точек рабочей поверхности наждачного круга диаметром 300 мм не должна превышать $v = 35 \text{ м/с}$. Определить, допустима ли установка круга на вал электродвигателя, рассчитав скорость для условий, в которых совершается 2800 об/мин. Построить график зависимости $v = f(\omega)$.

2. Найти потенциальную и кинетическую энергию тела массой 3 кг, падающего свободно с высоты 5 м, на расстоянии 2 м от поверхности Земли.

3. Шар массой 6 кг движется со скоростью 2 м/с и сталкивается с шаром массой 4 кг который движется со скоростью 5 м/с. Найти скорость шаров после прямого центрального удара. Шары считать абсолютно упругими.

4. Сосуд емкостью 4 л содержит 0,6 г некоторого газа под давлением 0,2 МПа. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.

5. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с магнитной индукцией $2 \cdot 10^6 \text{ Тл}$, двигается по круговой орбите радиусом 15 см. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.

6. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии 4 мм от него. Какая сила действует на электрон, если по проводнику пустить ток 5 А?

7. Найти напряженность магнитного поля на оси кругового контура на расстоянии 3 см от его плоскости. Радиус контура 4 см, ток в контуре 2 А.

8. В плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого 5 мм вдвигают стеклянную пластину с постоянной скоростью 50 мм/сек. Ширина пластины 4,5 мм. Электродвижущая сила батареи, подключенной к конденсатору 220 В. Диэлектрическая постоянная стекла пластины равна 7. Определить силу тока в цепи батареи.

9. Найти освещенность на поверхности Земли, создаваемую нормально падающими лучами Солнца. расстояние от Земли до Солнца 150 мил. км. Яркость Солнца $1,2 \cdot 10^9 \text{ кд/м}^2$, его радиус $6,96 \cdot 10^5 \text{ км}$.

10. Определите длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, если угол между направлениями на максимумы первого и второго порядка составляет 12° .

Вариант 7

1. Одним из простейших механизмов, используемых на строительных работах является лебёдка. Определить частоту вращения барабана лебёдки n диаметром 16 см при подъёме груза со скоростью 0,4 м/с. Построить график зависимости $n = f(v)$.

2. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 кг и 0,34 кг. За 2 с после начала движения каждый прошёл путь 1,2 м. Определить ускорение свободного падения, исходя из данных опыта.

3. Автомобиль массой 10 т движется с выключенными двигателями под уклон по дороге, составляющей с горизонтом угол, равный 4° . Найти работу силы тяжести на пути 100 м.

4. Воздух объёмом $1,45 \text{ м}^3$, находящийся при температуре 20°C и давлении 100 кПа, превратили в жидкое состояние. Определить объём, который займёт жидкий воздух, если его плотность 861 кг/м^3). Построить график зависимости объёма воздуха от температуры $V = f(T)$.

5. Элемент, имеющий ЭДС 1,1 В и внутреннее сопротивление 1 Ом, замкнут на внешнее сопротивление 9 см. Найти ток в цепи, падение потенциала во внешней цепи и падение потенциала внутри элемента. С каким КПД работает элемент?

6. С какой силой на единицу площади отталкиваются две одноименно заряженные бесконечно протяженные плоскости? Поверхностная плотность заряда на плоскостях $0,3 \text{ мКл/м}^2$.

7. Чугунное кольцо имеет воздушный зазор длиной 5 мм. Длина средней линии кольца равна 1 м. Сколько витков содержит обмотка на кольце, если при силе тока 4 А индукция магнитного поля в воздушном зазоре равна 0,5 Тл?

8. По обмотке длинного соленоида со стальным сердечником течет ток 2 А. Определить объемную плотность энергии магнитного поля в сердечнике, если число витков на каждом сантиметре длины соленоида равна 7 см^{-1} .

9. Спираль электрической лампочки с силой света 1000 Кд заключена в матовую сферическую колбу диаметром 20 см. Найти световой поток, излучаемый этим источником света, его светимость и яркость. Найти освещенность, светимость и яркость экрана, на который падает 10% указанного светового потока источника света. Коэффициент отражения света поверхностью экрана равен 80%, площадь экрана $0,25 \text{ м}^2$. Считать, что поверхность рассеивает свет по закону Ламберта.

10. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ падает на длинную прямоугольную щель шириной $a = 12 \text{ мкм}$ под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ к ее нормали. Определите угловое положение первых минимумов, расположенных по обе стороны центрального френгоферова максимума.

Вариант 8

1. Период вращения молотильного барабана комбайна «Нива» диаметром 600 мм равен 0,046 с. Определить скорость точек, лежащих на ободе барабана, и их центростремительное ускорение. Построить график зависимости скорости от периода $v = f(T)$.

2. Автомобиль движется по мосту. Определить с какой скоростью он должен проходить середину выпуклого моста радиусом 40 м, чтобы центростремительное ускорение равнялось ускорению свободного падения. Построить график зависимости скорости от радиуса $v = f(R)$.

3. Максимальная сила натяжения, которую выдерживает трос, не разрываясь, равна 15 кН. Определить предельное ускорение при подъёме груза массой 500 кг, при котором возникнет аварийная ситуация.

4. При изотермическом расширении водорода массой 1 г, объем газа увеличился в два раза. Определить работу A расширения совершенную газом, если температура газа $T = 300$ К. Определить теплоту Q .

5. Катушка длиной 20 см и диаметром 3 см имеет 400 витков. По катушке идет ток 2 А. Найти индуктивность катушки и магнитный поток пронизывающий площадь ее поперечного сечения.

6. Определите напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике объемом 10 см^3 , если при прохождении по нему постоянного тока за время 5 мин выделилось количество теплоты 2,3 Кдж. Удельное сопротивление алюминия $26 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

7. Поток магнитной индукции сквозь поперечное сечение соленоида (без сердечника) равен $1 \cdot 10^{-6}$ Вб. Длина соленоида 12,5 см. Определите магнитный момент соленоида.

8. Две параллельные металлические пластины площадью S каждая имеют заряды q_1 и q_2 . Вычислить поверхностную плотность зарядов, пренебрегая эффектом стекания их с краев пластины.

9. Линза с фокусным расстоянием 16 см дает резкое изображение предмета при двух положениях, расстояние между которыми 6 см. Найти полное расстояние от предмета до экрана.

10. Над центром круглого стола диаметром 2 м на высоте 2 м висит лампа силой света 200 Кд. Определить освещенность стола на его краях.

Вариант 9

1. Рабочее колесо турбины Красноярской ГЭС имеет диаметр 7,5 м и вращается с частотой 93,8 об/мин. Определить центростремительное ускорение концов лопаток турбины. Построить график зависимости $a = f(\omega)$.

2. Автомобиль движется со скоростью 72 км/ч и при этом частота вращения колеса 8 с^{-1} . Найти центростремительное ускорение точек колеса автомобиля, соприкасающихся с дорогой.

3. Камень брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. Определить высоту, на которой имеющаяся кинетическая энергия камня будет равна потенциальной энергии.

4. Определить удельные теплоемкости C_p и C_v смеси газов,

содержащей гелий массой 10 г и водород массой 10 г.

5. Какой силы ток течет по обмотке якоря мотора электровоза, развивающего силу тяги 400 кГ, если напряжение на концах обмотки 500 В, скорость электровоза 36 км/час? КПД мотора 92%.

6. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено слюдой с диэлектрической проницаемостью 7. Площадь пластин конденсатора составляет 50 см². Определить поверхностную плотность связанных зарядов на слюде, если пластины конденсатора притягивают друг друга с силой 0,001 Н.

7. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора 100 см² и расстояние между ними 5 мм. Найти, какая разность потенциалов была приложена к пластинам конденсатора, если известно, что при разряде конденсатора выделилось $4,19 \cdot 10^{-3}$ Дж тепла.

8. По тонкому проводу, изогнутому в виде шестиугольника со стороной 10 течет ток 40 А. Определить индукцию магнитного поля в центре шестиугольника.

9. На плоскопараллельную стеклянную пластину с оптическим показателем преломления 1,5 и толщиной 5 см падает под углом 30° луч света. Определить боковое смещение луча, прошедшего сквозь эту пластинку.

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

Вариант 10

1. Порожний грузовой автомобиль массой 4 т начал движение с ускорением 0,3 м/с². Определить массу груза, принятого автомобилем, если при той же силе тяги он трогается с места с ускорением 0,2 м/с².

2. Найти наименьший радиус дуги для поворота автомашины, движущейся по горизонтальной дороге со скоростью 36 км/ч, если коэффициент скольжения колёс о дорогу 0,25.

3. Скорость свободно падающего тела массой 4 кг на некотором пути увеличилась с 22 м/с до 8 м/с. Найти работу силы тяжести на этом пути.

4. В закрытом сосуде вместимостью 20 л находятся водород массой 6 г и гелий массой 12 г. Определите: 1) давление p ; 2) молярную массу газовой смеси M в сосуде, если температура смеси $T = 300$ К.

5. Согласно теории Бора, электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите радиусом $52,8 \cdot 10^{-12}$ м. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого электроном в центре круговой орбиты.

6. Электрическое поле образовано положительно заряженной бесконечно длинной нитью с линейной плотностью заряда $2 \cdot 10^{-7}$ Кл/м. Какую скорость получит электрон под действием поля, приблизившись к нити с расстояния 1 см до расстояния 0,5 см?

7. Полусфера равномерно заряжена с поверхностной плотностью заряда σ . Определить напряженность поля в центре основания полусферы.

8. Сопротивления стальной проволоки в два раза больше, чем медной. В которой из проволок будет выделяться больше тепла: а) при параллельном, б) при последовательном включении в цепь постоянного напряжения.

9. В полдень во время весеннего и осеннего равноденствия Солнце стоит на экваторе в зените. Во сколько раз в это время освещенность поверхности Земли на экваторе больше освещенности поверхности Земли в Санкт-Петербурге, широта которого 60° .

10. Определить световой поток, излучаемый точечным источником света внутрь телесного угла, равного $0,4$ ср, если сила света источника 100 Кд.

Вариант 11

1. Под действием некоторой силы тележка, двигаясь из состояния покоя, прошла путь 40 см. Когда на тележку положили груз массой 200 г, то под действием той же силы за то же время тележка прошла из состояния покоя путь 20 см. Определить массу тележки. Построить график зависимости ускорения от массы $a = f(m)$.

2. Наклонная плоскость расположена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. При каких значениях коэффициента трения μ втаскивать по ней груз труднее, чем поднимать его вертикально? Движение считать равномерным.

3. Вагон массой 40 т движется со скоростью $0,1$ м/с. При полном торможении вагона буферные пружины сжимаются на $\Delta l = 10$ см. Определить максимальную силу сжатия буферных пружин и продолжительность торможения.

4. Найти объём баллона, в который помещается газ, количество которого составляет 50 моль. При этом максимальная температура 360 К, а давление не превышает 6 МПа. Построить график зависимости количества вещества от давления $\nu = f(p)$.

5. Два шарика зарядами $6,66 \cdot 10^{-9}$ Кл и $13,33 \cdot 10^{-9}$ Кл находятся на расстоянии 40 см. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния 25 см?

6. В магнитном поле, индукция которого $0,05$ Тл вращается стержень длиной 1 м с угловой скоростью 20 рад/с. Ось вращения проходит через конец стержня и параллельно магнитному полю. Найти ЭДС индукции, возникающую на концах стержня.

7. Ламповый реостат состоит из тяги электрических лампочек сопротивлением по 350 Ом, включенных параллельно. Найти сопротивление реостата, когда: а) горят все лампочки, б) вывинчиваются одна, две, три, четыре лампочки.

8. Параллельно активному сопротивлению R включены последовательно соединенные емкость C и индуктивность L . Используя символический метод определить полное сопротивление Z и сдвиг фаз $\text{tg } \varphi$ между током и напряжением.

9. Определить, во сколько раз ослабится интенсивность света, прошедшего через два «николя», расположенных так, что угол между их главными плоскостями равен 60° , а в каждом из «николей» теряется 8%

интенсивности падающего на него света.

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

Вариант 12

1. Две пружины равной длины, скреплённые одними концами, растягивают за свободные концы руками. Пружина с жёсткостью 100 Н/м удлинилась на 5 см . Определить жёсткость второй пружины, если её удлинение составляет 1 см . Построить график зависимости жёсткости пружины от удлинения $k = f(l)$.

2. Тело свободно падает с высоты 80 м . Определить перемещение тела в последнюю секунду. Построить график зависимости высоты падения от времени $h = f(t)$.

3. Автомобиль массой 2 т затормозил и остановился, пройдя путь 50 м . Найти работу силы трения и изменение кинетической энергии автомобиля, если дорога горизонтальна, и коэффициент трения равен $0,4$.

4. Сосуд емкостью $0,01 \text{ м}^3$ содержит азот массой 7 г и водород массой 1 г при температуре $T = 280 \text{ К}$. Определить давление смеси газов.

5. Сколько витков на хромовой проволоке диаметром 1 мм надо намотать на фарфоровый цилиндр радиусом $2,5 \text{ см}$, чтобы получить печь сопротивлением 40 см^2 ?

6. Две концентрические проводящие сферы радиусами 20 см и 50 см заряжены соответственно одинаковыми зарядами по $1 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$. Определить энергию электростатического поля, заключенного поля, заключенного между этими сферами.

7. Сила тока в проводнике сопротивлением 50 Ом равномерно растёт от 0 до 3 А , за время 6 сек . Определить количество теплоты, выделившиеся в проводнике за это время.

8. Вольтметр, соединённый последовательно с сопротивлением 10000 Ом , показывает напряжение 75 В , а соединённый последовательно с неизвестным сопротивлением 15 В . Определить это сопротивление, если внешнее напряжение 120 В .

9. В день весеннего равноденствия на Северной Земле Солнце стоит в полдень под углом 10° к горизонту. Во сколько раз освещённость площадки, поставленной вертикально будет больше освещённости горизонтальной площадки.

10. Освещённость плоской поверхности при угле падения световых лучей 60° равна 50 лк . Определить освещённость этой поверхности при угле падения лучей 30° .

Вариант 13

1. Тело за последние 2 с прошло 60 м . Определить общее время падения тела. Построить график зависимости высоты падения от времени $h = f(t)$.

2. Камень бросают вертикально вниз с моста высотой 20 м. Определить начальную скорость, которую необходимо сообщить камню, чтобы он достиг поверхности воды через 1 с. Построить график зависимости высоты падения от времени $h = f(t)$.

3. Мяч массой 100 г, летевший со скоростью 20 м/с, ударился о горизонтальную плоскость. Угол падения (угол между направлением скорости и перпендикуляром к плоскости) равен 60° . Найти изменение импульса, если удар абсолютно упругий, а угол отражения равен углу падения.

4. Газ, совершающий цикл Карно, получает от нагревателя теплоту $Q = 42$ кДж. Какую работу совершает газ, если абсолютная температура T_1 нагревателя в три раза выше, чем температура T_2 охладителя?

6. По прямому горизонтально расположенному проводу протекает ток 10 А. Под ним на расстоянии 1,5 см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток 1,5 А. Определить, чему равна площадь поперечного сечения алюминиевого проводника, при которой он будет удерживаться незакрепленным. Плотность алюминия $2,7$ г/см³.

7. Определите суммарный импульс электронов в прямом проводе длиной 500 м, по которому течет ток 20 А.

8. На бесконечном тонкостенном цилиндре диаметром $d = 10$ см равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 2$ мкКл/м². Определить напряженность поля в точке, отстоящей от поверхности цилиндра на расстоянии 12 см.

9. Горизонтальный луч света падает на вертикально расположенное зеркало. Зеркало поворачивается на угол α около вертикальной оси. На какой угол повернется отраженный луч?

10. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, и наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны линзы $R = 4$ м. Определите показатель преломления жидкости, если радиус второго светлого кольца $r = 1,8$ мм.

Вариант 14

1. Автобус, масса которого с полной нагрузкой равна 60 т, трогается с места с ускорением $0,7$ м/с². Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.

2. На шнуре, перекинута через неподвижный блок, помещены грузы массами 0,3 кг и 0,2 кг. Определить ускорение движения грузов. Кроме того, найти силу натяжения шнура во время движения.

3. Диск радиусом 20 см и массой 5 кг вращается с частотой 8 об/с. При торможении он остановился через 4 с. Определить тормозящий момент M .

4. Газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения газа $A = 5$ Дж. Определить работу изотермического сжатия, если термический КПД цикла равен 0,2.

5. Свободные заряды равномерно распределены с объемной

плотностью $5 \cdot 10^{-9}$ Кл/м³ по шару радиусом 10 см из однородного изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью равной 5. Определить напряженность электростатического поля на расстояниях 5 см и 15 см от центра шара.

6. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 10 А. Определить, пользуясь теоремой циркуляции вектора магнитной индукции, магнитную индукцию в точке, расположенной на расстоянии 10 см от проводника.

7. Плоский конденсатор находится во внешнем однородном электрическом поле с напряженностью $E = 10^3$ В/м, перпендикулярном пластинам. Площадь пластин 10^{-2} м². Определить заряды на каждой из пластин, если конденсатор замкнуть проводником накоротко.

8. Активное сопротивление 10 Ом и индуктивность 0,05 Гн соединены параллельно и включены в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. Во сколько раз ток в индуктивности меньше тока в неразветвленной части цепи?

9. Определить расстояние от двояковыпуклой линзы предмета, при котором расстояние от предмета до действительного изображения будет минимальным.

10. Над центром круглого стола диаметром 2 м на высоте 2 м висит лампа силой света 200 Кд. Определить освещенность стола на его краях.

Вариант 15

1. Автомобиль «Жигули» массой 1 т, трогаясь с места, достигает скорости 30 м/с через 20 с. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления равен 0,05.

2. Камень шлифовального станка имеет на рабочей поверхности скорость 30 м/с. Обработываемая деталь прижимается к камню с силой 100 Н, коэффициент трения 0,2. Определить механическую мощность двигателя станка.

3. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и обойдя ее вернется в исходную точку? Масса платформы 240 кг, масса человека 60 кг. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

4. Средняя длина свободного пробега молекул кислорода при нормальных условиях $\langle l \rangle = 10^{-5}$ см. Вычислить среднюю арифметическую скорость $\langle v \rangle$ молекул и среднее число соударений $\langle z \rangle$ молекул в секунду.

5. Элемент, сопротивление и амперметр соединены последовательно. Элемент имеет ЭДС 2В и внутреннее сопротивление 0,4 Ом. Амперметр показывает ток 1 А. С каким КПД работает элемент?

6. Найти силу притяжения между ядром атома водорода и электроном. Радиус атома равен $5 \cdot 10^{-11}$ м. Заряд ядра равен по модулю и противоположен по знаку заряду электрона.

7. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 3000 В. Пространство между пластинами заполнено парафином толщиной 5 мм с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Определить напряжённость

поля в парафине, диэлектрическую восприимчивость парафина и плотность связанных зарядов на его поверхности.

8. Две электроплитки соединены параллельно и потребляют мощность N . Какую мощность они будут потреблять, включённые последовательно, если одна из них потребляет мощность N_1 ?

9. Спираль электрической лампочки с силой света 1000 Кд заключена в матовую сферическую колбу диаметром 20 см. Найти световой поток, излучаемый этим источником света его светимость и яркость.

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

Вариант 16

1. Электровоз при начале движения с места железнодорожного состава развивает максимальную силу тяги 650 кН. Определить ускорение, которое он сообщит составу массой 3250 т, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.

2. Груз, подвешенный на нити длиной $l = 60 \text{ см}$, двигаясь равномерно, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Определить скорость движения груза, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол $\alpha = 30^\circ$.

3. Плот массой 140 кг и длиной 3 м плавает на воде. На плоту находится человек, масса которого 70 кг. С какой наименьшей скоростью и под каким углом к плоскости горизонта должен прыгнуть человек вдоль плота, чтобы попасть на его противоположный край?

4. В баллоне находится газ при температуре 15°C . Определить кратное уменьшение давления газа, если 40% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на 8°C . Построить график зависимости температуры газа от давления $T = f(p)$.

5. Сколько витков имеет катушка, индуктивность которой равна 1 мГн, если при токе 1 А магнитный поток сквозь катушку $2 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}$?

6. Электростатическое поле создается шаром радиусом 10 см, равномерно заряженным с объемной плотностью $20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^3$. Определить разность потенциалов между точками, находящимися внутри шара на расстояниях 2 см и 8 см от его центра.

7. Определить число витков в обмотке тороида при которой в узком вакуумном зазоре длиной 3,6 мм магнитная индукция будет равна 1,4 Тл. Длина тороида по средней линии равна 0,8 м. Сила тока 28 А. Сердечник – сталь.

8. Индукция магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от 0,5 Тл до 1 Тл. Найти, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии магнитного поля.

9. Докажите, что в том случае, когда яркость источника не зависит от направления, светимость R и яркость B связаны соотношением $R = \pi B$.

10. Какую освещенность создает лампа силой света 120 Кд на расстоянии 2м? Считать лампу точечным источником света.

Вариант 17

1. Троллейбус массой 10 т, трогаясь с места, приобрёл на пути 50 м скорость 10 м/с. Найти коэффициент сопротивления, если сила тяги равна 14 кН.

2. Определить величину силы, которую нужно приложить для подъёма вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона 20° . Движение считать равномерным, а коэффициент сопротивления движению равен 0,05.

3. Парашютист массой 80 кг отделился от неподвижно висящего вертолёта, и пролетев до раскрытия парашюта 200 м, приобрёл скорость 50 м/с. Найти работу силы сопротивления воздуха на этом пути.

4. Баллон емкостью 50 л заполнен кислородом. Температура водорода $T = 300$ К. Когда часть кислорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на 200 кПа. Определить массу израсходованного кислорода. Процесс считать изотермическим.

5. Обмотка катушки из медной проволоки при 14° С имеет сопротивление 10 Ом. после пропускания тока сопротивление обмотки стало равным 12,2 Ом. До какой температуры нагрелась обмотка? Температурный коэффициент сопротивления меди равен $4,15 \times 10^{-3} \frac{1}{K}$.

6. Разность потенциалов между точками, а и В равна 9 В. Имеются два проводника с сопротивлением 5 Ом и 3 Ом. найти количество теплоты, выделяющаяся в каждом проводнике в единицу времени, если проводники между точки А и В соединены: а) последовательно, б) параллельно.

7. Обмотка катушки из медной проволоки при температуре 14° С имеет сопротивление 10 Ом. После пропускания тока сопротивление обмотки стало равно 12,2 Ом. До какой температуры нагрелась обмотка? Температурный коэффициент сопротивления меди равен $4,15 \cdot 10^{-3} K^{-1}$.

8. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи 1000 А. Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

9. Определить световой поток, излучаемый точечным источником света внутрь телесного угла, равного 0,4 ср, если сила света источника 100 Кд.

10. Расстояние от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана соответственно равно $a = 30$ см и $b = 1,5$ м. Бипризма стеклянная ($n = 1,5$) с преломляющим углом $\beta = 20'$. Определите длину волны света, если ширина интерференционных полос $\Delta x = 0,65$ мм.

Вариант 18

1. Конькобежец движется со скоростью 10 м/с по окружности радиусом 30 м. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие? Построить график зависимости угла наклона от скорости

$$\alpha = f(v).$$

2. Определить максимальную скорость, с которой может ехать мотоциклист по горизонтальной плоскости, описывая дугу радиусом 100 м. Найти также угол от вертикального положения, на который он отклонится, учитывая то, что коэффициент трения резины о почву составляет 0,4.

3. Две материальные точки движутся согласно уравнениям $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$ и $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$, где $A_1 = 10$ м, $B_1 = 32$ м/с, $C_1 = -3$ м/с, $A_2 = 5$ м, $B_2 = 5$ м/с. В какой момент времени скорости этих точек одинаковы? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?

4. Определить среднюю кинетическую энергию одной молекулы водяного пара при температуре $T = 300$ К.

5. Во сколько раз сила гравитационного притяжения между двумя протонами меньше силы их электростатического отталкивания? Заряд протона равен по модулю и противоположен по знаку заряду электрона.

6. Два прямолинейных длинных проводника расположены параллельно на расстоянии 10 см друг от друга. по проводникам текут токи, равны 5 А в противоположных направлениях. Найти модуль и направление напряженности магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 10 см от каждого проводника.

7. В плоском вакуумном конденсаторе во взвешенном состоянии находится капелька ртути. Первоначальная разность потенциалов, приложенная к конденсатору, составляла 1200 В. Затем она внезапно уменьшилась до 1115 В. За какое время капелька достигнет нижней пластины, если она первоначально находилась посередине между пластинами конденсатора, расстояние между которыми 0,5 см?

8. Элемент с ЭДС равной 2 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом замкнут на внешнее сопротивление. Найти падение потенциала внутри элемента при силе тока в цепи 0,25 А и внешнее сопротивление R цепи при этих условиях?

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

10. На расстоянии 5 м от источника света находится квадрат со стороной 10 см, поставленный перпендикулярно падающим лучам. Какой световой поток падает на этот квадрат, если сила света источника равна 800 Кд.

Вариант 19

1. Поезд массой 2000 т, двигаясь прямолинейно, увеличил скорость от 36 км/ч до 72 км/ч. Найти изменение импульса поезда.

2. Материальная точка массой 0,1 г колеблется согласно уравнению $x = A \sin \omega t$ где $A = 5$ см, $\omega = 20$ с⁻¹. Определить максимальное значение возвращающей силы и кинетической энергии точки.

3. Боек свайного молота массой 0,6 т падает с некоторой высоты на сваю массой 150 кг. Найти КПД бойка, считая удар неупругим. Полезной считать энергию, пошедшую на углубление сваи.

4. В цилиндре дизельного двигателя автомобиля КамАЗ-5320 температура воздуха в начале такта сжатия была $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найти температуру воздуха в конце такта, если его объём уменьшается в 17 раз, а давление возрастает в 50 раз.

5. Определите линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда $1 \cdot 10^{-9}$ Кл с расстояния 5 см до расстояния 2 см в направлении, перпендикулярном нити, равна 50 мкДж.

6. Поток вектора напряженности электрического поля через плоскую поверхность пластины, равномерно заряженную с поверхностной плотностью заряда σ , равен N . Определить силу, действующую на пластину в направлении, перпендикулярном ее плоскости.

7. В однородное магнитное поле с индукцией $0,1$ Тл помещена квадратная рамка площадью 25 см^2 . Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол 60° . Определите вращающий момент, действующий на рамку, если по ней течет ток 1 А.

8. Плоский конденсатор, длина пластин которого много больше расстояния между ними, присоединен к источнику постоянного напряжения. Докажите, что напряженность электрического поля внутри конденсатора не изменится, если пространство между обкладками заполнить диэлектриком.

9. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,6\text{ мкм}$, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, и наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны линзы $R = 4\text{ м}$. Определите показатель преломления жидкости, если радиус второго светлого кольца $r = 1,8\text{ мм}$.

10. В день весеннего равноденствия на Северной Земле Солнце стоит в полдень под углом 10° к горизонту. Во сколько раз освещенность площадки, поставленной вертикально будет больше освещенности горизонтальной площадки.

Вариант 20

1. Вагон массой 20 т , движущийся со скоростью $0,3\text{ м/с}$, нагоняет вагон массой 30 т , движущийся со скоростью $0,2\text{ м/с}$. Определить скорость вагонов после того, как сработает автосцепка.

2. Шарик массой 200 г ударился о стенку со скоростью 10 м/с и отскочил от нее с такой же скоростью. Определить импульс, полученный стенкой, если до удара шарик двигался под углом 30° к плоскости стенки.

3. В цилиндре под поршнем находится водород массой $0,02\text{ кг}$ при температуре $T = 300\text{ К}$. Водород сначала расширился в 5 раз, а затем был сжат изотермически, причем объем газа уменьшился в 5 раз. Найти температуру T в конце адиабатического расширения и полную работу A , совершенную газом. Изобразить процесс графически.

4. Молекулы двухатомного газа при некоторых условиях частично распадаются на отдельные атомы. Определить, сколько процентов молекул распалось, если отношение теплоемкостей такого газа $C_p/C_v = 1,5$.

5. Два шарика одинакового радиуса и массы подвешены на нитях так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам заряда $4 \cdot 10^{-7}$ Кл они оттолкнулись друг от друга и разошлись на угол 60° градусов. Найти массу шарика, если расстояние от точки подвеса до центра каждого из шариков равно 20 см.

6. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 22,5 \cdot 10^{-6}$ Кл и $q_2 = -44 \cdot 10^{-6}$ Кл равно 5 см. Найти напряженность и потенциал поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от положительного заряда и 4 см от отрицательного заряда.

7. Найти объёмную плотность энергии электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 2 см от поверхности заряженного шара радиусом в 1 см. Поверхностная плотность заряда на шаре $5 \cdot 10^{-6}$ Кл/м², диэлектрическая проницаемость среды $\epsilon = 2$. Вычислить ёмкость и полную энергию шара.

8. Плоский конденсатор, состоящий из двух пластин, имеет изолирующий слой толщиной 0,2 мм. Определить плотность связанных зарядов на поверхности изолирующего слоя, если конденсатор заряжен до 600 В, а диэлектрическая восприимчивость изолирующего слоя равна 0,5.

9. Определить расстояние от двояковыпуклой линзы предмета, при котором расстояние от предмета до действительного изображения будет минимальным.

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

Вариант 21

1. Строитель совершает работу при поднятии груза массой 2 кг на высоту 1 м с ускорением 3 м/с^2 . Определить величину выполненной работы.

2. На скамейке Жуковского сидит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамейка с человеком вращается с угловой скоростью $\omega_1 = 1$ рад/с. С какой угловой скоростью будет вращаться скамейка с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамейки $6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Длина стержня 2,4 м, его масса 8 кг. Считать, что центр тяжести стержня с человеком находится на оси платформы.

3. Точка движется по прямой согласно уравнению $x = At + Bt^2$, где $A = 6 \text{ м/с}$, $B = 0,125 \text{ м/с}^3$. Определить среднюю скорость точки в интервале времени от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 6$ с.

4. В баллоне емкостью 11,2 литра находится водород при нормальных условиях. После того как в баллон было дополнительно введено некоторое количество гелия, давление в баллоне возросло до 0,15 МПа, а температура не изменилась. Определить массу гелия, введенного в баллон.

5. Два шарика одинакового радиуса и массы подвешены на двух нитях так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд нужно сообщить шарикам, чтобы натяжение нитей стало равно 0,098 Н? Расстояние от точки подвеса до центра каждого шарика равно 10 см. Масса шарика $5 \cdot 10^{-3}$ кг.

6. В точках A и B помещены заряды $q_A = -5 \cdot 10^{-6}$ Кл и $q_B = +20 \cdot 10^{-6}$ Кл. Найти на прямой, проходящей через эти заряды, ближайшую к точке A точку C , в которой напряженность поля равна нулю. $AB = 10$ см.

7. Протон с кинетической энергией 1 МэВ влетел в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл, перпендикулярно линиям индукции. Какова должна быть протяженность поля в направлении, по которому летел протон, чтобы оно изменило направление движения протона на противоположное?

8. Проводник в виде тонкого полукольца радиусом 10 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл. По проводнику течет ток 10 А. Найти силу, действующую на проводник, если плоскость кольца перпендикулярна линиям индукции магнитного поля.

9. В полдень во время весеннего и осеннего равноденствия Солнце стоит на экваторе в зените. Во сколько раз в это время освещенность поверхности Земли на экваторе больше освещенности поверхности Земли в Санкт-Петербурге, широта которого 60° .

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

Вариант 22

1. Груз массой 400 кг втаскивается по плоскости с углом наклона 30° на высоту 2 м при коэффициенте трения 0,3. Определить работу, которую надо совершить, прикладывая силу совпадающую по направлению с перемещением.

2. Абсолютно упругий шар массой 1,8 кг сталкивается с покоящимся упругим шаром большей массы. В результате центрального прямого удара шар потерял 36% кинетической энергии. Определить массу большего шара.

3. Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения имеет вид $x = At + Bt^2$, где $A = 3$ м/с, $B = 0,06$ м/с². Найти скорость и ускорение точки в моменты времени $t_1 = 0$ и $t_2 = 3$ с. Каковы средние значения скорости и ускорения за первые 3 секунды движения.

4. Некоторый газ находится под давлением 700 кПа при температуре 308 К. Определить относительную молекулярную массу газа M , если плотность газа $= 12,2$ кг/м³.

5. Четыре маленьких заряженных шарика соединены тонкими нитями так, что система зарядов образует ромб с острым углом α . Определить отношение зарядов соседних шариков.

6. Две альфа - частицы летят из бесконечности навстречу друг другу со скоростями V_1 и V_2 . На какое минимальное расстояние они смогут сблизиться и как будут после этого двигаться?

7. Аккумулятор подключён один раз к внешней цепи с сопротивлением R_1 , а другой с R_2 . Количество теплоты, выделяющееся во внешней цепи в единицу времени одинаково. Определить внутреннее сопротивление аккумулятора.

8. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника со сторонами 30 и 40 см течет ток 60 А. Определить индукцию магнитного поля в центре прямоугольника.
9. Определить световой поток, излучаемый точечным источником света внутрь телесного угла, равного 0,4 ср, если сила света источника 100 Кд.
10. Расстояние от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана соответственно равно $a = 30$ см и $b = 1,5$ м. Бипризма стеклянная ($n = 1,5$) с преломляющим углом $\beta = 20'$. Определите длину волны света, если ширина интерференционных полос $\Delta x = 0,65$ мм.

Вариант 23

1. Шарик массой 100 г свободно падает с высоты 1 м на стальную плиту и подпрыгивает на высоту 0,5 м. Определить импульс p (по величине и направлению), сообщенный плитой шарiku.
2. Однородный диск радиусом 30 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через одну из образующих цилиндрической поверхности диска. Определить период колебаний диска.
3. Определить скорость распространения волн в упругой среде, если разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний двух точек, отстоящих друг от друга на 10 см, равна 600. Частота колебаний 25 Гц.
4. Вычислить плотность кислорода, находящегося в баллоне под давлением 1 МПа при температуре $T = 300$ К.
5. Кольцо из тонкой проволоки разрывается, если на нем находится заряд q . При какой величине заряда разорвется кольцо, если диаметр кольца и диаметр проволоки увеличить в два раза?
6. Две бесконечные параллельные проводящие пластины заряжены так, что поверхностная плотность зарядов первой пластины σ_1 , а второй σ_2 . Определить заряды на каждой поверхности пластин.
7. Конденсатор емкостью 20 мкФ и активное сопротивление 150 Ом включены последовательно в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. Во сколько раз напряжение на конденсаторе меньше напряжения приложенного к цепи?
8. Индуктивность 2,26 мГн и активное сопротивление R включены параллельно в цепь переменного тока частотой 50 Гц. Найти сопротивление R , если известно, что сдвиг фаз между током и напряжением равен 60° .
9. Докажите, что в том случае, когда яркость источника не зависит от направления, светимость R и яркость B связаны соотношением $R = \pi B$.
10. Какую освещенность создает лампа силой света 120 Кд на расстоянии 2 м? Считать лампу точечным источником света.

Вариант 24

1. На спокойной воде пруда находится лодка длиной 4 м, расположенная перпендикулярно берегу. На корме лодки стоит человек. Масса лодки с человеком $M = 240$ кг, масса человека 60 кг. Человек перешел с кормы на нос лодки. На сколько переместилась при этом относительно берега человек и лодка.

2. Определить скорость распространения волн в упругой среде, если разность фаз $\Delta\phi$ колебаний двух точек, отстоящих друг от друга на 10 см, равна 600. Частота колебаний 25 Гц.
3. Через неподвижный блок массой 0,2 кг перекинут шнур, к концам которого подвешены грузы массами 0,3 кг и 0,5 кг. Определить силу натяжения шнура по обе стороны блока во время движения грузов, если массу блока можно считать равномерно распределенной по ободу.
4. Найти число молей и число молекул, содержащихся в объеме равном 1 см^3 воды при температуре $t = 40 \text{ C}$.
5. Какой заряд необходимо сообщить мыльному пузырю радиусом 6 мм, чтобы он стал раздуваться? Коэффициент поверхностного натяжения мыльной пленки равен $40 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.
6. Две длинные прямые нити параллельны друг другу и находятся на расстоянии $R = 10 \text{ см}$ друг от друга. На них равномерно распределены заряды с линейными плотностями $\tau_1 = 0,7 \text{ мкКл/м}$ и $\tau_2 = 10 \text{ мкКл/м}$. Определить напряженность поля в точке, удаленной от первой нити на расстоянии 4 см, а от второй на расстоянии 8 см.
7. Два аккумулятора с ЭДС 1,5 В и 2 В и внутренними сопротивлениями 0,15 Ом, 0,3 Ом соединены параллельно. Определить ток в батарее и напряжение на её зажимах.
8. Магнитная индукция поля между полюсами генератора равна 0,8 Тл. Ротор имеет 100 витков площадью 400 см^2 . Определить частоту вращения ротора, если максимальное значение ЭДС индукции равно 200 В.
9. Найти освещенность на поверхности Земли, создаваемую нормально падающими лучами Солнца, расстояние от Земли до Солнца 150 мил. км. Яркость Солнца $1,2 \cdot 10^9 \text{ кд/м}^2$, его радиус $6,96 \cdot 10^5 \text{ км}$.
10. Определите длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, если угол между направлениями на максимумы первого и второго порядка составляет 12° .

Вариант 25

1. Гиря, положенная на верхний конец спиральной пружины, сжимает ее на 2 мм. На сколько сожмет пружину та же гиря, упавшая на конец пружины с высоты 5 м.
2. Стержень длиной 40 см колеблется около оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его верхний конец. Определить период колебаний такого маятника.
3. Диск радиусом 0,2 м вращается согласно уравнению $\phi = A + Bt + Ct^3$, где $A = 3 \text{ рад}$, $B = 1 \text{ рад/с}$, $C = 0,1 \text{ рад/с}^3$. Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорение точек на окружности диска и момент времени $t = 10 \text{ с}$.
4. При адиабатическом сжатии кислорода массой 1 кг совершена работа $A = 100 \text{ кДж}$. Какова конечная температура газа, если до сжатия кислород находился при температуре $T_1 = 300 \text{ К}$?
5. Незаряженный металлический цилиндр вращается вокруг своей оси с

постоянной угловой скоростью ω . Определить напряженность E электрического поля цилиндра на расстоянии R от его оси. Заряд и масса электрона равны соответственно q и m .

6. Три одинаковых заряда по $0,7$ мкКл каждый, расположены в вершинах прямоугольного треугольника с катетами 30 и 60 см. Вычислить напряженность электрического поля, создаваемого всеми зарядами в точке пересечения гипотенузы с перпендикуляром, опущенным на нее из вершины прямого угла.

7. Проволочное кольцо радиусом 10 см лежит на столе. Какой заряд протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца 1 Ом. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна 50 мкТл.

8. Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет 10 витков на каждый сантиметр длины. Определить объемную плотность энергии магнитного поля, если по обмотке течет ток 16 А.

9. Лист бумаги площадью 300 см², освещается лампой с силой света 100 Кд, причем на лист падает $0,05$ часть всего посылаемого лампой света. Найти освещенность листа бумаги.

10. Докажите, что если монохроматический пучок света падает на грань призмы с показателем преломления n под малым углом, то при малом преломляющем угле A призмы угол отклонения φ лучей не зависит от угла падения и равен $A(n-1)$.

Вариант 26

1. Материальная точка участвует одновременно в двух колебаниях, проходящих вдоль одной прямой и выражаемых уравнениями: $x_1 = A_1 \sin \omega_1 t$ и $x_2 = A_2 \cos \omega_2 t$, где $A_1 = 1$ см, $A_2 = 2$ см, $\omega_1 = \omega_2 = 1$ с⁻¹. Найти амплитуду сложного движения, его частоту и начальную фазу. Написать уравнение движения.

2. Шарик массой 200 г ударился о стенку со скоростью 10 м/с и отскочил от нее с такой же скоростью. Определить импульс, полученный стенкой, если до удара шарик двигался под углом 30° к плоскости стенки.

3. Тонкий стержень длиной 40 см и массой $0,6$ кг вращается около оси проходящей через середину стержня перпендикулярно его длине. Уравнение вращения стержня $\varphi = At + Bt^3$, где $A = 1$ рад/с, $B = 0,1$ рад/с³. Определить вращающий момент M в момент времени $t = 2$ с.

4. Давление воздуха в автомобильной камере при температуре -13°C было 160 кПа (избыточное над атмосферным). Определить получившееся давление, если в результате длительного движения автомобиля воздух в камере нагрелся до 37°C .

5. Плоский конденсатор состоит из двух пластин, разделенных стеклом с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 7$. Какое давление производят пластины на стекло перед пробоем, если напряженность электрического поля в этом случае $E = 50 \cdot 10^6$ В/м?

6. К бесконечной равномерно заряженной вертикальной плоскости подвесили на нити одноименно заряженный шарик массой 100 мг и зарядом

0,5 мкКл. Определить поверхностную плотность заряда на плоскости, если натяжение нити, на которой висит шарик, равняется 1 мН.

7. Используя символический метод определить полное сопротивление Z и сдвиг фаз $\operatorname{tg} \varphi$ между током и напряжением при последовательном соединении активного сопротивления R и индуктивности L .

8. Катушка с активным сопротивлением 20 Ом и индуктивностью 0,11 Гн включена в цепь переменного тока напряжением 127 В и частотой 50 Гц. Найти мощность, потребляемую катушкой.

9. Определить расстояние от двояковыпуклой линзы предмета, при котором расстояние от предмета до действительного изображения будет минимальным.

10. Над центром круглого стола диаметром 2 м на высоте 2 м висит лампа силой света 200 Кд. Определить освещенность стола на его краях.

Вариант 27

1. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид $x = A \sin \omega t$, $A = 5$ см, $\omega = 2$ с⁻¹. В момент, когда на точку действовала вращающая сила 5 мН, точка обладала потенциальной энергией 0,1 мДж. Найти этот момент времени и соответствующую ему фазу колебания.

2. Метеорит массой 10 кг падает из бесконечности на поверхность Земли. Определить работу, которую совершают при этом силы гравитационного поля Земли.

3. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью 10 м/с. Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе. Коэффициент трения при движении диска равен 0,02.

4. Удельные теплоемкости некоторого газа: $C_v = 10,4$ кДж/(кг*К) и $C_p = 14,6$ кДж/(кг*К). Определить киломолярные теплоемкости.

5. Две плоские пластины площадью 300 см² каждая, имеющие равные заряды, притягиваются в керосине с силой 0,26 Н. Считая, что расстояние между пластинами мало, определить величины находящихся на них зарядов.

6. По тонкому кольцу радиуса $R = 8$ см равномерно распределен заряд 50 нКл. Определить напряженность поля в точке на оси кольца, удаленной на расстоянии 15 см от центра кольца.

7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 0,2 мкФ и катушки с индуктивностью $5,07 \cdot 10^{-3}$ Гн. При каком логарифмическом декременте затухания напряжение на конденсаторе за 10^{-3} с уменьшится в 3 раза? Чему при этом равно сопротивление контура?

8. Параллельно конденсатору емкостью C подключена катушка индуктивности с активным сопротивлением R и индуктивностью L . Используя символический метод определить полное сопротивление Z и сдвиг фаз $\operatorname{tg} \varphi$ между током и напряжением.

9. Найти освещенность на поверхности Земли, создаваемую нормально падающими лучами Солнца. расстояние от Земли до Солнца 150 мил. км.

Яркость Солнца $1,2 \cdot 10^9$ кд/м², его радиус $6,96 \cdot 10^5$ км.

10. Докажите, что если монохроматический пучок света падает на грань призмы с показателем преломления n под малым углом, то при малом преломляющем угле A призмы угол отклонения φ лучей не зависит от угла падения и равен $A(n-1)$.

Вариант 28

1. Определить силу прижимающую друг к другу две стеклянные пластины размерами 10 x 10 см, расположенные параллельно друг другу, если расстояние между пластинками 0,02 мм и пространство между ними заполнено водой. Считать мениск вогнутым с диаметром равным расстоянию между пластинами.

2. Период обращения искусственного спутника Земли равен 2 ч. Считая орбиту спутника круговой, найти на какой высоте над поверхностью Земли движется спутник.

3. Воздушный пузырек радиусом $r = 2$ мкм находится у самой поверхности воды. Определить давление P под которым находится воздух в пузырьке, если атмосферное давление равно $P_0 = 0,1$ МПа.

4. Найти диаметр молекул водорода, если для водорода при нормальных условиях длина свободного пробега молекул $l = 112$ нм.

5. Какой заряд переносится за 10 с, если 1) ток равномерно возрастает от 0 до 3 А; 2) ток убывает от 20 А до 0, при этом за каждые 0,01 с он убывает вдвое?

6. Металлический шар радиуса 15 см поместили в поток протонов с плотностью тока 1 мкА/см². За какое время его потенциал достигнет значения 220 В?

7. Элемент, сопротивление и амперметр включены в цепь последовательно. Элемент имеет ЭДС 2 В и внутреннее сопротивление $r = 0,4$ Ом. Амперметр показывает ток $I = 1$ А. Определить, с каким КПД работает элемент.

8. В контуре, добротность которого 50 и собственная частота колебаний 5,5 кГц, возникают затухающие колебания. Через сколько времени энергия, запасенная в контуре, уменьшится в два раза?

9. В полдень во время весеннего и осеннего равноденствия Солнце стоит на экваторе в зените. Во сколько раз в это время освещенность поверхности Земли на экваторе больше освещенности поверхности Земли в Санкт-Петербурге, широта которого 60° .

10. Определить световой поток, излучаемый точечным источником света внутрь телесного угла, равного 0,4 ср, если сила света источника 100 Кд.

Вариант 29

1. Точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выражаемых уравнениями: $x = A_1 \cos \omega_1 t$ и $y = A_2 \sin \omega_2 t$, где $A_1 = 2$ см, $A_2 = 3$ см, $\omega_1 = 2\omega_2$. Найти уравнение траектории точки и построить ее на чертеже. Показать направление движения точки.

2. Материальная точка совершает колебания по закону синуса.

Наибольшее смещение точки $A = 20$ см, наибольшая скорость 40 см/с. Написать уравнение колебаний и найти максимальное ускорение точки.

3. Совершая цикл Карно, газ отдал охладителю $2/3$ своей теплоты, полученной от нагревателя. Определить температуру охладителя, если температура нагревателя 425 К.

4. Баллон емкостью 30 л содержит смесь водорода и гелия при температуре $T = 300$ К и давлении $0,8$ Мга. Масса смеси 24 г. Определить массу водорода m_1 и массу гелия m_2 .

5. Заряд величиной $0,2$ Кл удален от заряда $0,6$ Кл на расстояние 25 м. Определить потенциал поля в точке, находящейся на середине отрезка, соединяющего заряды.

6. Определить разность потенциалов между вершиной и основанием Эйфелевой башни высотой 350 м, образующейся из-за вращения Земли. Широта Парижа 45° .

7. Последовательно соединены n равных сопротивлений. Во сколько раз изменится сопротивление цепи, если их соединить параллельно?

8. Плоский контур с током 5 А свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией $0,4$ Тл. Площадь контура 100 см². Поддерживая ток в контуре неизменным, его повернули относительно оси, лежащей в плоскости контура, на угол 40° . Определить совершенную при этом работу.

9. Определите длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, если угол между направлениями на максимумы первого и второго порядка составляет 12° .

10. Определить световой поток, излучаемый точечным источником света внутрь телесного угла, равного $0,4$ ср, если сила света источника 100 Кд.

Вариант 30

1. Материальная точка массой $0,1$ г колеблется согласно уравнению $x = A \sin \omega t$ где $A = 5$ см, $\omega = 20$ с⁻¹. Определить максимальное значение возвращающей силы и кинетической энергии точки.

2. На скамейке Жуковского сидит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамейка с человеком вращается с угловой скоростью $\omega_1 = 1$ рад/с. С какой угловой скоростью будет вращаться скамейка с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамейки 6 кг·м². Длина стержня $2,4$ м, его масса 8 кг. Считать, что центр тяжести стержня с человеком находится на оси платформы.

3. На сколько давление F воздуха внутри мыльного пузыря больше атмосферного давления P_0 , если диаметр пузыря $D = 5$ мм.

4. Определить массу одного атома водорода и число атомов, содержащихся в одном грамме водорода.

5. Электрон, движущийся со скоростью $50 \cdot 10^6$ м/с влетает в пространство между пластинами плоского конденсатора. Расстояние между пластинами $0,3$ см, длина 1 см. К конденсатору приложено напряжение 60 В. На сколько увеличится скорость электрона на выходе из конденсатора по

сравнению с начальной скоростью?

6. Первоначально плоский воздушный конденсатор с зазором между обкладками в 1 см был заряжен до 300 В. Затем, отключив конденсатор от источника, в него внесли пластину с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 5$ и толщиной в половину зазора. Найти напряженность электростатического поля в обоих случаях.

7. Имеется некоторое число одинаковых сопротивлений 10 Ом. Сколько потребуется сопротивлений и как их нужно соединить (нарисуйте схему), чтобы эквивалентное сопротивление было равно 6 Ом?

8. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией 0,2 Тл, стал двигаться по окружности радиусом 5 см. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.

9. Горизонтальный луч света падает на вертикально расположенное зеркало. Зеркало затем поворачивают на угол α около вертикальной оси. На какой угол β повернется отраженный луч.

10. На расстоянии 5 м от источника света находится квадрат со стороной 10 см, поставленный перпендикулярно падающим лучам. Какой световой поток падает на этот квадрат, если сила света источника равна 800 Кд.

Вариант 31

1. Длина разбега при взлете самолета равна $S_1 = 1$ км, а скорость отрыва от земли $v_1 = 240$ км/ч. Длина пробега при посадке этого самолета $S_2 = 800$ м., посадочная скорость $v_2 = 210$ км/ч. Во сколько раз ускорение при взлете a_1 больше ускорения a_2 (по модулю)? На сколько различаются время разбега t_1 и время посадки t_2 ?

2. Тело, привязанное к нити, уравнили на весах. Затем его на 0,3 объема V погрузили в масло. При этом равновесие нарушилось и для его восстановления пришлось снять с чашки весов гирьку, масса которой составила шестую часть массы m тела. Найти плотность ρ_1 тела. Плотность масла $\rho_2 = 900$ кг/м³.

3. Показатель поглощения ультразвука в воде (при частоте 100 кГц) равен $2,5 \cdot 10^{-6}$ см⁻¹. На каком расстоянии от источника интенсивность ультразвука уменьшится вдвое.

4. Определить средний диаметр капилляра почвы, если вода поднимается в ней на $h = 49$ мм. Смачивание стенок считать полным.

5. Сколько теплоты нужно затратить, чтобы нагреть кислород от 27 °С до 47 °С при нормальном давлении, если при начальной температуре объем газа был 5 л.

6. При сжатии газа его объем уменьшился на 2 л, а давление увеличилось в 2 раза. Найти первоначальный объем V_1 .

7. Определить напряженность E электрического поля в серебряном проводнике с радиусом поперечного сечения $r = 0,5$ мм при силе тока $I = 2$ А. Удельное сопротивление серебра $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

8. Определить индукцию магнитного поля на расстоянии $r = 10$ см от бесконечно длинного прямолинейного проводника с током. Диаметр

проводника $d=0,5\text{мм}$ плотность тока в проводнике $j = 1\text{А/мм}^2$. Среда - воздух.

9. Луч падает на поверхность стекла под углом $\alpha = 60^\circ$. Под каким углом α_2 он должен упасть на поверхность воды, чтобы угол преломления в стекле γ_1 был равен углу преломления в воде γ_2 ? Показатель преломления стекла $n=1,5$, показатель преломления воды $n_2 = 1,33$.

10. Для уничтожения вредителей зерна в зернохранилищах используют радиоактивный кобальт в виде проволоки массой 1г. Содержание радиоактивного кобальта в проволоке составляет 0,01% от массы проволоки. Определить активность радиоактивного кобальта.

Вариант 32

1. Для направленного роста растений в космосе предполагается применить вращающиеся оранжереи. Вычислить частоту и период вращения оранжереи, необходимые для получения центробежной силы инерции $F=1,2\text{mg}$ на расстоянии $R = 16\text{ м}$ от оси.

2. Вычислить какая энергия выделится, если период вращения Земли увеличился вдвое. Масса Земли $m = 5,98 \cdot 10^{24}\text{ кг}$, радиус $R = 6370\text{ км}$.

3. Работающая в помещении животноводческого комплекса электродойка создает уровень шума в 75 дБ. Определить уровень шума, когда в помещении будут включены сразу три таких установки?

4. Глицерин в капиллярной трубке диаметром $d=1\text{ мм}$ поднялся на высоту $h = 20\text{ мм}$. Определить коэффициент поверхностного натяжения глицерина. Смачивание считать полным.

5. При уменьшении объема одноатомного газа вдвое его давление увеличилось на 25%. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия этого газа?

6. В цилиндрическом сосуде под поршнем с площадью основания $S = 8\text{ см}^2$ налита вода при температуре $t = 18^\circ\text{C}$. Основание поршня касается поверхности воды. Какая масса воды m испарится, если поршень поднять на высоту $h=5\text{ см}$ над водой. Плотность насыщенного пара $\rho_{\text{нас}} = 15,4\text{ г/м}^3$.

7. С какой силой взаимодействовали бы в воздухе 2 капли воды массами по $m = 1\text{ г}$, расположенные на расстоянии $r = 50\text{ см}$ друг от друга, если бы одной из них передали 10% всех электронов, содержащихся в другой капле.

8. Самолет, имеющий размах крыльев $l = 40\text{ м}$, летит горизонтально со скоростью $v = 900\text{ км/ч}$. Определите разность потенциалов на концах крыльев, если вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли $H = 40\text{ А/м}$.

9. На некоторой высоте над круглым столом радиусом $R = 1\text{ м}$, висит лампа с силой света $I = 100\text{ кД}$. На какой высоте h она должна висеть, чтобы освещенность края стола была максимальной.

10. Для агробиологических исследований в питательную смесь введен 1мг радиоактивного изотопа $\frac{32}{15}\text{P}$, период полураспада которого равен $T_{1/2} = 14,28\text{ сут}$. Определить постоянную распада и активность фосфора.

ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов – это планируемая познавательная, организационно и методически направленная их деятельность, осуществляемая без непосредственной помощи преподавателя, организуемая на достижение конкретного результата.

Система внеаудиторной самостоятельной работы студентов включает подготовку к лабораторным, практическим занятиям, написание рефератов, решение задач, выполнение расчетно-графических работ и домашних заданий, курсовое проектирование, производственная практика и дипломное проектирование.

Для успешной самостоятельной работы студент должен иметь определенный минимум, который он приобретает в результате аудиторных занятий. Условиями успешной самостоятельной работы являются: наличие методической базы, консультации, учет и контроль результатов. Самостоятельная работа студентов должна планироваться в строгом учете с аудиторной работой.

Студент должен: а) ознакомиться с содержанием программы, составить план, т. е. разделить материал на последовательно изучаемые темы; б) продумав последовательность изучения предмета, наметить сроки работы над каждой темой в соответствии с учебным планом; в) после ознакомления с содержанием в каждой теме выделить основные вопросы, чтобы затем, в процессе изучения материала, найти на них ответы, выделить наиболее важные примеры, формулы, которые нужно запомнить.

Работа с книгой

Простейшие виды работ с текстом – это выписки и цитирование.

Выписки - простейшая форма. Состоит в переписывании части текста в виде цитаты или в пересказе ряда самостоятельных, подчас независимых друг от друга положений.

Цитата (лат. - приводить в движение, вызывать) - точная, буквальная, дословная выдержка, выписка из какого-нибудь текста с указанием источника (автор, название книги, страницы); чужие слова, приводимые в устной или письменной речи.

План – последовательный перечень проблем, затрагиваемых автором источника информации.

План – самая краткая запись:

- отражает и обобщает последовательность изложения мысли;
- раскрывает содержание текста;
- восстанавливает в памяти содержание источника;

- заменяет конспект и тезисы;
- помогает составлению записей разного рода (доклад, сообщение, отчет);
- ускоряет проработку источника информации;
- организует самоконтроль;
- сосредотачивает внимание и стимулирует занятия;
- используется, чтобы оживить в памяти хорошо знакомый текст.

Конспектирование

Конспектирование - это новая организация изучаемого текста, новый жанр его предъявления, получаемый после переработки информации.

Важным шагом в конспектировании является выделение главных мыслей для конспектирующего. Понятие «главная мысль», идея, тезис определяется задачами конспектирования. Ею может быть любой компонент содержания: понятие или категория и их определение, закон и его формулировка, факты и события и доказательства их истинности и т.д.

В конспекте следует:

1. Оставлять поля или свободные строки для примечаний;
2. Применять цветовую окраску, красным цветом выделять самые важные места конспекта;
3. Заключить основные формулы в рамки;
4. Располагать сведения не подряд, а столбцом;
5. Применять сокращение, но не злоупотреблять ими.

Конспект – это основное пособие для студента при подготовке к экзаменам и зачетам.

Работа на лекции

Умение достаточно полно записать содержание устного выступления – важнейший навык, без которого нельзя успешно учиться. Как и другие навыки, навык конспектирования лекции легко поддается формированию, а если не жалеть времени на целенаправленные тренировки, то все это окупится сторицей и довольно быстро.

Конспекты лекции имеют свои особенности:

1. Конспекты конкретного человека относятся к одной-двум областям научного знания, а поэтому допускают элементы, специфичные для этих областей.
2. Конспект требует быстрой записи, поэтому способ ее должен обеспечивать скорость письма.
3. Конспект должен легко читаться и хорошо запоминаться, чему и должна способствовать форма записи.

4. Конспект - сугубо личная запись, а поэтому он допускает использование таких форм, которые понятны только автору.
5. Конспект не ориентирован на восстановление исходного текста, он является записью смысла текста.

Подготовка к практическому и лабораторному занятиям

Подготовка к практическим и лабораторным занятиям состоит из нескольких этапов.

1. Предварительное планирование. Рассматривая тему занятия, его вид, содержание плана и объем работы необходимо составить ориентировочный план своей подготовки. Он носит по форме произвольный характер, то можно рекомендовать и такую его форму:

| № п/п | Содержание работы по теме | Методика подготовки | Время |
|-------|---------------------------|---------------------|-------|
| | | | |

2. Повторение изученного по теме материала, для чего используются конспекты лекций и рекомендованная литература.

3. Углубление знаний по теме. Этот этап должен включать рабочие записи по каждому пункту плана. Отдельно стоит выписать неясные вопросы, незнакомую терминологию. Лучше всего это делать на полях или свободной странице конспекта лекций, а уточнение возможно на консультации или при помощи справочной литературы (словари, энциклопедические издания и т.п.).

4. Заключительный этап. Он включает составление развернутого плана-отчета или выступления по особенностям каждого вида практических занятий. Только после этого можно считать, что вы готовы к выполнению упражнения, отработке лабораторных заданий и т.п.

Главная цель лабораторных работ – осуществить связь теоретических положений с практикой, экспериментальная проверка этих положений, знакомство с оборудованием и выработка навыков работы с ним, уяснение методики научных исследований. Проводятся лабораторные работы, как правило, по подгруппам (12-15 человек). Кроме достижения главной цели, в ходе лабораторных работ решаются и другие задачи. Это, в частности, изучение инструкций, содержащих и теоретическую информацию, и конкретные практические задания.

При подготовке к лабораторным работам необходимо ознакомиться с методическими указаниями той работы, которая значится в графике учебного процесса и изучить: цель работы, содержание работы, оборудование рабочего места, правила техники безопасности, общие сведения о процессах и режимах установки, порядок выполнения работы и обработку опытных данных, подготовить отчет о выполненной работе, сделать вывод.

Написание рефератов и докладов

Реферат – это краткое изложение содержания научных трудов, литературных источников по определенной теме или лекции, которая была пропущена студентом и подлежащая самостоятельной проработке. Реферат должен включать введение, главную часть и заключение. Во введении кратко излагается значение рассматриваемого вопроса в научном и учебном плане, применительно к теме занятия. Затем излагаются основные положения проблемы, приводятся теоретические разработки, подтверждаемые расчетами, графиками, таблицами, оценочными показателями и характеристиками эксплуатационных свойств. Делаются заключение и выводы. В конце работы дается подробный перечень литературных источников, которыми пользовался студент при написании реферата или доклада.

Подготовка к зачету и экзамену

Зачет – это такой вид проверки и учета знаний студентов, который принимается по разделу теоретического курса или по предмету, в изучении которого преобладают практические занятия.

Экзамен – это такой вид проверки и учета знаний студентов, который проводится по полному теоретическому курсу или значительной его части.

Целями контроля и анализа работы по приему зачетов и экзаменов являются: повышение уровня подготовки студентов к предстоящей профессиональной деятельности; совершенствование учебно-воспитательного процесса; совершенствование методики проведения зачетов и экзаменов, повышение качества разработки экзаменационных материалов; улучшение организации экзаменационных сессий, создание благоприятных условий для подготовки студентов к итоговому контролю.

Зачет

Зачеты служат формой проверки успешного усвоения учебного материала лекционных и практических занятий, выполнения студентами лабораторных, расчетно-графических и прочих работ, а также формой проверки прохождения учебной и производственной практик и выполнения в процессе всех учебных заданий в соответствии с утвержденной программой.

Рекомендуемые формы проведения зачета:

- устное собеседование по учебному материалу дисциплины;
- тестирование;
- контрольное задание (решение профессиональных задач и ситуаций).

Зачет может быть дифференцированным (с оценкой) и недифференцированным.

Студенты допускаются к сдаче зачетов и экзаменов при условии выполнения в полном объеме учебного плана, освоения курса дисциплины,

наличия ежемесячной аттестации и отсутствии пропусков занятий без уважительной причины. В случае пропусков занятий каждое пропущенное занятие должно быть отработано согласно Положению о порядке приема отработок пропущенных занятий. Пропущенные занятия должны быть отработаны не позднее двух недель до начала экзаменационной сессии. Для студентов пропустивших занятия по уважительной причине (болезнь, участие в научных конференциях, общественных мероприятиях), отработка может проводиться по разрешению декана по индивидуальному графику, согласованному с кафедрой и ведущим преподавателем.

Если студент имеет неудовлетворительные результаты текущей успеваемости (не имеет отработок пропущенных занятий, не аттестован по преподаваемой дисциплине) преподаватель рекомендует таких студентов не допускать к зачету, экзамену. Подобная рекомендация оформляется выпиской из протокола заседания кафедры с указанием фамилии, инициалов и причин не допуска. Выписка передается в деканат, а в зачетно-экзаменационной ведомости делается запись «НЕ ДОПУЩЕН», напротив соответствующей фамилии.

Экзамен

Экзамен по дисциплине курса или ее части преследует цель оценить работу студента за курс (семестр), полученные теоретические знания, их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их к решению практических задач.

Рекомендуемые формы проведения экзаменов:

- устный экзамен;
- письменный экзамен;
- комплексное контрольное задание.

На заочной форме обучения проводятся лабораторно-экзаменационные сессии в периоды, установленные графиком учебного процесса.

Как готовиться к зачетам и экзаменам?

На первый взгляд, подготовка к экзамену еще до сессии мало что дает, многое забывается под натиском другой по характеру информации. Но кое-что остается: пометки и выписки, общая ориентация в предмете. А самое главное - остается психологическая "привычка" к предмету, чувство, что он достаточно знаком. Можно, конечно, подготовиться к одному экзамену оперативно, а для другого иметь резерв времени, позволяющий немного расслабиться. Когда появится уверенность в своих возможностях, можно одновременно готовиться к двум экзаменам. Иногда получается, что делать два-три дела одновременно легче, чем одно.

Тщательного предварительного продумывания требует и сам ответ на экзамене, причем еще до того, как ты начнешь подготовку. Надежнее всего иметь "скелет" ответа. Конечно, каждый предмет требует специфического "скелета", но ты легко сможешь убедиться в том, что родственные дисциплины допускают однотипные "скелеты", так что их набор будет невелик.

Тесты для самоконтроля

Тест 1

1. Какая из приведенных ниже зависимостей от времени координаты движущегося тела описывает равномерное движение?

1) $x = 10 - 3t^2$ 2) $x = 4t^2$ 3) $x = 4 - t$ 4) $x = 4t + 3t^2$

2. Человек идет со скоростью 2 м/с относительно вагона в направлении противоположном его движению. Если скорость поезда относительно земли равна 54 км/ч, то скорость человека относительно земли равна:

1) 17 м/с 2) 15 м/с 3) 13 м/с 4) 19 м/с

3. Если линейная скорость точки на ободе равномерно вращающегося колеса диаметром 80 см равна 4 м/с, то ускорение этой точки равно:

1) 5 м/с² 2) 40 м/с² 3) 20 м/с² 4) 8 м/с²

4. Если тело поднимается вверх с ускорением 5 м/с², то вес тела больше силы тяжести

1) в 1,5 раза 2) в 2,5 раза 3) в 2 раза 4) в 5 раз

5. Если скорость тела увеличить в 2 раза, то импульс тела:

1) уменьшится в 2 раза 2) уменьшится в 4 раза
3) увеличится в 4 раза 4) увеличится в 2 раза

6. Механическую работу можно определить по формуле

1) $A = F \cdot S$ 2) $A = FS \cos \alpha$ 3) $A = FS \sin \alpha$ 4) $A = \frac{F}{S}$

7. Если E - средняя кинетическая энергия движения молекулы, а n - концентрация молекул, то основное уравнение молекулярно-кинетической теории можно записать в виде:

1) $p = \frac{2}{3} nE$ 2) $p = nE$ 3) $p = \frac{1}{3} nE$ 4) $p = \frac{3}{2} nE$

8. По какой из приведенных ниже формул можно правильно рассчитать работу газа при изменении его объема:

1) $A = pV$ 2) $A = V(p_2 - p_1)$ 3) $A = p \cdot \Delta V$ 4) $A = pV$

9. Если в некотором процессе газ, получив 400 Дж теплоты, совершил работу 600 Дж, то внутренняя энергия газа:

1) увеличится на 200 Дж 2) увеличится на 400 Дж
3) уменьшится на 600 Дж 4) уменьшится на 200 Дж

10. Если в ходе адиабатного процесса газ совершил работу 200 Дж, то изменение внутренней энергии газа равно:

- 1) 200 Дж 2) -200 Дж 3) 0 4) 400 Дж
11. Какая из формул отражает правильное соотношение между консервативной силой и потенциальной энергией:
 1) $\vec{F} = m\vec{a}$ 2) $\vec{F} = -\text{grad } U$ 3) $F = pS$ 4) $U = mgh$
12. При каких условиях выполняется закон сохранения импульса в системе взаимодействующих тел?
 1) Векторная сумма внешних сил равна нулю.
 2) Сумма работ внешних сил равна нулю.
 3) Сумма моментов внешних сил равна нулю.
 4) Выполняется при любых условиях.
13. Первое начало термодинамики записывается в виде
 1) $Q = \Delta U + A$ 2) $Q = A$ 3) $Q = \Delta U$ 4) $Q = \Delta U - A$
14. Адиабатным называется процесс протекающий
 1) при постоянной температуре 2) при постоянном давлении
 3) при постоянном объеме 4) без теплообмена со средой
15. Внутренняя энергия идеального газа определяется по формуле
 1) $U = \frac{1}{2}kT$ 2) $U = \frac{1}{2}R \cdot T$ 3) $U = \frac{3}{2}v \cdot R \cdot T$ 4) $U = v \cdot R \cdot T$
16. Максимальное значение коэффициента полезного действия тепловой машины определяется по формуле
 1) $\eta = \frac{T_1}{T_2}$ 2) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ 3) $\eta = \frac{T_1 + T_2}{T_1}$ 4) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$
17. Как бросить мяч на пол, чтобы он подпрыгнул выше уровня, с которого брошен? Удар считать упругим.
 1) Отпустить мяч без придания ему первоначальной скорости.
 2) Бросить мяч горизонтально.
 3) Отпустить мяч, придав ему вращение.
 4) Сообщить мячу первоначальную скорость в любом направлении, кроме горизонтального.
18. Линия, касательные к которой совпадают по направлению с вектором скорости жидкости в соответствующих точках пространства, называется
 1) траекторией; 2) линией тока; 3) линией напряжения; 4) силовой линией.
19. Уравнение неразрывности струи имеет вид
 1) $S \cdot v = \text{const}$; 2) $\frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h + p = \text{const}$; 3) $p \cdot V = \text{const}$; 4) $\frac{S}{v} = \text{const}$.
20. Сила вязкого трения между слоями жидкости определяется по формуле Ньютона
 а) $F = -\eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot S \cdot t$; б) $F = -\eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot S$; в) $F = -\eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot t$; г) $F = \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot S \cdot t$.
21. газ при адиабатном процессе совершил работу $4 \cdot 10^8$ Дж. Определить изменение его внутренней энергии.
 1) $-4 \cdot 10^8$ Дж; 2) $4 \cdot 10^8$ Дж; 3) $-8 \cdot 10^8$ Дж; 4) $8 \cdot 10^8$ Дж.
22. Период колебания математического маятника определяется по формуле

$$1) T = \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad 2) T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad 3) T = \pi\frac{\ell}{g} \quad 4) T = 2\pi\sqrt{\ell \cdot g}$$

23. Выберите основное уравнение молекулярно-кинетической теории.

$$1) p = kT \quad 2) p = nT \quad 3) p = nkt \quad 4) p = nkT$$

24. Найдите формулу уравнения Майера для молярных теплоемкостей.

$$1) C_v = C_p + A \quad 2) C_p = C_v + R \quad 3) C_v \cdot C_p = R \quad 4) \frac{C_p}{C_v} = R$$

25. Формула Жюрена для высоты поднятия жидкости в капилляре имеет вид

$$1) h = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}; \quad 2) h = \frac{\alpha \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}; \quad 3) h = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g}; \quad 4) h = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \cos \theta}{g \cdot r}.$$

26. На какую высоту поднимается вода в почве, если диаметр почвенного капилляра 800 мкм? Смачивание считать полным. Коэффициент поверхностного натяжения воды $\alpha = 0,0726 \frac{H}{m}$.

$$1) 3,7 \cdot 10^{-2} m; \quad 2) 1,85 \cdot 10^{-2} m; \quad 3) 3,7 m; \quad 4) 1,85 m.$$

27. Закон Паскаля определяется выражением:

- 1) Давление в жидкости и газе всегда направлено вниз.
- 2) Давление в жидкости и газе всегда направлено вверх.
- 3) Давление в жидкости и газе в разных направлениях разное
- 4) Давление в жидкости и газе во всех направлениях одинаково.

28. В технике механические колебания различных конструкций и машин получили название

- 1) вибрация; 2) осциллятор; 3) резонанс. 4) повторение.

29. Дифференциальное уравнение гармонического колебания имеет вид

$$1) \frac{d^2x}{dt^2} + x = 0; \quad 2) \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 \cdot x = 0; \quad 3) \frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 \cdot x = 0; \quad 4) \frac{d^2x}{dt^2} = 0.$$

30. Скорость колеблющейся точки изменяется с течением времени согласно уравнению

$$1) A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0); \quad 2) -A \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi_0); \quad 3) a \cdot t; \quad 4) -A \cdot \omega_0^2 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0).$$

Тест 2

1. Двигаясь равноускоренно, тело прошло путь 100 м из состояния покоя за 5 с. За какой промежуток времени оно прошло первый метр пути?

$$1) 0,05 \text{ с} \quad 2) 0,1 \text{ с} \quad 3) 0,25 \text{ с} \quad 4) 0,5 \text{ с}$$

2. Мгновенное угловое ускорение точки определяется по формуле

$$1) a = \frac{v}{t} \quad 2) \varepsilon = \frac{\omega}{t} \quad 3) \varepsilon = \omega \cdot t \quad 4) \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad 5) \omega = \frac{\varphi}{t}$$

3. Потенциальная энергия упруго деформированного тела определяется по формуле

$$1) F = -kx \quad 2) U = \frac{kx^2}{2} \quad 3) U = \frac{kx}{2} \quad 4) U = kx^2$$

4. Если ε - угловое ускорение точки вращающейся по окружности радиуса R , то тангенциальное ускорение этой точки можно найти по формуле

$$1) a_{\tau} = \frac{\varepsilon}{R} \quad 2) a_{\tau} = \varepsilon \cdot R \quad 3) a_{\tau} = \frac{\varepsilon^2}{R} \quad 4) a_{\tau} = \varepsilon^2 \cdot R \quad 5) a = \frac{v}{t}$$

5. Сила Стокса, действующая на тело сферической формы, движущееся в вязкой среде, определяется по формуле

$$1) F = R^2 \cdot v \cdot \eta \quad 2) F = 6\pi \cdot R^2 \cdot v \cdot \eta \quad 3) F = 6\pi \cdot R \cdot v \cdot \eta \quad 4) F = \pi \cdot R \cdot v \cdot \eta$$

6. Эскалатор метро поднимает стоящего на нем пассажира за 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за 3 мин. Сколько времени будет подниматься пассажир, идущий вверх, по движущемуся вверх эскалатору?

$$1) 15 \text{ с}; \quad 2) 30 \text{ с}; \quad 3) 40 \text{ с}; \quad 4) 45 \text{ с}; \quad 5) 50 \text{ с}.$$

7. Единицу размерности силы H в системе СИ можно выразить через основные единицы системы следующим образом:

$$1) \text{кг} \cdot \text{м}^1 \cdot \text{с}^2; \quad 2) \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2; \quad 3) \text{кг}^1 \cdot \text{м} \cdot \text{с}; \quad 4) \text{кг}^1 \cdot \text{м} \cdot \text{с}^1; \quad 5) \text{кг} \cdot \text{м}^1 \cdot \text{с}^1.$$

8. Момент инерции материальной точки определяется по формуле

$$1) I = \frac{1}{2} mR^2 \quad 2) I = mR \quad 3) I = mR^2 \quad 4) I = \frac{1}{3} mR \quad 5) I = \frac{2}{5} mR^2$$

9. С какой скоростью надо бросить вниз с высоты 3 м мяч, чтобы он подпрыгнул на высоту 8 м? Удар мяча о землю считать абсолютно упругим.

$$1) 8 \text{ м/с}; \quad 2) 10 \text{ м/с}; \quad 3) 3 \text{ м/с}; \quad 4) 5 \text{ м/с}; \quad 5) 4 \text{ м/с}.$$

10. Укажите формулу, по которой определяется работа переменной силы

$$1) A = F_i \cdot S_i \cdot \cos \alpha \quad 2) A = F \cdot S \quad 3) A = N \cdot t \quad 4) A = \int F \cdot dS \cdot \cos \alpha \quad 5) A = 0$$

11. Кинетическая энергия вращающегося тела определяется по формуле

$$1) T = \frac{I \cdot \omega^2}{2} \quad 2) T = \frac{I \cdot \omega}{2} \quad 3) T = I \cdot \omega^2 \quad 4) T = \frac{mv^2}{2} \quad 5) I = \frac{1}{2} mR^2$$

12. Груз массой m подвешен к горизонтальной балке на двух тросах равной длины, угол между которыми равен 120° . В этом случае натяжение каждого троса равно:

$$1) 2mg; \quad 2) mg; \quad 3) \sqrt{3}mg; \quad 4) 1/2mg; \quad 5) \frac{\sqrt{3}}{2}mg.$$

13. Укажите формулу, выражающую первый закон термодинамики

$$1) dQ = dA \quad 2) dQ = dU + dA \quad 3) \Delta Q = C \cdot \Delta T \quad 4) A = p(V_2 - V_1) \quad 5) M = J \cdot E$$

14. Укажите формулу, по которой определяется период колебания физического маятника:

$$1) T = 2\pi\sqrt{L \cdot C} \quad 2) T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad 3) T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mg}} \quad 4) T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgd}} \quad 5) J = \frac{2}{5} mR^2$$

15. Алюминиевый и железный шары одинакового объема уравновешены на рычаге. Нарушится ли равновесие, если шары погрузить в воду? Влиянием выталкивающей силы со стороны воздуха пренебречь.

$$1) \text{ Не нарушится.} \quad 2) \text{ Алюминиевый шар опустится.} \\ 3) \text{ Железный шар опустится.} \quad 4) \text{ Всякое может быть.}$$

16. По какой формуле следует определить количество теплоты, необходимое для нагревания определенной массы вещества?

$$1) Q = \Delta U + A; \quad 2) Q = cm\Delta T; \quad 3) Q = \lambda m; \quad 4) Q = rm(t_2^0 - t_1^0); \quad 5) Q = \Delta \lambda m \Delta T.$$

17. Молярная масса кислорода $\mu = 0,032$ кг/моль. При этом масса одной

молекулы кислорода равна:

- 1) $5,3 \cdot 10^{-26}$ кг; 2) $8,1 \cdot 10^{-26}$ кг; 3) $16,2 \cdot 10^{-26}$ кг; 4) $32,3 \cdot 10^{-26}$ кг; 5) $48,5 \cdot 10^{-26}$ кг.

18. Модуль вектора мгновенной угловой скорости:

1) $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ 2) $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ 3) $\omega = \frac{\varphi}{t}$ 4) $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$

19. Уравнение Бернулли определяется выражением

1) $p = \rho gh$ 2) $p = nkT$ 3) $p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = const$ 4) $v_1 S_1 = v_2 S_2$

20. Сила Архимеда определяется выражением

1) $F = \rho_{жс} gV$ 2) $F = (\rho_m - \rho_{жс}) gV$ 3) $F = ma$ 4) $F = \mu N$

21. Завершите выражение: «При течении жидкости по трубе различного сечения ...»

- 1) скорость жидкости не зависит от площади сечения
- 2) чем больше сечение, тем больше скорость
- 3) чем меньше сечение, тем больше скорость
- 4) скорость пропорциональна квадрату площади сечения

22. Скорость распространения волны в твердой среде определяется по формуле

1) $\sqrt{\frac{G}{\rho}}$; 2) $\sqrt{\gamma \frac{R \cdot T}{M}}$; 3) $\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$; 4) $\frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$.

23. Волновое число определяется по формуле

1) $k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$; 2) $k = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi} = \frac{v}{\omega}$; 3) $k = 2 \cdot \pi \cdot \lambda = v \cdot \omega$. 4) $k = 0, \pi$

24. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси ОХ, имеет вид $S = 0,01 \cdot \sin(10^3 \cdot t - 2 \cdot x)$. Период (в мс) равен

1) 2; 2) 1; 3) 6,28. 4) 9,42

25. Путь это:

- 1) расстояние между начальным и конечным положением тела;
- 2) расстояние между двумя последующими измерениями, пройденное телом вдоль траектории;
- 3) длина траектории; 4) модуль вектора перемещения.

26. Закон сохранения импульса формулируется следующим образом:

- 1) Сумма импульсов частиц, образующих механическую систему остается постоянной.
- 2) Сумма импульсов частиц, образующих замкнутую систему остается постоянной.
- 3) Сумма импульсов частиц, образующих консервативную систему остается постоянной.
- 4) Сумма импульсов частиц, образующих незамкнутую систему остается постоянной.

27. Когда сила, действующая на тело, не производит работы при перемещении тела?

- 1) Когда сила направлена вдоль перемещения.
- 2) Когда сила направлена против перемещения.
- 3) Когда сила направлена перпендикулярно перемещению.

- 4) Когда сила направлена под углом к перемещению.
28. Определить диаметр почвенного капилляра, если вода в нем поднимается на высоту 125 мм. Смачивание считать полным. Коэффициент поверхностного натяжения воды $\alpha = 0,0726 \frac{H}{m}$.
- 1) $2,37 \cdot 10^{-3} m$; 2) $1,18 \cdot 10^{-3} m$; 3) $2,37 m$; 4) $1,18 m$.
29. Для вогнутой поверхности жидкости добавочное давление
- 1) $\Delta p > 0$; 2) $\Delta p = 0$; 3) $\Delta p < 0$. 4) $\Delta p = 1$
30. Теорема Штейнера выражается формулой
- 1) $I = I_0 + m \cdot d^2$; 2) $I = I_0 + d^2$; 3) $I = m \cdot d^2$; 4) $I = I_0 + m \cdot d$.

Тест 3

1. Ребенок, сидящий в кресле, подвешенном на тросах карусели, движется по окружности с постоянной по модулю скоростью. Как направлен вектор ускорения ребенка?
- 1) по радиусу от центра окружности 2) по радиусу к центру окружности
3) вертикально вниз 4) вдоль троса вниз
2. Средняя скорость точки определяется по формуле
- 1) $\bar{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ 2) $v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$ 3) $\bar{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ 4) $\bar{v} = \frac{\vec{r}}{t}$
3. Момент инерции тонкого стержня относительно оси, проходящей через центр масс, определяется по формуле
- 1) $I = \frac{1}{2} m \ell^2$ 2) $I = m \ell^2$ 3) $I = \frac{1}{12} m \ell^2$ 4) $I = \frac{1}{12} m \ell$ 5) $I = mR$
4. Закон всемирного тяготения записывается в виде
- 1) $F = mg$ 2) $P = m(g + a)$ 3) $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$ 4) $F = G \frac{m_1 \cdot m}{R}$
5. Потенциальная энергия тела в поле тяготения Земли определяется по формуле
- 1) $U = mgh^2$ 2) $U = mg$ 3) $U = mh$ 4) $U = mgh$
6. Сани со стальными полозьями перемещают по льду равномерно, прилагая горизонтальное усилие 2Н. Определите массу саней, если коэффициент трения стали о лед равен 0,02:
- 1) 5 кг; 2) 12,5 кг; 3) 15 кг; 4) 10 кг; 5) 20 кг.
7. Если линейная скорость точки удаленной на расстояние R от оси вращения равна v, то угловая скорость вращения тела будет равна
- 1) $\omega = v \cdot R$ 2) $\omega = \frac{v^2}{R}$ 3) $\omega = \frac{v}{R}$ 4) $\omega = v^2 \cdot R$ 5) $\omega = \frac{2\pi}{v}$
8. Единицу размерности силы N в системе СИ можно выразить через основные единицы системы следующим образом:
- 1) $kg \cdot m^1 \cdot c^2$; 2) $kg \cdot m / c^2$; 3) $kg^1 \cdot m \cdot c$; 4) $kg^1 \cdot m \cdot c^1$; 5) $kg \cdot m^1 \cdot c^1$.
9. Укажите формулу, по которой определяется механическая работа

1) $A = F \cdot S$ 2) $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ 3) $A = F \cdot S \cdot \sin \alpha$ 4) $A = \frac{mv^2}{2}$ 5) $A = F \cdot \varphi$

10. Если массу пружинного маятника уменьшить в 4 раза, то период колебания маятника

- 1) уменьшится в 4 раза 2) увеличится в 4 раза 3) увеличится в 2 раза
4) уменьшится в 2 раза 5) не изменится

11. Трехатомная молекула имеет число степеней свободы равное

- 1) 6 2) 5 3) 4 4) 3 5) 7

12. Насос, двигатель которого развивает мощность 10 кВт, поднимает 15 м^3 воды на высоту 10 м за 5 мин. Найти К.П.Д. насоса.

- 1) 18%; 2) 36%; 3) 42%; 4) 49%; 5) 98%

13. Гармоническим колебанием называется:

1) периодическое колебательное движение, при котором координата тела меняется во времени по знаку \cos или \sin

2) колебательное движение повторяющиеся через определенные промежутки времени

3) колебательное движение, при котором амплитуда колебания не изменяется со временем

4) колебательное движение, при котором частота колебаний не меняется

14. Каково соотношение между значениями температуры в шкале Цельсия (t) и в абсолютной шкале (T)

- 1) $T = t + 273$ 2) $T = t - 273$ 3) $t = T + 273$ 4) $t = T$ 5) $t \neq T$

15. Единица давления Па может быть представлена как:

- 1) $\text{м}^3/\text{кг}$; 2) $\text{м}^2/\text{Н}$; 3) $\text{Дж}/\text{м}^3$; 4) $\text{кг} \cdot \text{с}/\text{м}^2$; 5) $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$

16. Если над системой внешними силами совершена работа A и системе передано количество теплоты Q , то изменение внутренней энергии U системы равно:

- 1) $\Delta U = A$; 2) $\Delta U = Q$; 3) $\Delta U = A + Q$; 4) $\Delta U = A - Q$; 5) $\Delta U = Q - A$.

17. При увеличении объема идеального газа в 2 раза и повышении его абсолютной температуры в 4 раза давление газа:

- 1) увеличится в 8 раз; 2) уменьшится в 2 раза; 3) уменьшится в 4 раза;
4) увеличится в 2 раза; 5) увеличится в 4 раза.

18. Волновое число определяется по формуле

а) $k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$; б) $k = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi} = \frac{v}{\omega}$; в) $k = 2 \cdot \pi \cdot \lambda = v \cdot \omega$.

19. Угловая скорость и частота вращения связаны между собой соотношением.

1) $\omega = \frac{\varphi}{t}$ 2) $\omega = 2\pi\nu$ 3) $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 4) $\nu = \frac{N}{t}$

20. Нормальная составляющая вектора ускорения:

1) $a_r = \frac{d\varphi}{dt}$ 2) $a_r = \left(\frac{dv}{dt}\right)\vec{\tau}$ 3) $a_r = \left(\frac{v^2}{R}\right)\vec{n}$ 4) $a = \sqrt{a_n^2 + \left(\frac{dv}{dt}\right)^2}$

21. Траектория это:

1) линия, вдоль которой движется тело;

2) отрезок, соединяющий начальное и конечное положение тела;

3) расстояние между начальным и конечным положением тела;

4) длина пути.

22. Линейная и угловая скорости связаны выражением

$$1) W_n = \omega^2 R \quad 2) V = \omega R \quad 3) W_n = \frac{V^2}{R} \quad 4) W_\tau = \left(\frac{d\omega}{dt} \right) R \quad 5) \vec{\beta} = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$$

23. Период обращения

1) Время одного полного оборота.

2) Время, за которое тело поворачивается на угол π .

3) Величина, определяемая формулой $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

4) Время, за которое материальная точка поворачивается на угол 180° .

24. Вертолет поднимается равномерно вертикально вверх. Какова траектория движения точки на конце лопасти винта вертолета в системе отсчета, связанной с винтом вертолета?

1) Точка.

2) Прямая

3) Окружность

4) Винтовая линия

25. Уравнение Бернулли определяется выражением

$$1) p = \rho gh \quad 2) p = nkT \quad 3) p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = const \quad 4) v_1 S_1 = v_2 S_2$$

26. Закон Стокса: при не слишком быстром движении тела сферической формы сила вязкого трения равна

$$1) \pi \cdot \eta \cdot R \cdot v; \quad 2) 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot R \cdot V; \quad 3) 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot R \cdot v; \quad 4) 6 \cdot \eta \cdot R \cdot v.$$

27. Какие из названных ниже сил имеют электромагнитную природу?

1) Только сила упругости.

2) Только сила трения.

3) Силы упругости и тяготения.

4) Силы упругости и трения.

28. При каких условиях выполняется закон сохранения импульса в системе взаимодействующих тел?

1) Векторная сумма внешних сил равна нулю.

2) Сумма работ внешних сил равна нулю.

3) Сумма моментов внешних сил равна нулю.

4) Выполняется при любых условиях.

29. Когда расходуется меньше энергии: при запуске искусственного спутника Земли вдоль меридиана или вдоль экватора?

1) Вдоль меридиана.

2) Вдоль экватора в сторону вращения Земли.

3) Вдоль экватора в сторону противоположную вращению Земли.

4) Расходуется одинаковая энергия.

30. Момент инерции произвольного тела относительно оси, проходящей через центр его масс, определяется по формуле

$$1) \int_m R^2 \cdot dm; \quad 2) \frac{m \cdot R^2}{2}; \quad 3) \frac{2 \cdot m \cdot R^2}{5}; \quad 4) \frac{m \cdot R^2}{3}.$$

Тест 4

1. Если равнодействующая всех сил, действующих на равноускоренно движущееся тело, в некоторый момент времени стала равна нулю, то, начиная с этого момента тело:

- 1) будет продолжать двигаться с неизменным ускорением;
- 2) будет двигаться равнозамедленно;
- 3) Будет двигаться с постоянной скоростью;
- 4) практически мгновенно остановится;
- 5) может двигаться произвольным образом.

2. Угловая скорость точки определяется по формуле

$$1) \omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad 2) \omega = \frac{\varphi}{t} \quad 3) \omega = \varphi \cdot t \quad 4) \omega = \varphi \cdot \Delta t$$

3. Механическая работа и изменение потенциальной энергии связаны соотношением

$$1) A = -\Delta U \quad 2) A = \Delta U \quad 3) A = U \quad 4) A = -U \quad 5) A = F \cdot \varphi$$

4. Мощность во вращательном движении определяется по формуле

$$1) N = M \cdot \varepsilon \quad 2) N = M \cdot \omega \quad 3) N = F \cdot v \quad 4) N = \frac{M}{\omega} \quad 5) U = mgh$$

5. Теорема Штейнера имеет вид

$$1) I = I_c + md^2 \quad 2) I = md^2 \quad 3) I = I_c + md \quad 4) I = I_c + m \quad 5) I = mR$$

6. Пластиновый шар массой m движется со скоростью $3v$ и сталкивается с неподвижным пластиновым шаром массой $2m$. Каким суммарным импульсом обладают два шара после столкновения? Взаимодействие шаров с другими телами пренебрежимо мало.

$$1) 5m v \quad 2) 3m v \quad 3) 2m v \quad 4) m v$$

7. Камень брошен с башни с начальной скоростью 8 м/с в горизонтальном направлении. Его скорость станет по модулю равной 10 м/с спустя

$$1) 0,6 \text{ с}; \quad 2) 0,7 \text{ с}; \quad 3) 0,8 \text{ с}; \quad 4) 0,9 \text{ с}; \quad 5) 1,0 \text{ с}.$$

8. Если для растяжения недеформированной пружины на 1 см требуется сила, равная 30 Н, то для сжатия этой же пружины на 20 см надо совершить работу, равную:

$$1) 10 \text{ Дж}; \quad 2) 20 \text{ Дж}; \quad 3) 40 \text{ Дж}; \quad 4) 60 \text{ Дж}; \quad 5) 100 \text{ Дж};$$

9. Если ν - частота обращения точки по окружности радиуса R , то угловую скорость точки можно найти по формуле

$$1) \omega = \pi \cdot \nu \quad 2) \omega = 2\pi \cdot \nu \quad 3) \omega = \frac{2\pi}{\nu} \quad 4) \omega = 2\pi \cdot \nu^2$$

10. Во вращательном движении механическая работа определяется по формуле

$$1) A = F \cdot S \quad 2) A = M \cdot \varphi \quad 3) A = M \cdot S \quad 4) A = F \cdot \varphi$$

11. Если уравнение гармонического колебания имеет вид $x = 0,1 \sin(2\pi t + \pi)$, то начальная фаза колебания равна

$$1) 2\pi \quad 2) -\pi \quad 3) \pi \quad 4) -2\pi$$

12. На тонкой невесомой спице длиной 30 см равномерно закреплены шайбы массами $2m$, m , $3m$ и $4m$. На каком расстоянии от правого конца спицы находится центр масс этой системы?

$$1) 10 \text{ см}; \quad 2) 11 \text{ см}; \quad 3) 15 \text{ см}; \quad 4) 16 \text{ см}; \quad 5) 0; \quad 6) \text{ Ответы 1-5 неверны.}$$

13. Выберите уравнение выражающее закон Гука:

$$1) F = \frac{R\Delta\chi}{2} \quad 2) F = -k\Delta x \quad 3) F = ma \quad 4) \sigma = \frac{F}{S} \quad 5) F_1 = -F_2$$

14. Формулировка молярной теплоемкости вещества:

- 1) Это количество теплоты, необходимое для нагревания данного тела на 1К.
- 2) Это количество теплоты, необходимое для нагревания единичной массы вещества на 1⁰С.
- 3) Это количество теплоты, необходимое для нагревания 1 моля вещества на 1К.
- 4) Это количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К.

15. Справедливы ли в условиях невесомости законы Паскаля и Архимеда?

- 1) Оба закона не справедливы;
- 2) Закон Паскаля справедлив, а закон Архимеда – нет;
- 3) Закон Архимеда справедлив, а закон Паскаля – нет;
- 4) Оба закона справедливы.

16. Если в некотором процессе газ совершил работу, равную 5 кДж, а его внутренняя энергия уменьшилась на 5 кДж, то такой процесс является:

- 1) изотермическим;
- 2) изохорическим;
- 3) адиабатическим;
- 4) изобарическим;
- 5) такой процесс невозможен.

17. Тело совершает гармонические колебания с круговой частотой 10 с⁻¹. Если тело при прохождении им положения равновесия имеет скорость 0,2 м/с, то амплитуда колебаний равна:

- 1) 8 см;
- 2) 2 см;
- 3) 4 см;
- 4) 6 см;

18. Уравнение бегущей плоской волны имеет вид

- 1) $A \cdot \cos(\omega \cdot t)$;
- 2) $A \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot x)$;
- 3) $A \cdot \cos(k \cdot x)$;
- 4) $A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot x)$.

19. Координата тела, совершающего гармонические колебания, изменяется по закону

- | | |
|---|---|
| а) $A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$; | б) $-A \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$; |
| в) $v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$; | г) $-A \cdot \omega_0^2 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$. |

20. Перемещением называется:

- 1) отрезок прямой, соединяющий начальную и конечную точки при движении вдоль траектории
- 2) вектор, соединяющий начальную и конечную точки при движении вдоль траектории
- 3) линия, вдоль которой движется тело
- 4) длина пути.

21. Угловая скорость и частота вращения связаны между собой соотношением.

$$1) \omega = \frac{\varphi}{t} \quad 2) \omega = 2\pi\nu \quad 3) \omega = \frac{2\pi}{T} \quad 4) \nu = \frac{N}{t}$$

22. Какова, траектория движения кончика иглы звукоснимателя относительно пластинки при ее проигрывании?

- 1) Спираль
- 2) Окружность
- 3) Дуга
- 4) Прямая

23. Из закона Бернулли следует, что

- 1) чем больше давление, тем больше скорость,

- 2) давление не зависит от скорости
 3) давление пропорционально скорости,
 4) чем больше скорость, тем меньше давление

24. Единица измерения давления

- 1) Н, 2) Па, 3) кг, 4) Дж

25. По формуле Пуазейля объем жидкости, протекшей через горизонтальную трубу, равен

$$1) V = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot t \cdot \Delta p}{8 \cdot \eta \cdot l}; \quad 2) V = \frac{\pi \cdot r^3 \cdot t \cdot \Delta p}{8 \cdot \eta \cdot l}; \quad 3) V = \frac{r^4 \cdot t \cdot \Delta p}{8 \cdot \eta \cdot l}; \quad 4) V = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot t \cdot \Delta p}{8 \cdot l}.$$

26. Какое из приведенных ниже выражений соответствует закону сохранения механической энергии?

$$1) A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \quad 2) A = mgh_2 - mgh_1 \quad 3) E_{к1} + E_{п1} = E_{к2} + E_{п2} \quad 4) F\Delta t = m\Delta v$$

27. Может ли человек, стоящий на идеально гладкой горизонтальной (ледяной) площадке, сдвинуться с места, не упираясь острыми предметами в лед?

- 1) Не может. 2) Может, отбрасывая от себя какие-либо предметы.
 3) Может только одновременно упираясь острыми предметами в лед и отбрасывая от себя какие-либо предметы.
 4) Может, отбрасывая от себя какие-либо предметы, при условии, что они весят больше чем он сам.

28. Второй закон Ньютона для вращательного движения выражается формулой

$$1) \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}; \quad 2) \vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{I}; \quad 3) \vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}; \quad 4) \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

29. Как показала скоростная киносъемка, падающая кошка сразу начинает быстро вертеть хвостом. При этом тело ее разворачивается в обратную сторону. Данный факт является примером проявления закона

- 1) всемирного тяготения; 2) взаимодействия зарядов;
 3) сохранения энергии; 4) сохранения момента импульса.

30. Диск и цилиндр имеют одинаковые массы и радиусы. Для их моментов инерции справедливо соотношение

$$1) I_{\text{цилиндр}} < I_{\text{диск}}; \quad 2) I_{\text{цилиндр}} > I_{\text{диск}}; \quad 3) I_{\text{цилиндр}} = I_{\text{диск}}. \quad 4) затрудняюсь ответить$$

ОТВЕТЫ К ТЕСТАМ

| № вопроса | ОТВЕТЫ | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | Тест 1 | Тест 2 | Тест 3 | Тест 4 |
| 1 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 4 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 5 | 4 | 3 | 4 | 1 |
| 6 | 2 | 4 | 4 | 2 |
| 7 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 8 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 9 | 4 | 2 | 2 | 3 |
| 10 | 2 | 4 | 4 | 2 |
| 11 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| 12 | 1 | 4 | 4 | 2 |
| 13 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 14 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 15 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 16 | 2 | 2 | 5 | 3 |
| 17 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| 18 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| 19 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 20 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 21 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| 22 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 23 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| 24 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 25 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 26 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 27 | 4 | 3 | 4 | 2 |
| 28 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 29 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 30 | 2 | 1 | 1 | 2 |

ГЛОССАРИЙ

Абсолютно твердое тело – система материальных точек, расстояние между которыми не изменяются в данной задаче. Абсолютно твердое тело обладает только поступательными и вращательными степенями свободы.

Вес тела – сила, с которой тело, находящееся в силовом (гравитационном) поле, действует на горизонтальную опору или растягивает вертикальный подвес. Значит, вес приложен к опоре, к подвесу, но не к телу.

Вращательное движение вокруг оси – движение, при котором *траектории* всех точек тела являются окружностями с центрами, расположенными на одной прямой (оси вращения), и лежащими в плоскостях, перпендикулярных этой прямой.

Второй закон Ньютона – физический закон, в соответствии с которым ускорение, приобретаемое материальной точкой в инерциальной системе отсчета, прямо пропорционально действующей на тело (равнодействующей) силе, обратно пропорционально массе тела, и направлено в сторону действия силы. В такой форме закон применим только для тел, масса которых при движении не меняется. Более общая формулировка второго закона Ньютона гласит: скорость изменения импульса тела прямо пропорциональна действующей силе $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

Движение материальной точки по окружности – движение *материальной точки*, когда *траекторией* точки является окружность. Это простейший случай криволинейного движения.

Закон сохранения момента импульса – физический закон, в соответствии с которым момент импульса замкнутой системы относительно любой неподвижной точки не изменяется со временем. Закон сохранения момента импульса есть проявление изотропности пространства.

Закон сохранения электрического заряда – физический закон, в соответствии с которым в замкнутой системе взаимодействующих тел алгебраическая сумма электрических зарядов (полный электрический заряд) остается неизменной при всех взаимодействиях $\sum_{i=1}^n q_i = const$.

Замкнутая система в механике это совокупность физических тел, у которых взаимодействия с внешними телами отсутствуют или скомпенсированы.

Импульс – произведение массы (точечного) тела на скорость в конкретной системе отсчета. Импульс механической системы равен векторной сумме импульсов всех частей системы. В системе СИ единицей импульса является килограмм-метр в секунду.

Инерция – явление сохранения скорости прямолинейного равномерного движения или состояния покоя при компенсации внешних воздействий. Инерция присуща всем материальным объектам в одинаковой степени. Движение по инерции – движение тела, происходящее без внешних воздействий.

Инертность – свойство материальных объектов приобретать разные ускорения при одинаковых внешних воздействиях со стороны других тел. Мерой инертности тела в поступательном движении является его *масса*, а при вращательном движении – *момент инерции*.

Инерциальная система отсчета – *система отсчета*, в которой тело находится в покое или движется равномерно и прямолинейно до тех пор, пока на него не действуют другие тела или это действие скомпенсировано. Смысл *первого закона Ньютона* в утверждении существования таких систем отсчета.

Динамика – раздел механики, изучающий влияние взаимодействий между телами на их *механическое движение*. Динамика отвечает на вопрос: почему движется тело? Это причинная часть механики.

Кинематика – раздел механики, изучающий геометрические свойства движения тел без учета их масс и действующих на них сил. Кинематика исследует способы описания движений и связей между величинами, характеризующими эти движения. Кинематика отвечает на вопрос: как движется тело?

Кинетическая энергия – энергия механической системы, зависящая от скоростей ее точек. Если тело массы m движется со скоростью v , то его кинетическая энергия равна $mv^2/2$.

Колебания – это периодически повторяющиеся движения. Колебания, описываемые законом синуса $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ или косинуса $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, называются гармоническими. Величина, стоящая под знаком гармонической функции $(\omega t + \varphi)$, называется фазой; ω называется круговой (или циклической) частотой; φ – начальной фазой. Колебания разной природы описываются математически совершенно одинаково.

Линейная скорость – скорость отдельной точки вращающегося тела, зависящая от угловой скорости и расстояния от точки до оси вращения. Линейная скорость материальной точки численно равна расстоянию, которое точка проходит в единицу времени.

Масса – мера инертных и гравитационных свойств тела. Масса не зависит от скорости. Измеряется в [кг].

Математический маятник – механическая колебательная система, состоящая из материальной точки, подвешенной на тонкой, невесомой и нерастяжимой нити или на невесомом стержне в поле сил тяжести. Период малых колебаний математического маятника не зависит от амплитуды и определяется по формуле: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

Материальной точкой называется тело, размеры и форма которого в данной задаче не существенны. Материальную точку часто называют телом.

Мгновенная скорость – предел средней скорости за бесконечно малый промежуток времени. Мгновенная скорость направлена по касательной в данной точке траектории $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}$.

Мгновенная угловая скорость – предел, к которому стремится средняя угловая скорость при бесконечном уменьшении промежутка времени. Мгновенную угловую скорость можно найти, таким образом, как производную от угла поворота по времени $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\varphi}}{\Delta t} = d\varphi/dt = \omega$.

Механика – основной раздел физики; наука о механическом движении материальных тел и происходящих взаимодействиях между ними. В результате взаимодействия изменяются скорости тел или тела деформируются. Механика подразделяется на *статистику*, *кинематику* и *динамику*.

Работа в механике есть мера изменения полной механической энергии систем. Элементарная работа определяется как скалярное произведение *силы* на элементарное *перемещение* $A = F \cdot S$. Измеряется в [Дж].

Момент инерции – скалярная величина, характеризующая распределение масс в теле, и являющаяся мерой инертности тела при вращательном движении. Момент инерции тела относительно заданной оси вращения равен сумме произведений элементарных масс всех малых частей (материальных точек) тела на квадраты их расстояний до рассматриваемой оси $I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2$.

Момент инерции материальной точки относительно оси – произведение массы материальной точки на квадрат ее расстояния до оси $I = m_i \cdot r_i^2$.

Момент инерции тела относительно оси – сумма моментов инерции составляющих тело частиц $I = \sum_{i=1}^n I_i$.

Неинерциальная система отсчета – система отсчета, в которой не выполняется первый закон Ньютона. Неинерциальная система отсчета движется с ускорением относительно некоторой *инерциальной системы отсчета*. Важным классом неинерциальных систем являются вращающиеся системы отсчета.

Нормальное ускорение – составляющая ускорения, направленная вдоль нормали к траектории движения в данной точке. Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению $a_n = \frac{v^2}{r}$.

Первый закон Ньютона (открыт Галилеем) – *физический закон*, в соответствии с которым материальная точка сохраняет состояние покоя или равномерного движения до тех пор, пока внешние воздействия не изменят это состояния.

Перемещением называется вектор, проведенный из начальной в конечную точку *траектории*. В случае прямолинейной траектории модуль вектора перемещения равен пройденному пути.

Потенциальная энергия – часть *механической энергии* тела, зависящая от взаимного расположения ее частей и от их положений во внешнем *силовом поле*. Численно потенциальная энергия системы в данном состоянии равна работе, которую произведут действующие на систему силы при переходе системы из этого положения в то, где потенциальная энергия условно принимается равной нулю.

Равномерное вращательное движение – движение, при котором углы поворота материальной точки за любые равные промежутки времени одинаковы.

Равномерное движение – движение, при котором за любые равные промежутки времени материальная точка проходит одинаковые пути.

Равномерное прямолинейное движение – то же самое, что и *Равномерное движение*, если траектория тела – прямая линия.

Равномерное движение материальной точки по окружности – движение материальной точки по окружности, при котором модуль ее скорости не меняется. Меняется только направление скорости. При таком движении материальная точка обладает центростремительным ускорением. Центростремительное ускорение – частный случай *нормального ускорения*.

Сила – мера механического действия на материальную точку или тело других тел или полей. Сила вызывает изменение *скорости* тела или его деформацию. В механике различают силы, возникающие при непосредственном контакте тел или на расстоянии посредством создаваемых телами полей. Можно показать, что на микроскопическом уровне все силы (например, сила упругости) обусловлены полями. Сила – векторная величина, поэтому в каждый момент времени она характеризуется числовым значением, направлением и точкой приложения. В механике природа сил не рассматривается. Единица силы в СИ – 1 Ньютон.

Силы инерции – фиктивные силы, которые вводятся в *неинерциальных системах отсчета*, чтобы *второй закон Ньютона* можно было распространить на неинерциальные системы отсчета. Например, во вращающихся системах отсчета появляются центробежная сила и сила Кориолиса.

Система отсчета – *тело отсчета*, система координат, связанная с телом отсчета, и часы (прибор для измерения времени движения с указанием на начало его отсчета). Система отсчета используется для определения положения в пространстве физических объектов в различные моменты времени. Различают *инерциальные* и *неинерциальные системы отсчета*.

Среднее угловое ускорение – физическая величина, численно равная отношению приращения угловой скорости к промежутку времени, за который это приращение произошло $\langle \vec{\omega} \rangle = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$.

Средняя угловая скорость – отношение угла поворота радиуса любой точки вращающегося тела к промежутку времени, за который совершился этот поворот $\langle \vec{\omega} \rangle = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$.

Статика – раздел механики, изучающий условия равновесия материальных точек или их системы, находящихся под действием сил.

Тангенциальное ускорение – составляющая *ускорения*, направленная вдоль касательной к *траектории* движения в данной точке. Тангенциальное ускорение характеризует изменение *скорости* по модулю $\mathbf{a}_\tau = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Тело отсчета – тело, относительно которого рассматривается движение всех остальных тел.

Теорема Штейнера – соотношение для расчета момента инерции тела относительно

произвольной оси, если известен момент инерции I_0 относительно оси, проходящей через *центр масс* тела. Момент инерции тела относительно оси, параллельной оси, проходящей через центр масс тела и отстоящей от нее на расстояние d , определяется по формуле $I_0 + md^2$, где m - масса тела.

Траекторией называется воображаемая линия, описываемая телом при движении. В зависимости от формы траектории движения бывают криволинейные и прямолинейные. Примеры криволинейного движения: движение тела, брошенного под углом к горизонту (траектория – парабола), движение материальной точки по окружности.

Трение – явление сопротивления тел относительно перемещению. Возникает между двумя телами в плоскости соприкосновения их поверхностей и сопровождается диссипацией (рассеиванием) энергии. *Механическая энергия* системы, в которой есть трение, может только уменьшаться. Наука, изучающая трение, называется трибологией. Опытным путем установлено, что максимальная сила трения покоя и сила трения скольжения не зависит от площади соприкосновения тел и пропорциональна силе нормального давления, прижимающей поверхности друг к другу. Коэффициент пропорциональности при этом называется *коэффициентом трения* (покоя или скольжения).

Третий закон Ньютона – физический закон, в соответствии с которым силы взаимодействия двух материальных точек равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки. Как и прочие законы Ньютона, третий закон справедлив только для *инерциальных систем отсчета*. Краткая формулировка третьего закона: действие равно противодействию.

Ускорение свободно падающего тела – ускорение, с которым движется тело под действием силы тяготения. Ускорение свободного падения одинаково для всех тел, независимо от их *массы*. На Земле ускорение свободно падающего тела зависит от высоты над уровнем моря и от географической широты и направления к центру Земли. На широте 45^0 и на уровне моря ускорение свободно падающего тела $g = 9.80665 \text{ м/с}^2$. В учебных задачах обычно полагают $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Физический маятник – *абсолютно твердое тело*, имеющее ось вращения. В поле тяготения физический маятник может совершать колебания около положения равновесия, при этом *массу* системы нельзя считать сосредоточенной в одной точке. Период колебаний физического маятника зависит от *момента инерции* тела и от расстояния от оси вращения до *центра масс*.

Центр масс – точка тела (или системы тел), которая движется так, как если бы в ней была сосредоточена вся масса тела (системы) и если бы к ней были приложены все внешние силы, действующие на систему. Другое название этой точки – *центр инерции*. Система отсчета, связанная с центром масс, называется Ц-системой или системой центра масс. В такой системе удобно решать задачи, если нас не интересует движение системы в целом, а только относительное движение ее частиц.

Энергия – скалярная физическая величина, являющаяся общей мерой различных форм движения материи и мерой перехода движения материи из одних форм в другие. Основные виды энергии: механическая, внутренняя, электромагнитная, химическая, гравитационная, ядерная. Одни виды энергии могут превращаться в другие в строго определенных количествах.

Диэлектрик – вещество, обладающее низкой удельной электрической проводимостью. Идеальный диэлектрик вообще не проводит ток, его проводимость равна нулю. К диэлектрикам относятся пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, электреты и др.

Доменами называют области спонтанной (самопроизвольной) намагниченности в ферромагнетике. Размеры доменов порядка 1 мкм. См. также Ферромагнетизм.

Закон Ампера устанавливает связь силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, с силой тока и индукцией магнитного поля: $dF = IBdl \sin\alpha$, где I – сила тока, B – индукция магнитного поля, dl – длина элементарного участка проводника. Направление вектора dF определяется с помощью правила левой руки.

Закон Био-Савара-Лапласа позволяет рассчитать напряженность магнитного поля тока

любой конфигурации путем интегрирования выражения: $dH = I[dl, r]/4\pi r^3$, где dH – напряженность магнитного поля, создаваемого элементом тока dl , r – радиус-вектор, проведенный от элемента тока в точку, в которой рассчитывается напряженность поля.

Закон Кулона – основной закон электростатики, выражающий зависимость силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов от расстояния между ними. Два неподвижных точечных заряда взаимодействуют с силой прямо пропорциональной произведению величин этих зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними и зависящей от диэлектрической проницаемости среды, в которой находятся заряды (Кулон, 1785). Закон Кулона подтверждается опытом вплоть до расстояний порядка 10^{-15} м (размеры ядра атома) $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$.

Закон Джоуля-Ленца позволяет найти количество теплоты, выделяющееся в проводнике при протекании электрического тока: количество теплоты прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени протекания тока $Q = I^2 \cdot R \cdot t$.

Закон Ома для участка цепи связывает силу тока с разностью потенциалов на концах проводника и сопротивлением проводника: $I = (\varphi_1 - \varphi_2)/R$. Закон Ома для замкнутой (полной) цепи связывает электродвижущую силу источника с полным сопротивлением цепи: $I = E/(R_{\text{н}} + R_0)$. Здесь $R_{\text{н}}$ и R_0 – соответственно сопротивление нагрузки и внутреннее сопротивление источника.

Закон электромагнитной индукции – ЭДС индукции в замкнутом контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром. Электронный механизм закона электромагнитной индукции состоит в том, что переменное магнитное поле порождает (индуцирует) вихревое электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями. Открыт Фарадеем (1831). В обобщенном виде закон входит в систему уравнений Максвелла $\varepsilon_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Зонная теория твердого тела – квантовая теория энергетического спектра электронов в кристалле. Согласно зонной теории этот спектр состоит из чередующихся зон (полос) разрешенных и запрещенных энергий. Зонная теория хорошо объясняет ряд явлений, в частности разный механизм электропроводности металлов, диэлектриков и полупроводников.

Индуктивность – физическая величина, характеризующая связь между скоростью изменения тока в проводнике (катушке) и возникающей при этом ЭДС самоиндукции. Индуктивность проводника (катушки) зависит от его размеров и формы, числа витков, а также от материала магнитопровода. Единицей индуктивности в СИ является 1 Генри.

Источник тока – источник электрической энергии, в котором действуют сторонние силы, разделяющие электрические заряды. Источник тока характеризуется электродвижущей силой и внутренним сопротивлением. Источниками тока являются гальванические элементы, аккумуляторы, машины постоянного тока и др.

Конденсатор – элемент электрической цепи, предназначенный для использования его в различных электро- и радиотехнических схемах. Конденсатор состоит из двух или проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика. Толщина диэлектрика обычно мала по сравнению с размерами проводников. В зависимости от формы обкладок конденсаторы бывают плоские, цилиндрические, сферические и др. По типу диэлектрика различают воздушные, бумажные, слюдяные, керамические и др. конденсаторы.

Контактной разностью потенциалов называется разность потенциалов, возникающая при контакте двух разнородных металлов. Открыл явление итальянский ученый Вольта (1797).

Магнитное поле – одна из сторон единого электромагнитного поля. Магнитное поле создается движущимися зарядами (током проводимости) и переменным электрическим полем (током смещения). Действует магнитное поле только на движущиеся заряды.

Магнитным моментом называется векторная величина, модуль которой равен произведению силы электрического тока в контуре на площадь обтекаемую этим током. Направление магнитного момента связано с направлением тока правилом буравчика.

Магнитный поток (или поток вектора B) – это поток Φ_B вектора магнитной индукции

через какую-либо поверхность. В случае однородного магнитного поля и плоской поверхности $\Phi_B = BS \cos \alpha$, где B – индукция магнитного поля, S – площадь поверхности, α – угол между вектором B и нормалью к поверхности.

Парамагнетизмом называется свойство веществ (парамагнетиков) намагничиваться в направлении силовых линий внешнего магнитного поля. Атомы парамагнетиков имеют отличный от нуля магнитный момент и ведут себя в магнитном поле подобно микроскопическим магнитным стрелкам.

Потенциал электростатического поля φ – энергетическая характеристика поля. Определяется как величина, измеряемая работой сил поля по переносу единичного положительно заряда из данной точки в другую, фиксированную точку. В качестве фиксированной часто берут бесконечно удаленную точку. Другими словами, потенциал электростатического поля равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в эту точку. Единица потенциала в СИ 1 Вольт.

Правило Ленца – правило, определяющее направление индукционных токов, возникающих при электромагнитной индукции. Согласно правилу Ленца индукционный ток всегда имеет такое направление, что его собственный магнитный поток компенсирует изменения внешнего магнитного потока, вызвавшего этот ток. Правило Ленца есть следствие закона сохранения энергии. Э.Х.Ленц (1804-1865) - русский физик.

Полупроводниками называется класс веществ, занимающих по своей способности проводить *электрический ток* промежуточное положение между *металлами* и *диэлектриками*. С точки зрения зонной теории твердого тела вещество относится к полупроводникам, если ширина запрещенной зоны, отделяющей валентную зону от зоны проводимости, меньше 2 эВ.

Постоянным называется электрический ток, не меняющийся с течением времени. В случае постоянного тока при определении силы тока $I = \Delta q / \Delta t$ можно брать любой промежуток времени Δt .

Правила Кирхгофа применяются для расчета сложных (разветвленных) цепей постоянного тока. Метод комплексных токов позволяет распространить эти правила для расчета цепей переменного тока.

Проводниками называются вещества, содержащие в достаточной концентрации свободные *заряды*. К проводникам относятся металлы, ионизированные газы, водные растворы *электролитов* и расплавы солей. В *электрическом поле* свободные заряды перераспределяются так, что *напряженность* электрического поля внутри проводника оказывается равна нулю, а *потенциал* проводника всюду одинаков.

Самоиндукция – явление возникновения *электродвижущей силы* в проводнике (катушке) при изменении протекающего в ней *электрического тока*. Величина и знак ЭДС самоиндукции определяются *законом электромагнитной индукции*.

Явление сверхпроводимости открыл голландский физик Камерлинг-Оннес (1911): сопротивление ртути при температуре, близкой к абсолютному нулю, скачком уменьшалось до нуля. В дальнейшем сверхпроводимость была обнаружена и у других металлов и сплавов (свинец, олово, железо и др.). Сверхпроводимость, как и электрическое сопротивление, объясняется взаимодействием коллективизированных электронов металла с кристаллической решеткой. В 1986 году обнаружена высокотемпературная сверхпроводимость, теория которой находится в стадии разработки.

Силой Лоренца называется сила, действующая на *заряд* в *электрическом* и *магнитном поле* (электрическая и магнитная сила Лоренца): $F = q\{E + [v, B]\}$. Первое слагаемое в последнем выражении называется электрической, а второе – магнитной силой Лоренца.

Силой тока называется величина, измеряемая *зарядом*, протекающим через поперечное сечение проводника в одну секунду. Единица силы тока в СИ: 1 Ампер – четвертая основная единица этой системы (наряду с метром, килограммом и секундой).

Стационарным называется электрическое поле, существующее в проводнике с током и обуславливающее перенос энергии в цепях постоянного тока. Заряды при протекании тока непрерывно перемещаются, но распределение их остается неизменным. Поэтому стационарное поле, подобно электростатическому, является потенциальным.

Точечный электрический заряд – заряженное тело, размерами которого можно пренебречь в условиях конкретной задачи.

Трансформатором называется устройство для преобразования переменного тока и напряжения. Принцип действия основан на *законе электромагнитной индукции*.

Удельное сопротивление величина, характеризующая способность вещества проводить *электрический ток*, и численно равная сопротивлению проводника длиной в 1 метр и площадью поперечного сечения 1 м^2 . Удельное сопротивление зависит от температуры. У металлов оно растет с ростом температуры, у полупроводников и водных растворов электролитов – уменьшается.

Ферромагнетизмом называется свойство некоторых веществ (ферромагнетиков) спонтанно намагничиваться. *Магнитные моменты* атомов ферромагнетика в пределах микроскопических областей (*доменов*) спонтанно ориентируются параллельно друг другу. Процесс намагничивания можно рассматривать как процесс ориентации магнитных моментов доменов вдоль силовых линий *магнитного поля*. При выключении магнитного поля ферромагнетик остается намагниченным (остаточная намагниченность). Ферромагнетизм наблюдается только при условии, что температура не превышает так называемую температуру (или точку) Кюри. Самые известные ферромагнетики – железо, кобальт и никель.

Электризация тела – сообщение *электрических зарядов* телу или наведение зарядов на нем. На микроскопическом уровне электризация сопровождается переходом очень небольшого числа электронов от одного тела к другому.

Электрический диполь – система двух точечный зарядов одинаковых по абсолютной величине и противоположных по знаку, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. На диполь, находящийся в электрическом поле, действует пара сил, стремящихся установить его вдоль силовых линий. Молекулы многих веществ по своим свойствам подобны электрическому диполю.

Электрический заряд – физическая величина, характеризующая свойство тел или частиц вступать в *электромагнитное взаимодействие* и определяющая значения сил и энергий при таких взаимодействиях. Электрическим зарядам приписывают положительный или отрицательный знак. Единица заряда в системе СИ – 1 Кл (кулон).

Электрический ток – это направленное (упорядоченное) движение *электрических зарядов*. Различают ток проводимости (движение заряженных микрочастиц движутся внутри макроскопического тела), конвекционный ток (движение заряженных макроскопических тел или частиц, например, частиц пыли) и ток в вакууме (пучки электронов или ионов в вакууме).

Электродвижущая сила – характеристика источника энергии в электрической цепи. Электродвижущая сила измеряется отношением работы *сторонних сил* по перемещению заряда вдоль цепи к значению этого заряда. Можно сказать, что ЭДС есть удельная работа сторонних сил. ЭДС, как и *потенциал*, измеряется в вольтах $\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$.

Электродинамика – раздел физики, изучающий свойства *электромагнитного поля* и его взаимодействие с *зарядами*, связь электрических и магнитных явлений, а также *электрический ток*. Различают *классическую*, релятивистскую и *квантовую* электродинамики. Основой классической электродинамики являются уравнения Максвелла.

Электролитами называются вещества (соли, кислоты, основания), водные растворы которых проводят электрический ток. Молекулы электролитов под действием полярных молекул воды диссоциируют – распадаются на противоположно заряженные ионы.

Электромагнитное поле – особая форма существования материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между покоящимися или движущимися *электрическими зарядами*

Электромагнитная волна – это свободное (оторвавшееся от токов и зарядов) переменное *электромагнитное поле*. Существование электромагнитных волн вытекает из *уравнений Максвелла*. Переменные электрическое и магнитное поле могут отрываться от

породивших их токов и зарядов и, поддерживая друг друга, распространяться в пространстве со скоростью света. Поэтому говорят, что Максвелл предсказал существование электромагнитных волн. Герц получил эти волны экспериментально, а Попов построил первый радиоприемник.

Электростатика – раздел *электродинамики*, изучающий поле неподвижных зарядов и их взаимодействие. Основу электростатики составляет *закон Кулона*.

Элементарный электрический заряд – наименьший положительный или отрицательный электрический заряд, равный по абсолютному значению заряду электрона. Заряд любого тела или частицы есть величина, кратная элементарному заряду. Частицы с дробным зарядом в свободном состоянии не наблюдаются.

Энергия, запасенная в *магнитном поле* катушки, равна $W = LI^2/2$, где I – *сила тока*, L – *индуктивность* катушки (ср. с формулой кинетической энергии!).

Энергия, запасенная в электрическом поле *конденсатора*, равна $W = CU^2/2$, где U – напряжение на конденсаторе, C – *электроемкость* конденсатора.

Абсолютный показатель преломления света – отношение скорости света в вакууме к фазовой скорости света в данной среде. Абсолютный показатель преломления света показывает во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в данной среде.

Видимое излучение – электромагнитное излучение, вызывающее зрительное ощущение и занимающее участок спектра от 380 до 780 нм. Световые излучения различных частот воспринимаются человеком как разные цвета.

Геометрическая оптика – раздел оптики, в котором изучаются законы распространения света в прозрачных средах, основанные на представлении о *световых лучах*. Основными законами *геометрической оптики* являются: - *закон прямолинейного распространения света*; - *закон независимых световых пучков*; - *закон отражения*; - *закон преломления*.

Волновая оптика – раздел *оптики*, изучающий явления, в которых проявляется волновые свойства *света*.

Двойное лучепреломление – раздвоение светового луча при прохождении через оптически анизотропную среду, возникающее вследствие зависимости показателя преломления света от его поляризации. В одноосном двоякопреломляющем кристалле, например, в кристалле исландского шпата, падающий луч света расщепляется на два луча, обыкновенный и необыкновенный, имеющие разные *показатели преломления* и поляризованные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Дифракционная решетка – оптическое устройство, имеющее большое число щелей, разделенных непрозрачными промежутками, на которых происходит дифракция света. Обычно дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа параллельных штрихов одинаковой ширины, нанесенных на прозрачную или отражающую поверхность на одинаковом расстоянии друг от друга. Дифракционная решетка является основным элементом многих спектральных приборов.

Дифракция света – отклонение от законов геометрической оптики, выражающееся в огибании светом малых препятствий. Дифракция наблюдается при распространении света в среде с резко выраженными неоднородностями.

Закон Малюса – физический закон, согласно которому интенсивность световой волны, прошедшей *поляризатор* и *анализатор*, пропорциональна квадрату косинуса угла между плоскостями главных сечений поляризатора и анализатора $I = I_0 \cdot \cos^2 \alpha$.

Закон независимых световых пучков – постулат геометрической оптики, в соответствии с которым: Распространение всякого светового пучка в среде не зависит от того, есть ли в этой среде другие пучки света или нет.

Закон отражения света – закон, определяющий взаимное расположение при зеркальном отражении падающего и отраженного лучей, а также перпендикуляра, восстановленного к границе раздела двух сред в точке падения: -1- оба луча и перпендикуляр лежат в одной плоскости; -2- угол падения равен углу отражения.

Закон преломления света – один из законов геометрической оптики, согласно которому

падающий луч, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения луча к границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред и равная относительному показателю преломления второй среды по отношению к первой.

Закон прямолинейного распространения света – постулат геометрической оптики, в соответствии с которым в однородной среде свет распространяется прямолинейно. Закон прямолинейного распространения света является следствием *принципа Ферма*.

Излучательность называется полная мощность (на всех частотах и по всем направлениям) излучения с единицы поверхности нагретого тела. Излучательность зависит от температуры тела и от коэффициента поглощения его поверхности. Старые названия этой величины – энергетическая светимость или лучеиспускательная способность.

Интерференция света – оптическое явление, возникающее при сложении двух или нескольких когерентных световых волн, линейно поляризованных в одной плоскости. Интерференция представляет собой устойчивую во времени картину усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

Источник света – излучатель электромагнитной энергии в видимой части спектра. Источники света подразделяются на естественные (Солнце, Луна и т. д.) и искусственные (лампы накаливания, газоразрядные лампы и др.).

Квантовая оптика – раздел оптики, изучающий явления, в который обнаруживаются квантовые свойства электромагнитного излучения (света). Это *тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона* и др.

Лазеры (от от первых букв англ. фразы Light amplification by stimulated emission of radiation) – квантовые генераторы света, принцип действия которых основан на явлении вынужденного (стимулированного) излучения. Излучение лазеров поляризовано, обладает монохроматичностью, большой мощностью в узком спектральном диапазоне и малой расходимостью светового пучка. Находят широкое применение в технике и экспериментальной физике.

Оптика – раздел физики, в котором изучаются закономерности оптических явлений, природа света и его взаимодействия с веществом.

Относительный показатель преломления света – отношение фазовой скорости света в первой среде к фазовой скорости света во второй среде. Численно относительный показатель преломления света равен отношению синуса угла падения к синусу угла преломления.

Период дифракционной решетки – расстояние между серединами двух соседних щелей дифракционной решетки. Другое название – шаг или постоянная решетки.

Показатель преломления света – мера оптической плотности среды, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в среде. Показатель преломления света зависит от частоты света и от параметров состояния среды. Различают абсолютные и относительные показатели преломления.

Поляризатор – прибор, предназначенный для получения полностью или частично поляризованного света. Поляризатор можно использовать в качестве *анализатора* поляризованного излучения.

Поляризация света – ориентация векторов напряженности электрического поля и магнитной индукции световой волны в плоскости, перпендикулярной световому лучу. Обычно поляризация возникает при отражении и преломлении света, а также при распространении света в анизотропной среде. Различают линейную, круговую и эллиптическую поляризацию света.

Преломление света – явление, заключающееся в изменении направления распространения световой волны при переходе из одной среды в другую, отличающуюся *показателем преломления света*.

Термином «свет» обозначают не только *видимый свет*, но и электромагнитное излучение других диапазонов (инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, *рентгеновские лучи*). Таким образом, этот термин используется как синоним выражения «электромагнитное

излучение».

Скорость света в вакууме – скорость распространения света в вакууме $c = 299'792'458$ м/с. Скорость света в вакууме - предельная скорость распространения любых физических взаимодействий.

Тепловое излучение – это электромагнитное излучение нагретых тел. Законы теплового излучения объясняет *квантовая теория* М.Планка (1900).

Черным называется идеализированное тело, поглощающее всю падающую на его поверхность энергию. Устаревшее название черного тела – абсолютно черное тело. Реальные тела не являются черными; поверхность, хорошо поглощающая свет в видимом диапазоне, может плохо поглощать в инфракрасном.

Электрон – мельчайшая отрицательно заряженная частица, входящая в состав атомов.

Адиабатическим называется процесс, происходящий в условия теплоизоляции (без теплообмена со *средой*).

Вакуумом называется состояние разрежения, когда соударения молекул друг с другом немногочисленны по сравнению с соударениями со стенками сосуда. Степень разрежения зависит от соотношения среднего свободного пробега и линейных размеров сосуда.

Внутренним трением называется возникновение силы трения между слоями жидкости или газа, движущимися с разными скоростями. Причиной внутреннего трения является хаотическое тепловое движение. См. также *Явления переноса*.

Внутренней энергией (U) называется общий запас энергии *системы* за вычетом кинетической энергии системы как целого и потенциальной энергии системы как целого во внешнем потенциальном поле. Внутренняя энергия *идеального газа* равна суммарной кинетической энергии молекул.

Существует свыше 20 формулировок второго начала термодинамики. Первая формулировка: теплота может самопроизвольно передаваться только от более нагретых тел к менее нагретым. Еще одна формулировка: в замкнутой (изолированной) системе при неравновесном *теплообмене энтропия* системы возрастает, достигая максимума при достижении системой равновесия. Второе начало указывает, таким образом, на направление процессов.

Закон Бойля-Мариотта утверждает, что для данной массы газа, при постоянной температуре, произведение давления на объем есть величина постоянная: $pV = \text{const}$.

Закон Гей-Люссака утверждает, что для данной массы газа, при постоянном давлении, объем газа прямо пропорционален абсолютной температуре: $(V_1/V_2) = (T_1/T_2)$.

Закон Гука выражает линейную зависимость между напряжениями и малыми деформациями в упругой среде. Английский ученый Р.Гук обнаружил (1660), что при растяжении стержня длиной l и площадью поперечного сечения S удлинение стержня Δl пропорционально растягивающей силе F . Еще одна форма записи закона Гука: $\sigma = E\varepsilon$, где $\sigma = F/S$ – нормальное напряжение в поперечном сечении, $\varepsilon = \Delta l/l$ – относительное удлинение стержня. Коэффициент пропорциональности E называется модулем Юнга.

Закон Дальтона гласит: давление смеси химически не взаимодействующих газов равно сумме *парциальных давлений* отдельных компонентов.

Закон Дюлонга и Пти утверждает, что атомная теплоемкость химически простого кристаллического твердого тела одинакова для всех таких тел, не зависит от температуры и равна $c_a = 3R$, где $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. При низких температурах закон перестает выполняться, а при $T \rightarrow 0$ $c_a \rightarrow 0$. Объяснить указанное затруднение удалось квантовой теории теплоемкости (Эйнштейн, 1907; Дебай, 1914).

Идеальным газом называют систему, свойства которой описываются уравнением Клапейрона-Менделеева $pV = (m/\mu)RT$, где p – давление, V – объем, T – температура, m – масса, μ – масса одного киломоля, $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. С точки зрения молекулярно-кинетической теории идеальный газ – это газ, молекулы которого имеют нулевой собственный объем и не взаимодействуют на расстоянии. Реальный газ при условиях, близких к нормальным, можно приближенно считать идеальным.

Изобарическим называется процесс, происходящий при постоянном давлении ($p = \text{const}$).
Изотермическим называется процесс, происходящий при постоянной температуре ($T = \text{const}$).

Изохорическим называется процесс, происходящий при постоянном объеме ($V = \text{const}$).

Количество теплоты – это энергия, полученная (или отданная) системой при *теплообмене*. По аналогии с выражением для элементарной работы $\delta A = p dV$ можно записать для элементарного количества теплоты: $\delta Q = T dS$. *Температура* здесь играет роль термической «силы», а *энтропия* – термической «координаты».

Коэффициент поверхностного натяжения α определяется как отношение силы поверхностного натяжения, действующей на контур, ограничивающий свободную поверхность жидкости, к длине этого контура.

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)

МКТ – теория тепловых явлений, основанная на представлении о мельчайших частицах вещества – атомах и молекулах. Современное название МКТ – статистическая физика. См. также *Основные положения молекулярно-кинетической теории*.

Нормальными называются условия, когда система (например, газ) находится при давлении $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па (760 мм рт. ст.) и температуре $T = 273$ К (0°C).

Основные положения МКТ:

- все тела состоят из мельчайших частиц, атомов и молекул;
- частицы эти находятся в состоянии непрерывного хаотического движения, называемого тепловым;
- между частицами имеются силы притяжения и отталкивания;
- движение каждой частицы подчиняется законам классической механики.

Первое начало термодинамики – закон сохранения энергии, записанный в чрезвычайно общей форме, включающий изменение энергии за счет *теплообмена*. В стандартных обозначениях: $\Delta Q = \Delta U + A$ – количество теплоты, сообщаемое системе (ΔQ), идет на повышение внутренней энергии системы (ΔU) и на совершение работы (A). Закон сохранения механической энергии – частный случай первого начала термодинамики.

Работой называется макрофизический способ изменения *внутренней энергии системы*, сопровождающийся макроскопическим движением. Ср.: *Теплообмен*. Энергия, которую система получает (или отдает) при этом процессе, называется так же работой (A).

Степени свободы – независимые координаты, определяющие положение тела (молекулы) в пространстве.

Температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической *системы*. С точки зрения *термодинамики* температура есть мера отклонения данного тела от состояния термодинамического равновесия с другим телом. Общее определение: температура есть производная от *внутренней энергии* системы по *энтропии*. Для *идеального газа* температура есть мера средней кинетической энергии молекулы.

Теплоемкостью тела (системы) называется *количество теплоты*, необходимое для нагревания тела (*системы*) на один кельвин. Если расчет ведется на один килограмм, теплоемкость называется удельной, если на один (кило)моль – (кило)молярной.

Теплопроводностью называется процесс выравнивания температур при соприкосновении тел (твердых, жидких или газообразных), имеющих разную температуру. Теплопроводность объясняется переходом энергии от более нагретых к менее нагретым областям при отсутствии (если это газ или жидкость) перемешивания или *конвекции*. См. также *Явления переноса*.

Термодинамика – наука о самых разнообразных процессах и сопровождающих их энергетических превращениях. Термодинамика относится к области макрофизики, она отвлекается от подразумеваемого молекулярного строения вещества и учитывает лишь поведение *системы* в целом. Делится на *термостатику* и собственно термодинамику.

Термодинамическим процессом называется изменение *координат состояния* системы при наличии разности *потенциалов системы и среды*.

Третье начало термодинамики утверждает, что *энтропия* системы при абсолютном

нуле температуры равна нулю (теорема Нернста, 1906).

Уравнение Клапейрона-Менделеева – уравнение состояния *идеального газа*: $pV = (m/\mu)RT$, где p – давление, V – объем, T – температура, m – масса, μ – масса одного киломоля, $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная.

Уравнение Майера связывает молярные теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме: $C_p - C_v = R$, где $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная.

Уравнения Пуассона связывают попарно давление, объем и температуру при *адиабатическом процессе*: $TV^{\gamma-1} = \text{const}$, $pV^\gamma = \text{const}$, $T^\gamma/p^{\gamma-1} = \text{const}$. Здесь $\gamma = c_p/c_v$ – отношение газовых теплоемкостей.

Энтропией называется функция состояния системы, дифференциал которой равен отношению элементарного количества теплоты, полученного системой в элементарном обратимом процессе, к температуре. При неравновесном теплообмене в изолированной системе энтропия системы возрастает.

Перечень основных таблиц физических величин

Основные и дополнительные единицы СИ

| Величина | Наименование | Обозначение |
|-------------------------------|--------------|-------------|
| Основные | | |
| Длина | метр | м |
| Масса | килограмм | кг |
| Время | секунда | с |
| Сила электрического тока | ампер | А |
| Термодинамическая температура | | |
| Сила света | кельвин | К |
| Количество вещества | кандела | кд |
| | моль | моль |
| Дополнительные | | |
| Плоский угол | радиан | рад |
| Телесный угол | стерадиан | ср |

Множители и приставки для образования десятичных, кратных и дольных единиц и их наименования.

| Множитель | Приставка | | |
|------------|--------------|-------------|---------------|
| | Наименование | Обозначение | |
| | | Русское | Международное |
| 10^{18} | экса | Э | E |
| 10^{15} | пета | П | P |
| 10^{12} | тера | Т | T |
| 10^9 | гига | Г | G |
| 10^6 | мега | М | M |
| 10^3 | кило | к | k |
| 10^2 | гекто | г | h |
| 10^1 | дека | да | da |
| 10^{-1} | деци | д | d |
| 10^{-2} | санتي | с | c |
| 10^{-3} | милли | м | m |
| 10^{-6} | микро | мк | μ |
| 10^{-9} | нано | н | n |
| 10^{-12} | пико | п | p |
| 10^{-15} | фемто | ф | f |
| 10^{-18} | атто | а | a |

Основные физические константы

| | |
|---|--|
| Скорость света в вакууме | $c = 299792458$ м/с |
| Постоянная Авогадро | $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹ |
| Молярная газовая постоянная | $R = 8,31$ Дж/(моль·К) |
| Постоянная Больцмана | $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К |
| Элементарный заряд | $e = 1,601892 \cdot 10^{-19}$ Кл |
| Масса покоя электрона | $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг |
| Удельный заряд электрона | $e/m_e = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг |
| Масса покоя протона | $m_p = 1,007276470$ а.е.м. |
| Масса покоя нейтрона | $m_n = 1,008665012$ а.е.м. |
| Электрическая постоянная | $\epsilon_0 = 10^{-9}/36\pi$ Ф/м $\approx 8,84$ Ф/м |
| Магнитная постоянная | $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м $\approx 12,57 \cdot 10^{-7}$ Гн/м |
| Постоянная Стефана-Больцмана | $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴) |
| Постоянная смещения Вина | $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К |
| Постоянная Планка | $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с |
| Число «пи» | $\pi = 3,14159\dots$ |
| Основание натуральных логарифмов | $e = 2,71828\dots$ |
| Связь десятичного и натурального логарифмов | $\ln a \approx 2,3 \lg a; \quad \lg a \approx 0,43 \ln a$ |

Греческий алфавит

| Печатная буква | Название | Печатная буква | Название |
|----------------|----------|----------------|----------|
| Αα | альфа | Νν | ню |
| Ββ | бета | Ξξ | кси |
| Γγ | гамма | Οο | омикрон |
| Δδ | дельта | Ππ | пи |
| Εε | эпсилон | Ρρ | ро |
| Ζζ | дзэта | Σσς | сигма |
| Ηη | эта | Ττ | тау |
| Θθ | тэта | Υυ | ипсилон |
| Ιι | йота | Φφ | фи |
| Κκ | каппа | Χχ | хи |
| Λλ | лямбда | Ψψ | пси |
| Μμ | мю | Ωω | омега |

Плотность вещества, кг/м³ (t = 20 °С)

| | | | |
|--------------------------------|----------|------------------|-----------|
| Алюминий | 2700 | Керосин | 820 |
| Бензин | 680-720 | Глицерин | 1284 |
| Никель | 8900 | Лед при 0°С | 917 |
| Железо | 7870 | Масло касторовое | 960 |
| Олово | 7300 | Спирт этиловый | 789 |
| Вода при 4 °С | 1000 | Медь | 8930 |
| Воздух при нормальных условиях | 1,29 | Сталь | 7700-7900 |
| Дерево сухое: | 600-800 | Ртуть | 13546 |
| | | Свинец | 11342 |
| | | | |
| Дуб | 700-1000 | | |
| Тополь | 300-500 | | |

Динамическая вязкость некоторых веществ, Па · с

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Вода (0 ⁰ С) | 0,001787 |
| (20 ⁰ С) | 0,001005 |
| (100 ⁰ С) | 0,00028 |
| Воздух (0 ⁰ С) | 0,0000181 |
| Глицерин (20 ⁰ С) | 1,5 |
| Жир рыбий (20 ⁰ С) | 0,046 |
| Кровь (20 ⁰ С) | 0,005 |
| Масло касторовое (20 ⁰ С) | 0,970 |
| Молоко (20 ⁰ С) | 0,0018 |
| Спирт этиловый (0 ⁰ С) | 0,001773 |
| (20 ⁰ С) | 0,0012 |

Вязкость водного раствора глицерина, Па · с

| | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| t, ⁰ С | 60 % | 80 % | 95 % | 100 % |
| 20 | 0,011 | 0,062 | 0,545 | 1,499 |
| 25 | 0,008 | 0,045 | 0,366 | 0,945 |
| 30 | 0,007 | 0,034 | 0,248 | 0,624 |

Таблица зависимости от температуры вязкости касторового масла

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T, К | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 |
| η, Па·с | 2,44 | 2,25 | 2,05 | 1,85 | 1,70 | 1,55 | 1,42 | 1,30 |

| | | | | | | | |
|---------|------|------|-------|------|------|------|------|
| T, К | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 |
| η, Па·с | 1,18 | 1,08 | 0,987 | 0,91 | 0,85 | 0,78 | 0,72 |

Удельное электрическое сопротивление при 20⁰ С, Ом·м

| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|
| Алюминий | $2,8 \cdot 10^{-8}$ | Железо | $9,8 \cdot 10^{-8}$ |
| Медь | $1,7 \cdot 10^{-8}$ | Кровь | 1,66 |
| Жидкость спинномозговая | 0,55 | Ртуть | $0,958 \cdot 10^{-6}$ |
| Кожа сухая | 10^5 | Спирт этиловый | $10^4 - 10^5$ |
| Ткань мозговая и нервная | 14,3 | Ткань жировая | 33,3 |
| Ткань мышечная | 2 | Вода | $10^3 - 10^4$ |

Работа выхода электронов из металлов

| | | |
|---------|--------|--------------------------|
| Калий | 2,2эВ | $3,5 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Литий | 2,3эВ | $3,7 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Натрий | 2,5эВ | $4,9 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Платина | 6,3 эВ | $10,1 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Серебро | 4,7эВ | $7,5 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Цинк | 4,0эВ | $6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж |

Единицы физических величин СИ, имеющие собственные наименования

| | | | |
|---|-------------------|-----------|------|
| Длина | l | метр | м |
| Масса | m | килограмм | кг |
| Время | t | секунда | с |
| Плоский угол | φ, α | радиан | рад |
| Телесный угол | φ, α | стерадиан | ср |
| Сила, вес | F, P | ньютон | Н |
| Давление | p | паскаль | Па |
| Напряжение (механическое) | σ | паскаль | Па |
| Модуль упругости | E | паскаль | Па |
| Работа, энергия | A, W, E | джоуль | Дж |
| Мощность | N, P | ватт | Вт |
| Частота колебаний | ν, f | герц | Гц |
| Термодинамическая температура | T | кельвин | К |
| Теплота, количество теплоты | Q | джоуль | Дж |
| Количество вещества | ν | моль | моль |
| Электрический заряд | q | кулон | Кл |
| Сила тока | I | ампер | А |
| Потенциал электрического поля, электрическое напряжение | φ, U | вольт | В |
| Электрическая емкость | C | фарад | Ф |
| Электрическое сопротивление | R | ом | Ом |
| Электрическая проводимость | G | сименс | См |
| Магнитная индукция | B | тесла | Тл |
| Магнитный поток | Φ | вебер | Вб |
| Индуктивность | L | генри | Гн |
| Сила света | E | канделла | Кд |
| Световой поток | Φ | люмен | Лм |
| Освещенность | Ω | люкс | Люкс |
| Поток излучения | Φ | ватт | Вт |
| Поглощенная доза излучения (доза излучения) | D | грей | Гр |
| Активность изотопа | A | беккерель | Бк |

Масса и энергия покоя некоторых частиц

| Частица | m_0 | | E_0 | |
|----------|-------------------------|----------|------------------------|-------|
| | кг | а. е. м. | Дж | МэВ |
| Электрон | $9,11 \times 10^{-31}$ | 0,00065 | $8,16 \times 10^{-14}$ | 0,511 |
| Протон | $1,672 \times 10^{-27}$ | 1,00728 | $1,5 \times 10^{-10}$ | 938 |
| Нейтрон | $1,675 \times 10^{-27}$ | 1,00867 | $1,51 \times 10^{-10}$ | 939 |

СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

а) основная литература:

1. ЭБС "Znanium": Ильюшонок, А. В. Физика : учеб. пособие / А. В. Ильюшонок [и др.]. - Москва : Минск : ИНФРА-М : Новое знание, 2013. - 600 с. - (Гр. Республики Беларусь).
2. ЭБС "Znanium": Хавруняк, В. Г. Курс физики : учеб. пособие / В. Г. Хавруняк. - Москва : ИНФРА-М, 2014. - 400 с. - (Гр. НМС).
3. ЭБС "Znanium": Канн К. Б. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с.
4. ЭБС "Znanium": Кузнецов, С. И. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика : учеб. пособие / С. И. Кузнецов. - 4-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М : Вузовский вестник, 2014. - 248 с. - (Гр. НМС).
6. Трофимова, Т. И. Физика : учебник для студентов вузов по техн. направлениям подготовки / Т. И. Трофимова. - М. : Академия, 2012. - 320 с.
7. Грабовский, Р. И. Курс физики : учеб. пособие для студентов вузов по естественнонауч. и техн. направлениям и специальностям / Р. И. Грабовский ; Р. И. Грабовский. - 12-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.).
8. ЭБ "Труды ученых СтГАУ": Любая, С. И. Курс лекций по физике [электронный полный текст] : для студентов по направлению 35.03.04 - Агрономия / С. И. Любая ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 13,1 МБ.
9. Любая, С. И. Физика : курс лекций (направление 35.03.04 - Агрономия) / С. И. Любая ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2015. - 142 с. - (85 лет СтГАУ).
10. Практикум по электричеству и магнетизму : учеб. пособие для студентов вузов по специальностям: 1100201.65 "Агрономия", 110203.65 "Защита растений", 250203.65 "Садово-парковое и ландшафтное стр-во" и направлениям: 110200.62 "Агрономия (бакалавр с.х.)", 020800.62 "Экология и природопользование (бакалавр с.х.)", 110110.62 "Агрехимия и агропочвоведение (бакалавр с.х.)", 020700.62 "Почвоведение (бакалавр)" / О. С. Копылова [и др.]; СтГАУ. - Ставрополь, 2011. - 54 с.
11. ЭБ "Труды ученых СтГАУ": Практикум по физике [электронный полный текст] : по направлению 35.03.04 «Агрономия» / С. И. Любая, Г. П. Стародубцева, М. А. Афанасьев, О. С. Копылова ; СтГАУ. - Ставрополь, 2016. - 3,02 МБ.
12. Практикум по физике : для студентов очного обучения по направлению 35.03.04 - Агрономия / С. И. Любая, Г. П. Стародубцева, М. А. Афанасьев, О. С. Копылова ; СтГАУ. - Ставрополь, 2016. - 156 с.

б) дополнительная литература:

1. ЭБС "Znanium": Врублевская, Г. В. Физика. Практикум : учеб. пособие / Г. В. Врублевская [и др.]. - Москва ; Минск : ИНФРА-М : Новое знание, 2012. - 286 с.
2. ЭБС "Znanium": Акименко С. Б. Физика и естествознание. Практические работы: Учебное пособие / С.Б. Акименко, О.А. Яворук. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 52 с.: 60x88 1/16.
3. ЭБС "Znanium": Крынецкий И. Б. Общая физика: руководство по лабораторному практикуму: Учебное пособие / Под ред. И.Б. Крынецкого, Б.А. Струкова. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 596 с.
4. Трофимова, Т. И. Курс физики. Задачи и решения : учеб. пособие для студентов вузов по техн. направлениям и специальностям / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. - 4-е изд., испр. - М. : Академия, 2011. - 592 с. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Гр.).
5. Трофимова, Т.И. Курс физики. Задачи и решения: учеб. пособие для студентов вузов по техн. направлениям и специальностям /Т.И. Трофимова, А.В. Фирсов. – 3-е изд., испр. – М.: Академия, 2010. – 592 с.
6. Учебно-методическое пособие по физике : для студентов очной формы обучения по направлениям: 110400.62 - Агрономия, 022000.62 - Экология и природопользование / С. И. Любая [и др.] ; СтГАУ. - Ставрополь, 2012. - 125 с.

7. Расчетно-графические работы по физике : учеб. пособие для студентов по направлениям: 110800.62 - Агрономия, 022000.62 - Экология и природопользование, 250700.62- Ландшафтная архитектура, 260100.62 - Продукты питания животного происхождения / П. В. Никитин [и др.] ; СтГАУ. - Ставрополь, 2012. - 54 с.
8. Практикум по механике и молекулярной физике : учеб. пособие для студентов вузов / С. И. Любая [и др.] ; СтГАУ. - Ставрополь, 2010. - 56 с.
9. Вестник АПК Ставрополя (периодическое издание).

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. <http://class-fizika.narod.ru/>
2. <http://interfizika.narod.ru/>
3. <http://www.virtulab.net/>
4. <http://physics.ru/>
5. <http://www.all-fizikaa.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|------------|
| Введение..... | 3 |
| Цели и задачи освоения дисциплины..... | 4 |
| ГЛАВА 1 Лабораторный практикум..... | 6 |
| Элементы теории погрешностей..... | 6 |
| <i>Лабораторная работа №1</i> | |
| Определение момента инерции тел сложной геометрической формы..... | 12 |
| <i>Лабораторная работа № 2</i> | |
| Физический маятник | 16 |
| <i>Лабораторная работа № 3</i> | |
| Определение коэффициента динамической вязкости жидкости..... | 19 |
| <i>Лабораторная работа № 4</i> | |
| Определение влажности воздуха..... | 23 |
| <i>Лабораторная работа № 5</i> | |
| Исследование электрического поля..... | 26 |
| <i>Лабораторная работа № 6</i> | |
| Градуировка термоэлемента..... | 31 |
| <i>Лабораторная работа № 7</i> | |
| Изучение температурной зависимости сопротивления проводника и полупроводника..... | 34 |
| <i>Лабораторная работа № 8</i> | |
| Определение оптической силы линзы..... | 40 |
| <i>Лабораторная работа № 9</i> | |
| Определение показателя преломления жидкости с помощью рефрактометра..... | 45 |
| ГЛАВА 2 Методика решения задач..... | 50 |
| <i>Алгоритм решения задач.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Примеры решения задач.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Указания к выполнению контрольных работ.....</i> | <i>56</i> |
| <i>Примерные варианты контрольных работ.....</i> | <i>57</i> |
| ГЛАВА 3 Организация самостоятельной работы..... | 83 |
| <i>Работа с книгой.....</i> | <i>83</i> |
| <i>Конспектирование.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Работа на лекции.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Подготовка к практическому и лабораторному занятиям.....</i> | <i>85</i> |
| <i>Написание рефератов и докладов.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Подготовка к зачету и экзамену.....</i> | <i>86</i> |
| Тесты для самоконтроля..... | 88 |
| <i>Приложение 1 Глоссарий.....</i> | <i>100</i> |
| <i>Приложение 2 Перечень основных таблиц физических величин.....</i> | <i>112</i> |
| Список литературы..... | 116 |