

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

Физико-математический факультет

Кафедра общей и теоретической физики

**КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА**

Методические указания

Тирасполь- 2016

УДК 53(072.8)
ББК В3р30
Ф50

Составители:

В.Н. Чебан, к.ф.-м. н., доцент кафедры Общей и теоретической физики,

В.Б. Харатян., главный специалист кафедры Общей и теоретической физики

Рецензенты:

Е.И. Брусенская., к.ф.-м. н., доцент кафедры Общей и теоретической физики ПГУ им. Т.Г. Шевченко,

К.Д. Ляхомская., к.ф.-м. н., доцент кафедры Квантовой радиофизики и систем связи ПГУ им. Т.Г. Шевченко

Контрольные работы по физике для студентов заочного отделения инженерно-технического института: Методические указания / Сост.:
В.Н. Чебан, В.Б. Харатян Тирасполь. 2016. 60 с. Электронный вариант

Данное методическое пособие разработано для студентов заочного отделения инженерно-технического института направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пособие должно помочь студентам приобрести навыки решения задач по данной дисциплине. В пособие вошли наиболее интересные задачи, по разделам «Физические основы механики», «Электричество и магнетизм». К данным разделам даются основные формулы, применяемые для решения задач, примеры решения различных типов задач на каждую тему, вопросы для экзамена, список рекомендуемой литературы.

Рекомендовано Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© В.Н. Чебан, В.Б. Харатян, составление 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение_____	4
2. Общие методические указания_____	5
3. Решение задач_____	6
4. Требования к оформлению контрольной работы_____	8
5. Основные формулы_____	10
6. Примеры решения задач_____	20
7. Вопросы для экзамена_____	42
8. Рекомендуемая литература_____	45
9. Варианты контрольных работ_____	46
10.Контрольные задания_____	47

1. ВВЕДЕНИЕ

Физика – наука о природе, о наиболее общих свойствах материи и законах ее движения. До XII века человечество обладало лишь отрывочными сведениями о некоторых физических явлениях. В XVII-XVIII веках физика начала интенсивно развиваться благодаря таким гениям как Галилей, Декарт, Гюйгенс, Ньютон, Ломоносов и др. В это время были заложены основы механики, гидродинамики электростатики. Еще большее развитие физика (особенно разделы электричество, оптика, термодинамика) получила в XIX веке. В середине XIX века был открыт фундаментальный закон природы - закон сохранения энергии. В XX веке было открыто строение атома, ядра, созданы квантовая механика, теория относительности. В наши дни физическая наука продолжает развиваться.

Основными методами исследования физических явлений является опыт, гипотеза, эксперимент и теория. На основании наблюдений, опытов ученые строят гипотезу, цель которой объяснить наблюдаемые свойства материи или закономерности ее движения. Обобщение гипотезы приводит к построению теории, ценность которой в том, что она позволяет не только объяснить известные явления, но и предсказать новые. Так созданная Максвеллом электромагнитная теория предсказала существование электромагнитных волн.

Физика является фундаментальной наукой. Она тесно связана с химией, математикой, биологией, геологией. Законы физики лежат в основе всех разделов техники. Такие области техники, как электротехника и радиотехника, атомная техника и многие другие, развились на базе открытий физики. На их базе разрабатываются новые конструктивные, магнитные, полупроводниковые, сегнетоэлектрические, сверхпроводящие и другие материалы, используемые для создания принципиально новой техники. Большой вклад вносит физика в развитие мощной энергетики, космических исследований, в создание современной вычислительной техники, т.е. в те

области, которые служат базой современного научно-технического прогресса.

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Учебная работа студента–заочника по изучению физики складывается из следующих основных этапов: участия в лабораторно-экзаменационной сессии, самостоятельного изучения теоретических вопросов физики по учебникам и учебным пособиям, решения задач, выполнения лабораторных работ, выполнения контрольных работ, сдачи зачетов и экзаменов.

Самостоятельная работа по учебникам и учебным пособиям является главным видом работы студента-заочника. Студентам рекомендуется:

1) изучать курс физики систематически в течение всего учебного процесса. Изучение физики в сжатые сроки перед экзаменом не даст глубоких и прочных знаний.

2) необходимо выбрать какое-либо учебное пособие или учебник в качестве основного по определенной части физики и придерживаться данного пособия при изучении всей части физики или, по крайней мере, ее раздела. Замена одного пособия другим в процессе изучения может привести к утрате логической связи между отдельными вопросами. Но, если основное пособие не дает полного или ясного ответа на некоторые вопросы программы, необходимо использовать другие учебники или учебные пособия.

3) при чтении учебного пособия необходимо составить конспект, в котором записывать законы и формулы, выражающие эти законы, определения физических величин и единицы их измерения, решать типовые задачи и делать чертежи. При решении задач следует пользоваться Международной системой единиц измерения (СИ).

4) самостоятельную работу по изучению физики подвергать систематическому самоконтролю. Для этого после изучения раздела физики следует составить вопросы и отвечать на них. При этом надо пользоваться рабочей программой физики, экзаменационными вопросами.

5) прослушать курс лекций по физике, организуемый для студентов-заочников. Пользоваться очными консультациями преподавателей.

3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Систематическое решение задач - необходимое условие успешного изучения курса физики. Решение задач помогает уяснить физический смысл явлений, закрепляет в памяти формулы, прививает навыки практического применения теоретических знаний.

Разумеется, общего алгоритма решения задач нет, но необходимо придерживаться определенного порядка действий. Можно рекомендовать следующий порядок.

1) Решение задач начинается с внимательного чтения ее условия с одновременным анализом физических законов, описывающих рассматриваемые явления. Наиболее продуктивно использовать на этом этапе графический прием работы (рисунок, чертеж, схема). Графическая схема должна отражать процессы и явления в динамике, для чего обычно необходимо сделать два рисунка: один соответствующий началу явления, описанного в условии задачи, другой – его окончания. Рисунок надо выполнить аккуратно при помощи чертежных принадлежностей. Обозначения на чертеже и в решении должны соответствовать.

2) В результате анализа условия задачи устанавливается круг физических явлений, воспроизводятся по памяти, относящиеся к этим явлениям закономерности, обращается особое внимание на различного рода

допущения, которые следуют из условия задачи или должны быть сделаны в ходе решения.

3) Надо иметь в виду, что в задачах не всегда указываются все данные, необходимые для получения ответа, недостающие данные студент сам должен ввести из справочных таблиц, когда станет очевидной их необходимость.

4) Указать основные законы и формулы, на которых основано решение задачи, и дать словесную формулировку этих законов, разъяснить буквенные обозначения, что употребляются при написании формул. Если при решении задач применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-либо физической величины, то ее следует вывести.

5) Решение задачи сопровождается краткими, но исчерпывающими пояснениями.

6) Решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи и взятых из справочных таблиц. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.

7) Подставить в рабочую формулу размерности или сокращенные обозначения единиц и убедиться в правильности размерности искомой величины.

8) Подставить в рабочую формулу числовые значения величин, выраженных в Международной системе (СИ).

9) Произвести вычисление искомой величины, используя рабочую формулу и руководствуясь правилами приближенного вычисления.

10) Записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование единицы искомой величины.

11) При подстановке в рабочую формулу, а также при записи ответа числовые значения величин записываются в стандартной форме. В стандартной форме первую значащую цифру числа ставят в разряде единиц, а остальные - в десятичные разряды после запятой. Полученное число

умножается на 10^n , где n -соответствующее целое положительное или отрицательное число. Например, число 1987 в стандартной форме запишется в виде $1,987 \cdot 10^3$, а число 0,00124 - в виде $1,24 \cdot 10^{-3}$.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

К выполнению контрольных работ по каждому разделу физики студент-заочник должен приступить только после изучения теоретического материала, соответствующего данному разделу программы.

1) Контрольные работы необходимо выполнить в сроки, установленные графиком и сдать на проверку до начала экзаменационной сессии.

2) Титульный лист контрольной работы оформляется по форме:

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Т.Г ШЕВЧЕНКО

Заочное отделение

Факультет, институт _____ Группа _____

Специальность _____

Дисциплина (раздел) _____ Вариант _____

Ф.И.О. студента _____

Дата поступления контрольной работы на проверку _____

Ф.И.О. преподавателя _____

3) Контрольная работа выполняется чернилами или шариковой ручкой, нельзя использовать красные чернила. Каждую следующую задачу следует начинать с новой страницы, оставляя место для рецензирования..

4) Условия задач нужно переписывать полностью. Затем записать краткое условие задачи.

5) Решение задач необходимо сопровождать исчерпывающими, но краткими объяснениями, раскрывающими физический смысл использованных формул и выполнять согласно правилам, изложенным в параграфе “Решение задач“.

6) В конце контрольной работы необходимо указать, какие учебники или учебные пособия были использованы при изучении физики (название учебника, автор, год издания). Это дает возможность рецензенту, в случае необходимости указать, что студенту следует учесть и изучить для завершения контрольной работы.

7) Контрольная работа будет зачтена, если все задачи решены верно и в их решении не содержатся ошибки принципиального характера. В случае если контрольная работа при рецензировании не зачтена, она возвращается студенту для полной или частичной переработки. Студент обязан представить ее на повторное рецензирование, включив в нее новые решения тех задач, в которых обнаружены ошибки. Не разрешается исправлять ошибки в первоначальном тексте, который уже был проверен рецензентом.

8) Повторная работа рецензируется только если к ней будет приложена незачтенная ранее работа и учтены замечания, данные преподавателем при первом рецензировании.

9) Перед зачетом или экзаменом проводится собеседование по контрольной работе. Студент должен дать все необходимые объяснения по решенным задачам. Такие собеседования служат не только для контроля за работой студента, но и для оказания ему помощи в самостоятельной работе.

5. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

КИНЕМАТИКА

- Средняя скорость $v_{cp} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$

где Δr -перемещение материальной точки за время Δt

- Средняя путевая скорость

$$v_{cp} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

где Δs -путь, пройденный материальной точки за время Δt

- Мгновенная скорость

$$v = \frac{dr}{dt}$$

- Модуль скорости

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

где v_x, v_y, v_z -проекция скорости v на оси координат

- Ускорение $a = \frac{dv}{dt}$

- Модуль ускорения

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

- При криволинейном движении ускорение можно представить как сумму нормальной a_n и тангенциальной a_τ составляющих

$$a = a_n + a_\tau$$

- Модули ускорений

$$a_n = \frac{v^2}{R}; \quad a_\tau = \frac{dv}{dt} \quad ; \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

где R -радиус кривизны в данной точке траектории

- Кинематическое уравнение равномерного движения материальной точки вдоль оси x $x = x_0 + vt$

где x_0 -начальная координата

- Кинематическое уравнение равнопеременного движения материальной точки вдоль оси x

$$x = x_0 + v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

где v_0 - начальная скорость

- Скорость точки при равнопеременном движении

$$v = v_0 \pm at$$

- Угловая скорость

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

- Угловое ускорение

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$$

- Кинематическое уравнение равнопеременного вращения

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

- Угловая скорость при равнопеременном вращении

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

- Связь между линейными и угловыми величинами

$$v = \omega R$$

$$a_\tau = \varepsilon R, \quad a_\tau = [\varepsilon R]$$

$$a_n = \omega^2 R, \quad a_n = -\omega^2 R$$

ДИАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И ТЕЛА ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОСТУПАТЕЛЬНО

- Основное уравнение динамики поступательного движения (второй закон Ньютона)

$$\frac{dp}{dt} = \sum_{i=1}^n F_i, \quad ma = \sum_{i=1}^n F_i$$

где $\sum_{i=1}^n F_i$ - геометрическая сумма сил действующих на материальную точку

- Сила упругости $F_{упр} = -kx$

где k - коэффициент упругости

x - абсолютная деформация

- Сила гравитационного взаимодействия

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

где G - гравитационная постоянная

- Сила трения скольжения $F_{тр} = fN$

где f - коэффициент трения скольжения

- Закон сохранения импульса

$$\sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i = const, \quad \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = const$$

- Работа, совершаемая постоянной силой

$$A = Fr \cos \alpha$$

где α - угол между направлением силы и перемещением

- Работа, совершаемая переменной силой

$$A = \int F(r) \cos \alpha dr$$

где интегрирование ведется вдоль траектории

- Мгновенная мощность

$$N = \frac{dA}{dt}, \text{ или } N = Fv \cos \alpha$$

- Кинетическая энергия материальной точки, движущейся поступательно

$$T = \frac{mv^2}{2}, \text{ или } T = \frac{p^2}{2m}$$

- Потенциальная энергия упругодеформированного тела

$$\Pi = \frac{kx^2}{2}$$

- Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия

$$\Pi = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

- Потенциальная энергия тела, находящегося в однородном поле силы тяжести

$$П = mgh$$

- Закон сохранения энергии

$$T + П = const$$

ДИНАМИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ

- Момент силы относительно неподвижной точки

$$M = [rF]$$

где \mathbf{r} - радиус-вектор, проведенный из этой точки в точку приложения силы \mathbf{F} .

- Модуль момента силы $M = Fl$

где l - плечо силы

- Момент импульса

$$L = [rp]$$

- Модуль момента импульса $L = pl$

где l - плечо импульса

- Момент инерции материальной точки

$$J = mr^2$$

где r - расстояние до оси вращения

- Момент инерции системы (тела)

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

- Моменты инерции некоторых тел правильной геометрической формы относительно оси симметрии:

а) полый тонкостенный цилиндр

$$J = mR^2$$

б) сплошной цилиндр

$$J = \frac{1}{2} mR^2$$

в) шар

$$J = \frac{2}{5} mR^2$$

- Момент инерции тела относительно произвольной оси параллельно оси проходящей через центр масс тела (теорема Штейнера)

$$J = J_c + ma^2$$

где a - расстояние между осями

- Кинетическая энергия вращающегося тела

$$T = \frac{J\omega^2}{2}$$

- Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела

$$M_Z = I\varepsilon \quad \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$$

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

- Уравнение идеальных гармонических механических колебаний

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

где A -амплитуда, ω_0 -циклическая частота, φ - начальная фаза

- Период колебаний математического маятника

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

- Период колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

- Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_1||Q_2|}{\epsilon r^2}$$

где F - сила взаимодействия двух точечных зарядов Q_1 и Q_2

$\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м –электрическая постоянная

ϵ -диэлектрическая проницаемость среды

r -расстояние между зарядами

- Напряженность поля точечного заряда

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r^2}$$

- Потенциал поля точечного заряда

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r}$$

- Принцип суперпозиции полей

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i$$

- Напряженность поля равномерно заряженной бесконечной плоскости

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$$

- Напряженность поля сферы

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r^2} \quad \text{при } r \geq R$$

$$E = 0 \quad \text{при } r < R$$

где R -радиус сферы

- Напряженность поля шара

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r^2} \quad \text{при } r \geq R$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon R^3} r \quad \text{при } r \leq R$$

где R -радиус шара

- Работа совершаемая силами поля при перемещении заряда

$$A_{12} = Q_0(\varphi_1 - \varphi_2)$$

- Электроемкость уединенного проводника

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

- Электроемкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

- Электроемкость сферического конденсатора

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$

- Электроемкость цилиндрического конденсатора

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

- Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{C(\Delta\varphi)^2}{2} = \frac{Q\Delta\varphi}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

- Сила и плотность электрического тока

$$I = \frac{dQ}{dt}; \quad j = \frac{I}{S_{\perp}}$$

где S –площадь поперечного сечения проводника

- Плотность тока в проводнике

$$\mathbf{j} = ne\langle \mathbf{v} \rangle$$

- Сопротивление однородного линейного проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

где ρ - удельное сопротивление проводника

l - длина проводника

S - площадь поперечного сечения

- Закон Ома:

для однородного участка цепи

$$I = \frac{U}{R}$$

для неоднородного участка цепи

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon}{R}$$

для замкнутой цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

- Закон Ома в дифференциальной форме

$$\mathbf{j} = \gamma \mathbf{E}$$

- Работа тока за время t

$$A = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t$$

- Мощность тока

$$P = IU = I^2R = \frac{U^2}{R}$$

- Закон Джоуля-Ленца

$$Q = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t$$

- Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме

$$w = jE = \gamma E^2$$

- Правила Кирхгофа

$$\sum_k I_k = 0$$

$$\sum_i I_i R_i = \sum_k \varepsilon_k$$

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

- Закон Био-Савара-Лапласа

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

- Принцип суперпозиции магнитных полей

$$\mathbf{B} = \sum_i \mathbf{B}_i$$

- Магнитная индукция поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I}{R}$$

- Магнитная индукция поля в центре кругового проводником с током

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

- Модуль силы Ампера

$$dF = IBdl \sin \alpha$$

- Модуль силы Лоренца

$$dF = QBv \sin \alpha$$

- Сила взаимодействия двух прямых бесконечных прямолинейных параллельных проводников с токами

$$dF = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{R} dl$$

- Закон Фарадея для электромагнитной индукции

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

- ЭДС. самоиндукции

$$\varepsilon_s = -L \frac{dI}{dt}$$

- Индуктивность соленоида

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l}$$

- Энергия магнитного поля тока

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

- Закон изменения силы тока в колебательном контуре

$$I = I_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

где I_m -амплитуда тока

ω_0 -циклическая частота

φ -начальная фаза

- Период колебаний в колебательном контуре (формула Томсона)

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

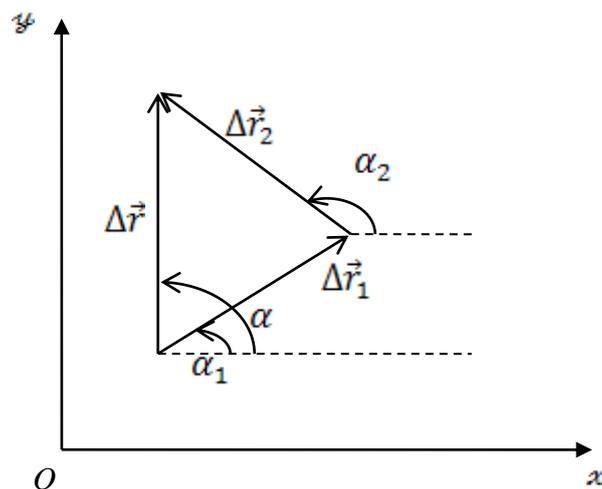
6. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 1

Тело совершает два последовательных, одинаковых по величине перемещения со скоростями $v_1 = 20$ м/с под углом $\alpha_1 = 60^\circ$ и $v_2 = 40$ м/с под углом $\alpha_2 = 120^\circ$ к заданному направлению. Найти среднюю скорость \vec{v}_{cp} .

Так как тело совершило два перемещения, то суммарное перемещение определяется равенством:

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}_1 + \Delta \vec{r}_2$$



$$\vec{v}_{cp} t = \vec{v}_1 t_1 + \vec{v}_2 t_2; \quad \vec{v}_{cp} = \frac{\vec{v}_1 t_1 + \vec{v}_2 t_2}{t}; \quad \vec{v}_{cp} = \frac{\vec{v}_1 \frac{\Delta r_1}{v_1} + \vec{v}_2 \frac{\Delta r_2}{v_2}}{\frac{\Delta r_1}{v_1} + \frac{\Delta r_2}{v_2}};$$

Так как $\Delta r_1 = \Delta r_2$

$$\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{v}_1 \frac{1}{v_1} + \vec{v}_2 \frac{1}{v_2}}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}}$$

В проекциях на выбранные направления, имеем:

$$v_{\text{ср}x} = \frac{v_1 \cos \alpha_1 \frac{1}{v_1} + v_2 \cos \alpha_2 \frac{1}{v_2}}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}} = \frac{\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}}$$

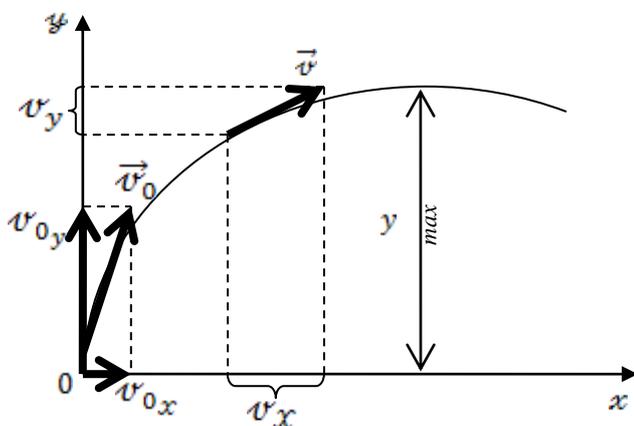
$$v_{\text{ср}y} = \frac{v_1 \sin \alpha_1 \frac{1}{v_1} + v_2 \sin \alpha_2 \frac{1}{v_2}}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}} = \frac{\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}}$$

Подставляя численные значения, получим:

$$v_{\text{ср}x} = 0; \quad v_{\text{ср}y} = 20 \frac{\sqrt{3}}{3} = 11,55 \text{ м/с}$$

Задача № 2

Тяжелое тело брошено с начальной скоростью v_0 , составляющей угол α с горизонтом. Определить форму траектории, высоту наибольшего подъема и дальность полета тела.



Разложим скорость v_0 на две составляющие по координатным осям:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases} \quad (1)$$

Движение тела можно рассматривать, как сумму двух движений:

а) равномерного вдоль горизонтальной оси Ox со скоростью:

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad (2)$$

б) равнопеременного по вертикальной оси Oy . Ускорение свободного падения g направлено вниз (в сторону, противоположную направлению оси Oy), поэтому составляющая скорости по этой оси в любой момент времени равны:

$$\begin{aligned} v_y &= v_{0y} - gt \\ v_y &= v_0 \sin \alpha - gt \end{aligned} \quad (3)$$

Координаты x и y как функции времени выразятся так:

$$\begin{cases} x = v_{0x}t = v_0 t \cos \alpha \\ y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (4)$$

Исключая из этих уравнений время, получим уравнение траектории движения:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - x^2 \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Вводя обозначения для постоянных коэффициентов

$$\operatorname{tg} \alpha = a; \quad \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = b$$

получим:

$$y = ax - bx^2$$

Это уравнение параболы. Таким образом, тело, брошенное под углом к горизонту, движется по параболе.

Найдем время t' подъема тела на наибольшую высоту. В высшей точке траектории $v_y = 0$, поэтому из уравнения (3) получим:

$$\begin{aligned} v_0 \sin \alpha - gt' &= 0 \\ t' &= \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \end{aligned} \quad (5)$$

Наибольшую высоту поднятия получим, подставив во второе уравнение выражения (4) значение t' из (5):

$$y_{max} = v_0 t' \sin \alpha - \frac{gt'^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin \alpha}{2g}$$

Тело упадет на горизонтальную плоскость через время

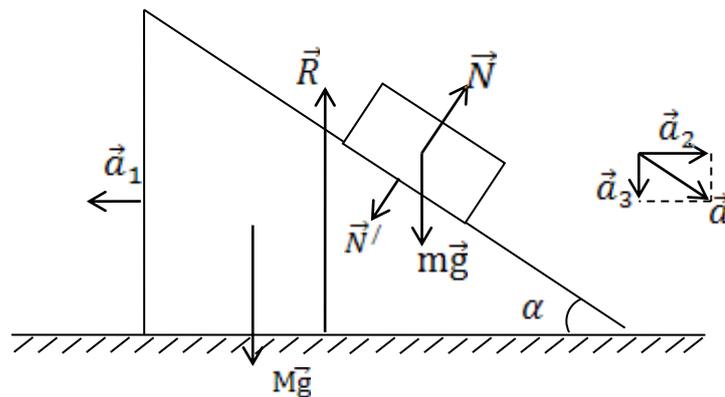
$$t = 2t' = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (6)$$

Дальность полёта получим, подставив значения t из (6) в уравнение (4) для x :

$$x_{max} = v_0 t \cos \alpha = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$$

Задача № 3

Груз массы m начинает скользить без трения с верхнего конца наклонной грани клина, лежащего на горизонтальной плоскости, причем между клином и плоскостью трение также отсутствует. Масса клина M , угол наклонной грани клина с горизонтом α . Найти ускорение груза и клина относительно плоскости, силу давления груза на клин и клина на плоскость.



Под действием горизонтальной составляющей силы давления груза клин движется влево относительно плоскости с ускорением a_1 , определяемым уравнением:

$$Ma_1 = N' \sin \alpha \quad (1)$$

В вертикальном направлении клин не движется, поэтому:

$$Mg - R + N' \cos \alpha = 0 \quad (2)$$

Ускорение груза $\mathbf{a} = \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3$

Тогда ускорение груза относительно плоскости в горизонтальном направлении $\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_1$, вертикальная составляющая \mathbf{a}_3 . Эти ускорения определяются уравнениями:

$$m(a_2 - a_1) = N \sin \alpha \quad (3)$$

$$ma_3 = mg - N \cos \alpha \quad (4)$$

Очевидно: $N' = N, \quad a_3 = a_2 \operatorname{tg} \alpha \quad (5)$

Из уравнений (4), (5), (3) и (1) находим силу давления груза на клин:

$$N = \frac{m Mg \cos \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} \quad (6)$$

Из уравнения (2) можно найти силу давления клина на плоскость:

$$R = Mg \left(1 + \frac{m \cos^2 \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} \right)$$

Из (1) и (6) найдем ускорение клина:

$$a_1 = \frac{mg \cos \alpha \sin \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} \quad (7)$$

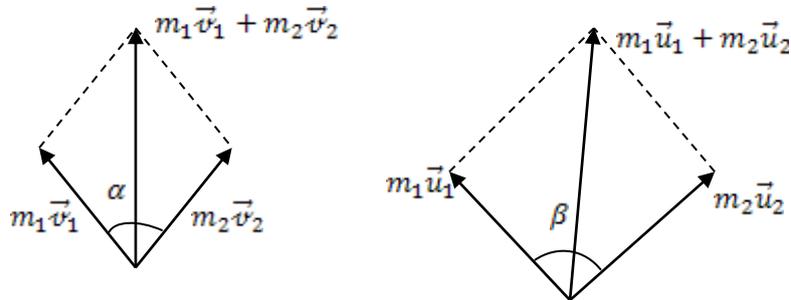
Из (3), (6), (7) получим горизонтальную составляющую ускорения груза относительно клина:

$$a_2 = \frac{(M + m)g \cos \alpha \sin \alpha}{M + m \sin^2 \alpha}$$

Задача № 4

Два костяных шарика одинаковой массы налетают друг на друга со скоростями \mathbf{v}_1 и \mathbf{v}_2 под углом α и разлетаются после абсолютно упругого

удара со скоростями u_1 и u_2 . Найти угол разлета β (т.е. угол между скоростями \vec{u}_1 и \vec{u}_2).



По законам сохранения ($m_1 = m_2 = m$)

$$\begin{cases} m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2 \\ \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mu_1^2}{2} + \frac{mu_2^2}{2} \end{cases}$$

После сокращения на m имеем:

$$\begin{cases} \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 \\ v_1^2 + v_2^2 = u_1^2 + u_2^2 \end{cases}$$

Но $m|\vec{v}_1 + \vec{v}_2|$ и $m|\vec{u}_1 + \vec{u}_2|$ суть величины диагоналей векторных параллелограммов, причем $m|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = m|\vec{u}_1 + \vec{u}_2|$, а тогда по теореме косинусов:

$$m^2|v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos(180^\circ - \alpha)| = m^2|u_1^2 + u_2^2 - 2u_1u_2\cos(180^\circ - \beta)|$$

Или:

$$v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos(180^\circ - \alpha) = u_1^2 + u_2^2 - 2u_1u_2\cos(180^\circ - \beta)$$

Так как:

$$\begin{aligned} v_1^2 + v_2^2 &= u_1^2 + u_2^2 \\ -2v_1v_2\cos(180^\circ - \alpha) &= -2u_1u_2\cos(180^\circ - \beta) \end{aligned}$$

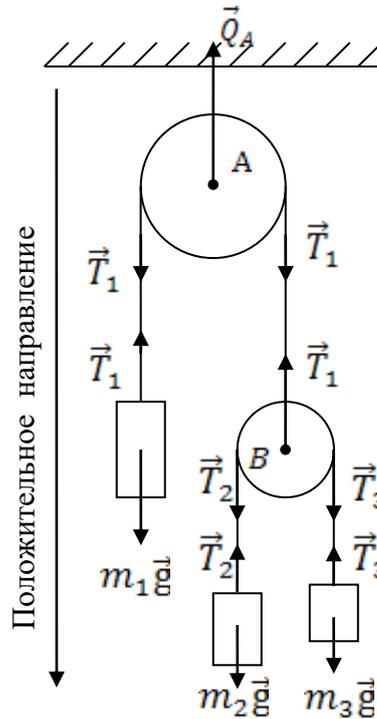
$$v_1 v_2 \cos \alpha = u_1 u_2 \cos \beta$$

Откуда:

$$\cos \beta = \frac{v_1 v_2 \cos \alpha}{u_1 u_2}$$

Задача № 5

Система грузов с m_1 , m_2 и m_3 изображена на рисунке. Блоки A и B и нити невесомы; $m_1 > m_2 + m_3$ и $m_2 > m_3$. Найти ускорения грузов относительно Земли и натяжение нитей.



Силы, действующие на тело, очевидны, поэтому:

$$m_1 \vec{g} + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a}_1 \quad (1)$$

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0 \quad (2)$$

$$m_2 \vec{g} + \vec{T}_2 = m_2 \vec{a}_2 \quad (3)$$

$$m_3 \vec{g} + \vec{T}_3 = m_3 \vec{a}_3 \quad (4)$$

$$\vec{a}_2 = \vec{a}_B + \vec{a}_3$$

$$\vec{a}_3 = \vec{a}_B + \vec{a}_3$$

где: \vec{a}_B - ускорение блока **Б** относительно земли,

\vec{a}_2 и \vec{a}_3 - ускорение 2-го и 3-го тела относительно блока **Б**.

$$\vec{a}_B = -\vec{a}_1$$

$$\vec{a}_2 = -\vec{a}_1 + \vec{a}_2$$

$$\vec{a}_3 = -\vec{a}_1 + \vec{a}_3$$

Учитывая, что $\vec{a}_2 = -\vec{a}_3$, получим, складывая эти равенства,

$$\vec{a}_2 + \vec{a}_3 = -2\vec{a}_1 \quad (5)$$

a_1 из-за $m_1 > (m_2 + m_3)$ направлено вниз. Что касается \vec{a}_2 и \vec{a}_3 , то \vec{a}_3 обязательно направлено при этом вверх из-за $m_2 > m_3$.

О направлении \vec{a}_2 ничего сказать нельзя до конца решения задачи.

Будем пока предполагать \vec{a}_2 направленным вниз.

Проецируя (1)-(5) на вертикаль, получим:

$$m_1 g - T_1 = m_1 a_1 \quad (6)$$

$$T_1 - 2T_2 = 0 \quad (7)$$

$$m_2 g - T_2 = m_2 a_2 \quad (8)$$

$$m_3 g - T_2 = -m_3 a_3 \quad (9)$$

$$a_2 - a_3 = -2a_1 \quad (10)$$

с учетом $T_1 = 2T_2$ по (7)

$$a_1 = g - \frac{2T_2}{m_1} \quad (11)$$

$$a_2 = g - \frac{T_2}{m_2} \quad (12)$$

$$-a_3 = g - \frac{T_2}{m_3} \quad (13)$$

$$-2a_1 = a_2 - a_3 \quad (14)$$

Складывая (12) и (13), получим:

$$a_2 - a_3 = 2g - T_2 \left(\frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} \right) \quad (15)$$

Подставляя a_1 из (11) в (14), получим:

$$a_2 - a_3 = -2g + \frac{4T_2}{m_1} \quad (16)$$

Приравнивая правые части (15) и (16), после преобразований имеем:

$$T_2 = \frac{4g}{\frac{4}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3}}$$

Зная T_2 , находим по (11),(12) и (13):

$$a_1 = g \left(1 - \frac{8}{4 + \frac{m_1}{m_2} + \frac{m_1}{m_3}} \right)$$

$$a_2 = g \left(1 - \frac{4}{\frac{4m_2}{m_1} + 1 + \frac{m_2}{m_3}} \right)$$

$$a_3 = g \left(\frac{4}{\frac{4m_3}{m_1} + \frac{m_3}{m_2} + 1} - 1 \right)$$

Выясним направление \vec{a}_2 .

Для того, чтобы \vec{a}_2 был направлен вниз, т.е. $a_2 > 0$, необходимо, чтобы:

$$1 - \frac{4}{\frac{4m_2}{m_1} + 1 + \frac{m_2}{m_3}} > 0$$

т.е. массы m_1 и m_2 должны удовлетворять соотношению:

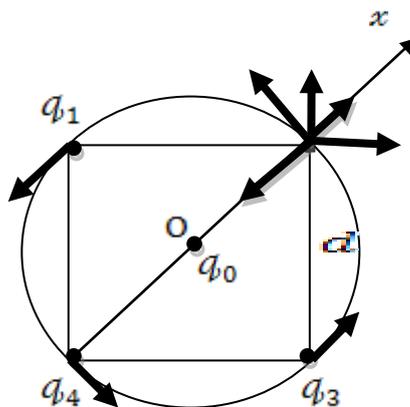
$$m_3 < \frac{m_1 m_2}{3m_1 - 4m_2}$$

В противном случае \vec{a}_2 направлен вверх.

Задача № 6

Определить угловую скорость вращения четырех зарядов $-q$, массой m , расположенных в углах квадрата со стороной d , движущихся по круговым орбитам. В центре квадрата расположен заряд $+q$. Взаимное расположение электронов при движении не изменяется.

Пусть $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = -q$; $q_0 = +q$



На заряд, расположенный в вершине квадрата, например q_2 , действуют четыре силы: со стороны зарядов q_1, q_3, q_4 действуют силы отталкивания $\vec{F}_1, \vec{F}_3, \vec{F}_4$, причем $\vec{F}_1 = \vec{F}_3$, а со стороны заряда $+q$ сила притяжения \vec{F}_0 . По второму закону Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_0$$

Заряды движутся по окружности, радиусы которых $r = \frac{d\sqrt{2}}{2}$, с постоянной

угловой скоростью ω_n и центростремительным ускорением $a_n = \frac{\omega^2 d\sqrt{2}}{2}$. В

проекциях на направление Ox второй закон Ньютона запишется в виде:

$$\frac{m\omega^2 d\sqrt{2}}{2} = F_0 - 2F_1 \cos 45^\circ - F_4$$

где:

$$F_0 = k \frac{q^2}{d^2}; \quad F_1 = k \frac{q^2}{d^2}; \quad F_4 = k \frac{q^2}{2d^2};$$

Тогда:

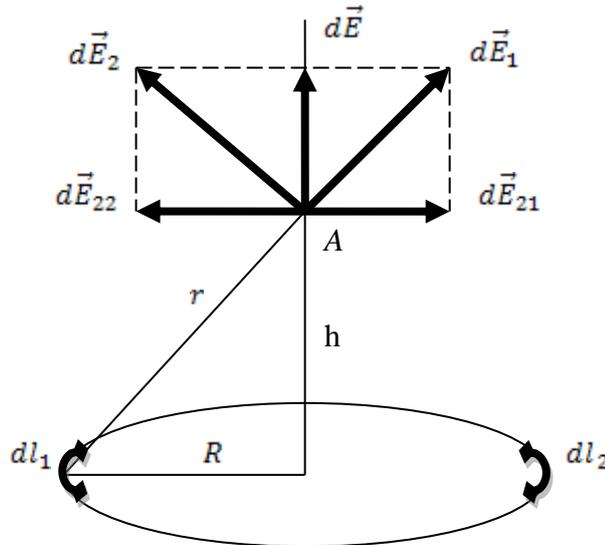
$$m\omega^2 d \frac{\sqrt{2}}{2} = k \frac{q^2}{d^2} \left(2 - \sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{d^2} \left(\frac{3}{2} - \sqrt{2} \right)$$

Отсюда получим:

$$\omega = \frac{q}{2d} \sqrt{\frac{(1,5 - \sqrt{2})\sqrt{2}}{\pi \varepsilon_0 m d}}$$

Задача № 7

Тонкое кольцо радиуса R заряжено равномерно с линейной плотностью τ . Определить напряженность электрического поля в вакууме: 1) на высоте h над кольцом по оси симметрии; 2) в центре кольца.



1) Разобьем кольцо на бесконечно малые элементы dl_i . Заряд такого элемента $dq = \tau dl$, и он создает в точке A поле напряженностью

$$dE_i = \frac{dq}{4\pi \varepsilon_0 r^2} = \frac{\tau dl}{4\pi \varepsilon_0 (R^2 + h^2)}$$

Разложим dE на две составляющие dE_{i_1} и dE_{i_2} . Сумма всех dE_{i_2} будет равна 0.

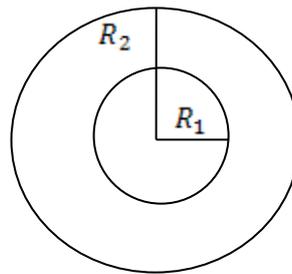
Тогда:

$$E = \int_l dE_{i_1} = \int dE_i \cos \alpha = \int_0^{2\pi R} \frac{\tau h dl}{4\pi \varepsilon_0 (R^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\tau R h}{2\varepsilon_0 (R^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$$

2) При $h = 0$, $E = 0$.

Задача № 8

Найти зависимость $E=E(r)$ поля, создаваемого непроводящим сферическим слоем с однородной объемной плотностью ρ заряда. Слой ограничен сферами радиусами R_1 и R_2 .



Условие статического распределения зарядов требует, чтобы внутри сферы напряженность поля равнялась нулю. Следовательно, при $r < R_1$ напряженность поля $E_1 = 0$.

Заряд сферы радиусом R_1

$$q_1 = \frac{4}{3} \pi R_1^3 \rho$$

Тогда заряд, содержащийся в сферическом слое толщиной $r - R_1$:

$$q = \frac{4}{3} \pi (r^3 - R_1^3) \rho$$

где: $R_2 > r > R_1$

Напряженность поля, создаваемого таким зарядом на расстоянии r от центра сферы:

$$E_2 = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi(r^3 - R_1^3)\rho}{r^2} = \frac{1}{3\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \left(r - \frac{R_1^3}{r^2}\right)\rho$$

где: ε - диэлектрическая проницаемость сферического слоя.

Заряд всего сферического слоя:

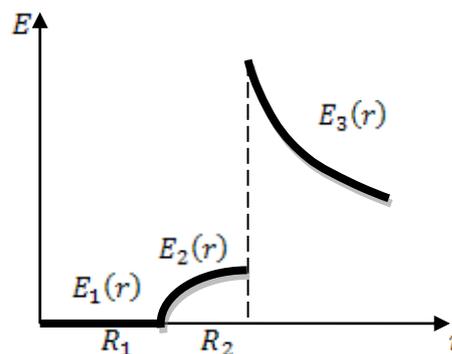
$$q = \frac{4}{3}\pi(R_2^3 - R_1^3)\rho$$

Напряженность поля в точках, находящихся на расстоянии $r > R_2$:

$$E_3 = \frac{\rho}{3\varepsilon'/\varepsilon_0} \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{r^2}$$

где: ε' - диэлектрическая проницаемость окружающей среды.

График зависимости $E = E(r)$ имеет вид:



Задача № 9

На плоский воздушный конденсатор подается разность потенциалов $U = 2\text{кВ}$. Размеры пластин $40 \times 60 \text{ см}$, расстояние между ними $d=0,5 \text{ см}$. после зарядки конденсатор отключают от источника и затем раздвигают его обкладки так, что расстояние между ними увеличилось вдвое.

Определить: а) работу по раздвижению обкладок; б) плотность энергии электрического поля до и после раздвижения обкладок.

Работа по раздвижению пластин равна изменению энергии заряженного конденсатора:

$$A = W_2 - W_1$$

$$\text{где: } W_1 = \frac{C_1 U_1^2}{2} \text{ и } W_2 = \frac{C_2 U_2^2}{2}$$

Так как конденсатор был отключен от источника, то заряд на его обкладках не изменялся, т.е.:

$$C_1 U_1 = C_2 U_2$$

Емкость конденсатора при первом положении обкладок:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

При раздвижении обкладок:

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{2d}$$

Тогда:

$$U_2 = \frac{U_1 C_1}{C_2} = 2U_1$$

Следовательно, работа по раздвижению обкладок:

$$\begin{aligned} A = W_2 - W_1 &= \frac{1}{2} (U_2^2 C_2 - U_1^2 C_1) = \frac{1}{2} \left(4U_1^2 \frac{C_1}{2} - U_1^2 C_1 \right) = \frac{1}{2} U_1^2 C_1 = \\ &= 84 \cdot 10^{-5} \text{ Дж} \end{aligned}$$

Плотность энергии электрического поля рассчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$$

Плотность энергии поля до раздвижения пластин:

$$\omega_1 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{U_1^2}{d_1^2}$$

Плотность энергии поля после раздвижения пластин:

$$\omega_2 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{U_2^2}{d_2^2}$$

но: $U_2 = 2U_1$, а $d_2 = 2d_1$.

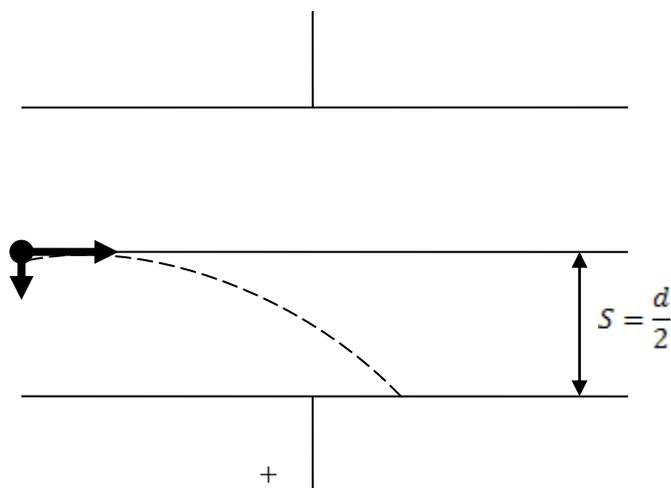
Поэтому:

$$\omega_2 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{U_1^2}{d_1^2}$$

т.е. плотность энергии не изменилась.

Задача № 10

Узкий пучок электронов, обладающий энергией 1600 эВ, проходит в вакууме посередине между пластинами плоского конденсатора. Какое минимальное напряжение необходимо подвести к пластинам, чтобы электроны не вышли за пределы пластин? Длина пластин $b = 2$ см, а расстояние между ними $d = 1$ см.



Так как кинетическая энергия электрона:

$$W = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2W}{m}$$

Чтобы электрон не вышел за пределы пластин, необходимо, чтобы $S = \frac{d}{2}$. Так как движение электрона в направлении к нижней пластине равноускоренное, то:

$$S = \frac{d}{2} = \frac{at^2}{2},$$

где:

$$t = \frac{b}{v} \text{ или } \frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{ab^2}{2v^2} = \frac{ab^2m}{4W}$$

Кроме того:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{m}$$

Следовательно:

$$\frac{d}{2} = \frac{eUb^2}{4W}$$

Отсюда:

$$U = \frac{4Wd^2}{2eb^2} = \frac{2Wd^2}{eb^2} = 800 \text{ В}$$

Задача № 11

К концам свинцовой проволоки длиной $l = 5$ см и диаметром $d = 0,2$ мм приложено напряжение $U = 100$ В. Какой промежуток времени пройдет до начала плавления проволоки? Точка плавления свинца $t_{\text{пл}} = 327^\circ\text{C}$. Начальную температуру проволоки принять равной нулю. Изменением теплоемкости свинца при нагревании и рассеянием тепла в окружающее пространство пренебречь.

В общем случае элементарное количество тепла, выделяемое электрическим током в проволоке за время $d\tau$, равно:

$$dQ = \frac{U^2}{R} d\tau \quad (1)$$

Сопротивление R меняется с температурой по закону:

$$R = \rho_0(1 + 2t) \frac{\ell}{S} \quad (2)$$

где: ρ_0 - удельное сопротивление при 0°C ,

t – температура в данный момент.

В то же время количество тепла, получаемое проволокой, можно выразить через массу проволоки, ее удельную теплоемкость и изменение температуры:

$$dQ = c m dt = c D \ell S dt \quad (3)$$

где: D – плотность свинца;

c – удельная теплоемкость свинца.

Подставив (2) и (3) в уравнение (1), получим:

$$\frac{U^2 S}{\rho_0(1 + 2t)\ell} d\tau = D \ell S c dt$$

Разделим переменные и проинтегрируем:

$$d\tau = \frac{D \ell^2 c \rho_0}{U^2} + (1 + \alpha t) dt$$

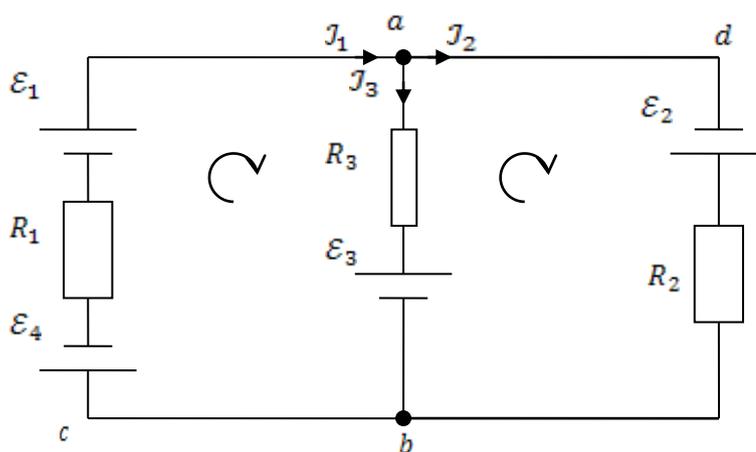
$$\tau = \frac{D \ell^2 c \rho_0}{U^2} \left(t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \right) \Big|_{t_0}^{t_{\text{пл}}}$$

Так как $t_0 = 0^\circ\text{C}$, то после подстановки пределов интегрирования получаем:

$$\tau = \frac{D \ell^2 c \rho_0}{U^2} t_{\text{пл}} \left(1 + \frac{1}{2} \alpha t_{\text{пл}} \right) = 5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$$

Задача № 12

Четыре батареи с электродвижущими силами $\mathcal{E}_1 = 55\text{В}$, $\mathcal{E}_2 = 10\text{В}$; $\mathcal{E}_3 = 30\text{В}$; $\mathcal{E}_4 = 15\text{В}$ и внутренними сопротивлениями $r_1 = 0,3\ \text{Ом}$, $r_2 = 0,4\ \text{Ом}$, $r_3 = 0,1\ \text{Ом}$, $r_4 = 0,2\ \text{Ом}$ включены в цепь. $R_1 = 9,5\ \text{Ом}$, $R_2 = 19,6\ \text{Ом}$, $R_3 = 4,9\ \text{Ом}$. Найти токи в каждой ветви цепи.



В схеме неизвестных токов три, следовательно, необходимо составить систему из трех независимых уравнений. Два уравнения получим, применяя второе правило Кирхгофа (так как независимых контуров два – *abca* и *adba*), а третье уравнение дает первое правило Кирхгофа.

На схеме произвольным образом выбираем направления токов и направление обхода контуров.

Составляем уравнение. При составлении уравнения будем считать ЭДС или направление тока положительным, если направление ЭДС и направление тока совпадают с направлением обхода контуров (для второго правила Кирхгофа); ток отрицательным (берем в уравнении первого правила Кирхгофа со знаком «минус»), если он подходит к узловой точке.

Для контура *abca* уравнение, составленное согласно второму правилу Кирхгофа, имеет вид:

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4 = J_1(R_1 + r_1 + r_4) + J_3(R_3 + r_3) \quad (1)$$

Для контура *adba*:

$$\mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_2 = \mathcal{J}_2(R_2 + r_2) - \mathcal{J}_3(R_3 + r_3) \quad (2)$$

Для узловой точки *a* уравнение, составленное согласно первому правилу Кирхгофа, имеет вид:

$$-\mathcal{J}_1 + \mathcal{J}_2 + \mathcal{J}_3 = 0 \quad (3)$$

Полученную систему уравнений (1), (2), (3) заменим системой уравнений с числовыми коэффициентами:

$$0 = -\mathcal{J}_1 + \mathcal{J}_2 + \mathcal{J}_3$$

$$10 = 10\mathcal{J}_1 + 5\mathcal{J}_3$$

$$40 = 20\mathcal{J}_2 - 5\mathcal{J}_3$$

Систему можно решать любым из известных в математике способов, но использование определителей быстрее приводит к цели.

$$\mathcal{J}_1 = 1,28 \text{ A}; \mathcal{J}_2 = 1.85 \text{ A}; \mathcal{J}_3 = -0.57 \text{ A}$$

Знак «минус» перед током \mathcal{J}_3 показывает, что истинный ток в ветви имеет противоположное направление.

Задача № 13

Кольцо из диэлектрика, внешний радиус которого $r_1 = 60$ см, а внутренний $r_2 = 30$ см, равномерно заряжено количеством электричества $q = 3$ Кл. Кольцо вращается вокруг оси, проходящей через его центр и перпендикулярной плоскости кольца, делая $n = 180$ об/мин. Определить магнитную индукцию в центре кольца.

Вращающееся кольцо можно рассматривать как бесконечно большое число бесконечно малых концентрических круговых токов, каждый из которых создает в центре магнитное поле, направленное перпендикулярно

плоскости кольца в одну сторону. По закону Био-Савара-Лапласа магнитная индукция этого поля:

$$dB = \mu\mu_0 \frac{dJ}{2r}$$

а индукция суммарного поля:

$$B = \int \frac{\mu\mu_0}{2r} dJ$$

Поверхностная плотность электрического заряда кольца:

$$\sigma = \frac{q}{2\pi(r_1^2 - r_2^2)}$$

а заряд бесконечно тонкого кольца:

$$dq = 2\sigma \cdot 2\pi r dr = \frac{2q}{2\pi(r_1^2 - r_2^2)} \cdot 2\pi r dr = \frac{2q r dr}{r_1^2 - r_2^2}$$

Тогда ток соответствующий n оборотам этого кольца:

$$dJ = dq n = \frac{2q n r dr}{r_1^2 - r_2^2}$$

Следовательно:

$$B = \int_{r_2}^{r_1} \mu\mu_0 \frac{q n r dr}{r_1^2 - r_2^2} = \frac{\mu\mu_0 q n}{r_1^2 - r_2^2} (r_1 - r_2) = \frac{\mu\mu_0 q n}{r_1 + r_2} = 1.256 \cdot 10^{-5} T$$

Задача №14

Телевизионный кабель состоит из двух проводов, один из которых (внутренний) является сплошным цилиндром, второй (внешний) – полым цилиндром; оси их совпадают. Диаметр первого провода $d_1 = 0,3$ мм, второго $d_2 = 8$ мм. Определить коэффициент самоиндукции, приходящийся на единицу длины этого кабеля.

Магнитное поле существует только в пространстве между проводами и создаваться оно будет током, текущем по внутреннему проводу. С одной стороны, энергия этого поля, отнесенная к единице длины кабеля:

$$W = \frac{1}{2} L J^2 \quad (1)$$

где: J – сила тока, протекающего по внутреннему проводу,

L – искомая величина.

С другой стороны:

$$W = \int_{r_1}^{r_2} \frac{B^2}{2\mu_0} 2\pi r dr$$

Но по закону Био-Савара-Лапласа:

$$B = \frac{J\mu_0}{2\pi r}$$

Следовательно, имеем:

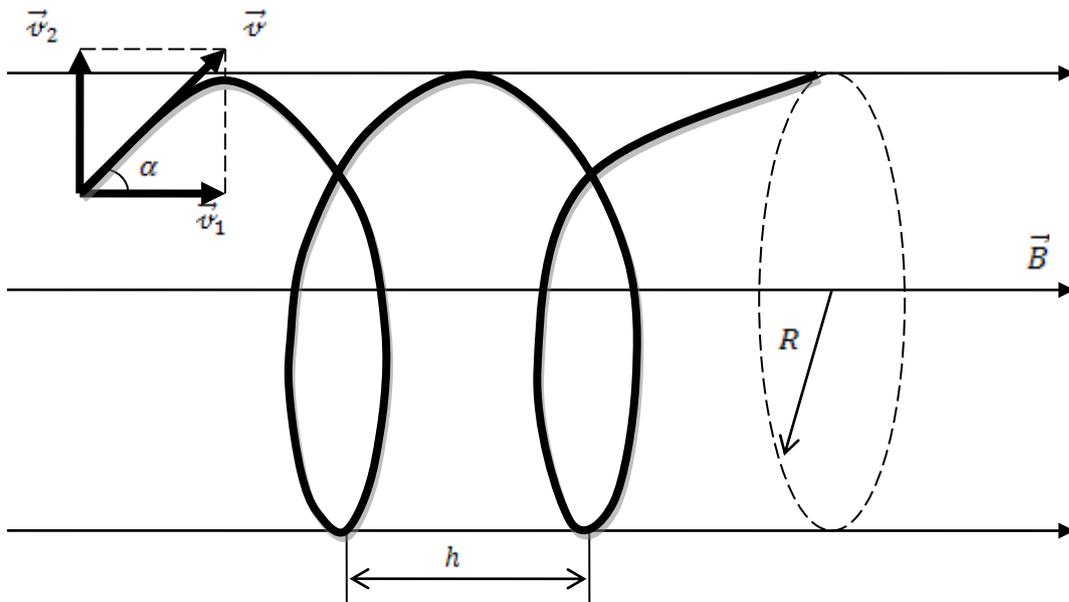
$$W = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2\mu_0} \cdot \frac{J^2 \mu_0^2}{4\pi^2 r^2} \cdot 2\pi r dr = \frac{\mu_0}{4\pi} J^2 \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) получим:

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} = 6.6 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

Задача № 15

Электрон, имеющий скорость $8 \cdot 10^8 \text{ см/с}$, влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 3.14 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ под углом 30° к ее направлению. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.



Разложим скорость электрона на две составляющие: параллельную линиям индукции и перпендикулярно им:

$$v_1 = v \cos \alpha$$

$$v_2 = v \sin \alpha$$

Благодаря наличию составляющей скорости \vec{v}_2 на электрон действует сила Лоренца, поэтому он движется по окружности, лежащей в плоскости, перпендикулярной магнитному полю. Радиус этой окружности определяется уравнением:

$$\frac{mv_2^2}{R} = ev_2B \quad (1)$$

так как сила Лоренца является центростремительной силой. Отсюда радиус этой окружности:

$$R = \frac{v_2}{\frac{e}{m}B} = \frac{v \sin \alpha}{\frac{e}{m}B} = 0.07 \text{ м} \quad (2)$$

Вдоль направления вектора \vec{B} сила не действует, поэтому частица движется равномерно со скоростью $v_1 = v \cos \alpha$

В результате сложения двух движений электрон движется по винтовой линии радиусом R и шагом винта h :

$$h = v_1 T \quad (4)$$

где: T – период движения по окружности:

$$T = \frac{2\pi R}{v_2} \quad (5)$$

Учитывая соотношения (2), (3) и (5), из уравнения (4) получаем:

$$h = \frac{2\pi v \cos \alpha}{\frac{e}{m} B} = 0.79 \text{ м}$$

7. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Предмет физики. Связь физики с другими науками и производством. Измерение физических величин. Точность измерения. Система единиц измерения. Размерность.

2. Механическое движение. Прямолинейное движение материальной точки. Перемещение, скорость, ускорение. Криволинейное движение материальной точки.

3. Движение материальной точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение.

4. Первый закон Ньютона. Инерция. Масса. Второй и третий законы Ньютона. Импульс (количество движения) тела. Принцип независимости действия сил.

5. Закон изменения импульса. Закон сохранения импульса. Движение центра масс твердого тела.

6. Силы трения. Трение скольжения и качения. Внутреннее трение.

7. Работа и мощность.

8. Энергия. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия тела. Полная механическая энергия. Закон сохранения энергии.

9. Абсолютно упругий удар. Абсолютно неупругий удар.
10. Момент силы. Вращающий момент. Пара сил.
11. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса
12. Вращение тела вокруг неподвижной оси. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
13. Момент инерции цилиндра и диска относительно геометрической оси. Теорема Штейнера
14. Кинетическая энергия вращающегося тела.
15. Плоское движение. Кинетическая энергия при плоском движении.
16. Колебания в природе и технике. Гармонические колебания. Гармонический осциллятор. Энергия гармонического осциллятора.
17. Электрический заряд. Свойства электрического заряда. Электризация. Закон сохранения электрического заряда. Взаимодействие электрических зарядов. Закон Кулона.
18. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей.
19. Поток напряженности электрического поля. Теорема Гаусса для электрического поля. Электрическое поле бесконечной однородно заряженной плоскости и двух равномерно заряженных бесконечных плоскостей. Электрическое поле однородно заряженного бесконечного цилиндра и нити.
20. Работа по перемещению заряда в электрическом поле. Энергия заряда в электрическом поле. Потенциал электростатического поля. Связь между напряженностью электростатического поля и потенциалом.
21. Электрический диполь. Поле диполя. Дипольный момент. Диполь во внешнем электростатическом поле. Поляризация диэлектриков. Поляризованность. Сегнетоэлектрики. Гистерезис.
22. Равновесие зарядов в проводнике. Проводники в электрическом поле. Электроемкость уединенного проводника. Электроемкость шара.

Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Соединение конденсаторов.

23. Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Электродвижущая сила. Сторонние силы.

24. Закон Ома для однородного участка. Сопротивление. Сверхпроводимость. Подвижность носителей тока. Закон Ома для неоднородного участка и для замкнутой цепи.

25. Расчет разветвленных цепей. Правила Кирхгофа.

26. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца. Тепловая мощность электрического тока.

27. Постоянный магнит. Магнитное поле тока. Гипотеза Ампера. Магнитное поле тока в вакууме. Закон Ампера. Напряженность магнитного поля тока. Формула Ампера. Закон Био-Савара-Лапласа.

28. Напряженность магнитного поля прямолинейного тока. Напряженность магнитного поля кругового тока. Магнитный момент.

29. Магнитное поле в веществе. Диамагнетики и парамагнетики. Магнитная индукция. Магнитная проницаемость среды. Ферромагнетики. Петля гистерезиса. Магнитный поток.

30. Проводник с током в магнитном поле. Сила Ампера. Контур в магнитном поле.

31. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. Токи Фуко. Закон Фарадея для электромагнитной индукции.

32. Явление самоиндукции. Индуктивность контура. Индуктивность соленоида. Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Трансформатор.

33. Развитие представлений о природе света Световые волны. Корпускулярно-волновой дуализм.

34. Основные законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение.

35. Интерференция света. Методы наблюдения интерференции. Интерференция света в тонких пленках. Применение интерференции света.

36. Принцип Гюйгенса — Френеля. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракционная решетка.

37. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Кирхгофа. Законы Стефана-Больцмана и смещения Вина. Оптическая пирометрия. Тепловые источники света.

38. Модели атома Томсона и Резерфорда. Постулаты Бора. Линейчатый спектр атома водорода.

39. Люминесценция твердых тел. Законы фотолюминесценции.

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

41. Радиоактивное излучение и его виды. Закон радиоактивного распада. Правила смещения.

8. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.И. Курс физики.- М.: Академия, 2010.
2. Яворский Б.М. Курс физики I-III т.- М.: Высшая школа, 1997.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.I-III .- М.: Наука, 1989.
4. Савельев И.В. Курс физики. Т.I-III .- М.: Наука, 1989.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.I-III .- М.: Наука, 1983.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики.- М.: Высшая школа, 2002.
7. Матвеев А.Я. Механика и теория относительности.- М.: Высшая школа, 1983.
8. Калашников Н.П., Смондырев М.А. Основы физики. Т.I-II.- М.: Дрофа, 2007.
9. Трофимова Т.И.Сборник задач по курсу физики.- М.: Высшая школа, 1996.
10. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике.- М.: Физматлит, 2009.
11. Волькенштейн В.С. Сборник задач по курсу общей физики.- М.: Наука, 1985.
12. Цедрик М.С. Сборник задач по курсу общей физики.- М.: Просвещение,1989.
13. Иверонов В.И. Физический практикум.- М.: Наука,1967.
14. Кортнев А.В. Практикум по физике. - М.: Высшая школа, 1965.

15. Авдусь З.И. Практикум по общей физике. - М.: Просвещение,1971.

16. Мойсова Н.Н. Практикум по курсу общей физики. – М.: Росиздат,1963.

9. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

№ вариант а	Номера задач									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91
2	2	12	22	32	42	52	62	72	82	92
3	3	13	23	33	43	53	63	73	83	93
4	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94
5	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
6	6	16	26	36	46	56	66	76	86	96
7	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97
8	8	18	28	37	48	58	68	78	88	98
9	9	19	29	39	49	59	69	79	89	99
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
11	1	12	23	34	45	56	67	78	89	100
12	2	13	24	35	46	57	68	79	90	91
13	3	14	25	36	47	58	69	80	81	92
14	4	15	26	37	48	59	70	71	82	93
15	5	16	27	38	49	60	61	72	83	94
16	6	17	28	39	50	51	62	73	84	95
17	7	18	29	40	41	52	63	74	85	96
18	8	19	30	31	42	53	64	75	86	97
19	9	20	21	32	43	54	65	76	87	98
20	10	11	22	33	44	55	66	77	88	99

10. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Лодка движения относительно воды со скоростью $v_1 = 6$ км/ч, скорость течения реки $v = 3$ км/ч. Вычислить, под каким углом относительно берега должна двигаться лодка, чтобы проплыть поперек реки.

2. Капля дождя падает под углом $\alpha = 30^\circ$ к вертикали при скорости ветра $v_1 = 11$ м/с. При какой скорости ветра v_2 капля воды будет падать под углом $\beta = 45^\circ$.

3. Тело брошено под некоторым углом к горизонту. При этом максимальная высота подъема составила $h = s/4$ (s – дальность полета). Определить угол броска тела к горизонту.

4. Под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту брошено тело со скоростью $v_0 = 15$ м/с. Вычислить высоту h подъема тела и дальность полета (по горизонтали) s .

5. С башни высотой $H = 40$ м брошено тело со скоростью $v_0 = 20$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Найти время t движения тела и на каком расстоянии s от основания башни тело упадет на Землю.

6. Зависимость пройденного телом пути s от времени t выражается уравнением $s = At - Bt^2 + Ct^3$ ($A = 2$ м/с, $B = 3$ м/с², $C = 4$ м/с³). Найти для момента времени $t = 2$ с после начала движения скорость и ускорение.

7. Материальная точка движется из состояния покоя по окружности радиусом $r = 12,5$ см с постоянным тангенциальным ускорением $a_\tau = 0,5$ см/с². Вычислить момент времени, при котором вектор ускорения a образует с вектором скорости угол $\alpha = 45^\circ$.

8. Вращается диск. Линейная скорость v_1 точки, находящейся на ободу, в 3 раза больше, чем скорость v_2 точки, находящейся на 6 см ближе к оси. Найти радиус диска.

9. Якорь электродвигателя вращается с частотой 50 с⁻¹, после выключения тока, сделав 628 оборотов, он остановился. Вычислить угловое ускорение ε якоря.

10. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 3 \text{ рад/с}^2$ из состояния покоя. Вычислить радиус колеса, если через $t = 1 \text{ с}$ полное ускорение колеса равно $a = 7,5 \text{ м/с}^2$.

11. Автомашина движется равнозамедленно. За время $t = 2 \text{ мин}$ частота вращения колеса изменилась от 240 до 60 мин^{-1} . Найти угловое ускорение колеса и число полных оборотов, сделанных колесом за это время.

12. По окружности радиусом $R = 15 \text{ см}$ движется точка с постоянным тангенциальным ускорением a_t . По истечении четвертого оборота после начала движения линейная скорость увеличилась до $v_1 = 15 \text{ см/с}$. Вычислить нормальное ускорение a_{n2} точки через $t_2 = 16 \text{ с}$ после начала движения.

13. Имеется клин длиной $l = 2 \text{ м}$ и высотой $h = 1 \text{ м}$. С вершины начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином $f = 0,15$. Вычислить ускорение, с которым движется тело и скорость его у основания клина.

14. Тело скользит по наклонной плоскости с углом наклона α к горизонту, равным 30° . Коэффициент трения тела о плоскость $f = 0,15$. Найти скорость тела в начале третьей секунды после начала скольжения.

15. Вагон массой $m = 1 \text{ т}$ спускается по канатной железной дороге с уклоном $\alpha = 15^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения $f = 0,05$. Скорость вагона перед торможением $v_0 = 2,5 \text{ м/с}$, время торможения $t = 6 \text{ с}$. Вычислить силу натяжения каната при торможении вагона в конце спуска.

16. Дана наклонная плоскость, в вершине которой находится блок. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . Через блок переброшена нить, на концах которой два тела одинаковой массы ($m = 1 \text{ кг}$). Коэффициент трения между наклонной плоскостью и лежащим на ней телом $f = 0,1$. Вычислить силу давления на ось, если считать нить и блок невесомыми, а трение в оси блока пренебрежимо малым.

17. Имеется наклонная плоскость с углом наклона к горизонту $\alpha = 35^\circ$. На плоскость положена доска массой $m_2 = 2 \text{ кг}$, а на доску – брусок массой $m_1 = 1 \text{ кг}$. Коэффициент трения между бруском и доской $f_1 = 0,1$, а между

доской и плоскостью $f_2 = 0,2$. Вычислить ускорение бруска и ускорение доски.

18. Лодка массой $M = 150$ кг и длиной $l = 2,8$ м неподвижна в стоячей воде. В лодке находится рыбак массой $m = 90$ кг, он переходит с носа на корму. Определить на какое расстояние s при этом сдвинется лодка. Сопротивлением воды пренебречь.

19. Из орудия вылетает снаряд со скоростью v_0 . В верхней точке траектории он разбивается на два одинаковых осколка на расстоянии l (по горизонтали). Один из осколков полетел в обратном направлении со скоростью движения снаряда до разрыва. Найти на каком расстоянии (по горизонтали) от орудия упадет второй осколок. Сопротивлением воздуха пренебречь.

20. На рельсах на горизонтальном участке пути стоит платформа с песком общей массой $M = 2$ т. Снаряд массой 8 кг попадает в песок и застревает в нём. В момент попадания скорость снаряда $v = 450$ м/с, а её направление – сверху вниз под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Вычислить с какой скоростью будет двигаться платформа, пренебрегая трением.

21. Железнодорожная платформа движется по инерции со скоростью $v_0 = 3$ км/ч. На платформе укреплено орудие. Масса платформы с орудием $M = 10$ т. Ствол орудия направлен в сторону движения платформы. Из ствола орудия вылетает снаряд массы $m = 10$ кг под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. После выстрела скорость платформы уменьшилась в $n = 2$ раза. Вычислить скорость v снаряда (относительно Земли).

22. Две легкие тележки массой m_1 и $m_2 = 2m_1$ соединены между собой сжатой, связанной нитью пружиной. Пружина распрямляется, после пережигания нити, и тележки разъезжаются в разные стороны. Коэффициент трения для обеих тележек одинаков. Вычислить отношение скоростей движения тележек и отношение путей пройденных тележками.

23. Друг за другом движутся по инерции две одинаковые тележки (без трения) с одинаковой скоростью. В какой-то момент времени человек массой

m , находящийся на задней тележке, прыгнул на переднюю тележку со скоростью u относительно своей тележки. Найти скорость v_1 передней тележки.

24. По уклону дороги при выключенном двигателе спускается автомобиль массой $m = 1,8$ т с постоянной скоростью $v = 54$ км/ч. Угол уклона к горизонту $\alpha = 3^\circ$. Вычислить, какова должна быть мощность двигателя автомобиля, чтобы он смог подниматься на такой же подъем с той же скоростью.

25. Материальная точка массой $m = 1$ кг движется согласно уравнению $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$ ($B = 3$ м/с, $C = 5$ м/с², $D = 1$ м/с³) под действием некоторой силы. Найти мощность N , затрачиваемую на движение точки за время, равное 1 с.

26. Автомобиль массой $m = 2000$ кг движется с некоторой скоростью. Пройдя расстояние $s = 30$ м он останавливается за $t = 6$ с. Найти начальную скорость автомобиля и силу торможения.

27. К нижнему концу пружины жесткостью k_1 присоединена другая пружина жесткостью k_2 . К концу второй пружины присоединена гиря. Найти отношение потенциальных энергий пружин. Массой пружин пренебречь.

28. Под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту брошено тело с начальной скоростью $v_0 = 15$ м/с. Вычислить, в высшей точке его траектории, скорость v тела.

29. Найдите наименьшую высоту h , с которой должна скатываться тележка с человеком по желобу, который переходит в петлю радиусом $R = 6$ м, и не оторваться от него в верхней точке петли. Трением пренебречь.

30. С высоты $h = 12$ м человек падает на упругую сетку. Пренебрегая массой сетки, определите, во сколько раз наибольшая сила давления на сетку больше его силы тяжести. Под действием только силы тяжести человека прогиб сетки составил $x_0 = 15$ см.

31. Шар радиусом $R = 10$ см и массой $m = 5$ кг вращается вокруг оси симметрии согласно уравнению $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ ($B = 2$ рад/с², $C = -0,5$ рад/с³). Вычислить момент вращающей силы для $t = 3$ с.

32. Момент инерции маховика равен $J = 150 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Он вращается с частотой $n = 240 \text{ об/мин}$. Спустя $t = 1 \text{ мин}$ после того как на маховик стал действовать момент сил торможения, он остановился. Вычислить момент M сил торможения и число оборотов от начала торможения до полной остановки. Маховик считать сплошным диском.

33. На вал радиусом $R = 50 \text{ см}$ намотана легкая нить, к концу нити прикреплен груз массой $m = 6,4 \text{ кг}$. Груз опускается с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$, разматывая нить. Найти момент инерции J вала и массу m_1 вала. Вал считать однородным сплошным цилиндром.

34. На однородный сплошной цилиндрический вал радиусом $R = 5 \text{ см}$ и массой $M = 10 \text{ кг}$ намотана легкая нить. К концу нити прикреплен груз массой $m = 1 \text{ кг}$. Вычислите силу натяжения нити T , угловую скорость ω вала через $t = 1 \text{ с}$ после начала движения, тангенциальное (a_τ) и нормальное (a_n) ускорения точек, находящихся на поверхности вала.

35. Из состояния покоя начинает вращаться маховик с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,4 \text{ рад/с}^2$. Через $t_1 = 10 \text{ с}$ момент импульса L_1 маховика составлял $60 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$. Найти кинетическую энергию маховика через время $t_2 = 25 \text{ с}$ после начала движения.

36. Дана пружина, для которой известно, что деформирующая сила пропорциональна деформации. Под действием силы 20 Н пружина сжимается на 1 см . Вычислить какая работа совершается при сжатии пружины на 15 см .

37. Даны две одинаково заряженных водяные капли радиусами $0,1 \text{ мм}$. Сила гравитационного притяжения уравновешивается кулоновской силой отталкивания. Вычислить заряд капель. Плотность воды равна $1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

38. Сферическая поверхность, охватывает точечные заряды $Q_1 = 5 \text{ нКл}$ и $Q_2 = -2 \text{ нКл}$. Найти поток Φ_E вектора напряженности электростатического поля через данную поверхность.

39. Равномерно заряженная бесконечная плоскость создает электрическое поле. Под действием этого поля точечный заряд $q = 1 \text{ нКл}$ переместился

вдоль силовой линии на расстояние $r = 1$ см. При этом поле совершает работу 5 мкДж. Найти поверхностную плотность заряда на плоскости.

40. Две бесконечные параллельные плоскости равномерно заряжены одноименно с поверхностной плотностью соответственно $\sigma_1 = 2$ нКл/м² и $\sigma_2 = 4$ нКл/м². Найти напряженность электростатического поля между плоскостями и вне плоскостей. Постройте график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной плоскостям.

41. Две бесконечные параллельные плоскости заряженными равномерно разноименными зарядами с поверхностной плотностью $\sigma_1 = 1$ нКл/м² и $\sigma_2 = 2$ нКл/м². Вычислите напряженность электростатического поля между плоскостями и за пределами плоскостей. Постройте график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной плоскостям.

42. Дана металлическая сфера радиусом 15 см. На ее поверхности находится заряд $Q = 2$ нКл. Определите напряженность E электростатического поля на расстоянии $r_1 = 10$ см от центра сферы, на поверхности сферы, на расстоянии $r_2 = 20$ см от ее центра. Изобразить график изменения напряженности вдоль линии исходящей из центра сферы.

43. Дан шар радиусом $R = 10$ см. Он равномерно заряжен с объемной плотностью $\rho = 10$ нКл/м³. Определить напряженность электростатического поля на расстоянии $r_1 = 5$ см и на расстоянии $r_2 = 15$ см от его центра. Изобразить график изменения напряженности вдоль линии исходящей из центра шара.

44. Длинный прямой провод находится в вакууме. Заряд провода, равномерно распределенный по длине провода с линейной плотностью 2 нКл/м. Найти напряженность электростатического поля на расстоянии $r = 1$ м от провода.

45. Заряд металлического шара радиусом 5 см равен $Q = 10$ нКл. Вычислить потенциал ϕ электрического поля на поверхности шара и на расстоянии 2 см от его поверхности. Изобразить график изменения потенциала вдоль линии исходящей из центра шара.

46. Равномерно заряженным шаром с радиусом $R = 1\text{ м}$ с общим зарядом $Q = 50\text{ нКл}$ создается электрическое поле. Определить разность потенциалов для точек, лежащих от центра шара на расстояниях $r_1 = 1,5\text{ м}$ и $r_2 = 2\text{ м}$.

47. Шар радиусом $R = 8\text{ см}$, равномерно заряжен с объемной плотностью $\rho = 10\text{ нКл/м}^3$. Вычислить разность потенциалов электрическое поле между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии $r_1 = 10\text{ см}$ $r_2 = 15\text{ см}$ от центра шара.

48. Между пластинами плоского конденсатора находится парафин ($\epsilon = 2$). Расстояние между пластинами $d = 8,85\text{ мм}$. Поверхностная плотность связанных зарядов на парафине составляет $0,1\text{ нКл/см}$. Вычислить разность потенциалов податей на пластинах конденсатора.

49. Слюдяная пластинка ($\epsilon = 7$) толщиной $d = 1\text{ мм}$, является изолятором плоского конденсатора. Разность потенциалов между пластинами конденсатора $U = 300\text{ В}$. Вычислить поверхностную плотность связанных зарядов.

50. Конденсатор состоит из 2-х концентрических сфер радиусами $r_1 = 5\text{ см}$ и $r_2 = 5,5\text{ см}$. Между пластинами конденсатора находится масло ($\epsilon = 2,2$). Вычислить радиус шара обладающего такой же емкостью в масле.

51. Два плоских воздушных конденсатора одинаковой емкости соединены параллельно и заряжены до разности потенциалов $U = 300\text{ В}$. Вычислить разность потенциалов этого соединения, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить слюдой с диэлектрической проницаемостью равной 7.

52. Сплошной шар из диэлектрика радиусом $R = 5\text{ см}$ заряжен равномерно с объемной плотностью 10 нКл/м^3 . Определить энергию электростатического поля, заключенную в пространстве окружающем шар.

53. Плоский воздушный конденсатор емкостью $C = 10\text{ пФ}$ заряжен до разности потенциалов $U_1 = 500\text{ В}$. После отключения конденсатора от источника напряжения расстояние между пластинами конденсатора было увеличено в 3 раза. Вычислить разность потенциалов на обкладках

конденсатора после их раздвижения и работу внешних сил по раздвижению пластин.

54. Прямоугольная рамка, содержащая $N = 200$ витков, плотно прилегающих друг к другу равномерно вращается в однородном магнитном поле ($B = 0,2$ Тл). Площадь рамки $S = 100$ см². Вычислить частоту вращения рамки, если максимальная ЭДС, индуцируемая в ней $\varepsilon_{\max} = 12,6$ В.

55. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 100$ Ом равномерно убывает от $I_0 = 10$ А до $I = 0$ за время $\tau = 30$ с. Определить выделившееся за это время количество теплоты в проводнике.

56. В цепь, состоящую из батареи и резистора сопротивлением $R = 8$ Ом, включают вольтметр, сопротивление которого $R_v = 800$ Ом, один раз последовательно резистору, другой раз – параллельно. Определите внутреннее сопротивление батареи, если показания вольтметра в обоих случаях одинаковы.

57. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл находится прямоугольная рамка длиной $a = 8$ см и шириной $b = 5$ см, содержащая $N = 100$ витков тонкой проволоки. Ток в рамке $I = 1$ А, а плоскость рамки параллельна линиям магнитной индукции. Определите:

1) магнитный момент рамки; 2) вращающий момент, действующий на рамку.

58. Принимая, что электрон в атоме водорода движется по круговой орбите, определить отношение магнитного момента p_m эквивалентного кругового тока к моменту импульса L орбитального движения электрона.

59. По двум прямолинейным бесконечно длинными параллельными проводникам, расстояние между которыми $d = 20$ см, текут в одном направлении токи $I_1 = 40$ А и $I_2 = 80$ А. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на $r_1 = 12$ см от первого проводника и $r_2 = 16$ см от второго.

60. Определить магнитную индукцию в центре кругового проволочного витка радиусом $R = 10$ см. По проводнику течет ток $I = 1$ А.

61. По тонкому проволочному полукольцу радиусом

$R = 50$ см течет ток $I = 1$ А. Перпендикулярно плоскости полукольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,01$ Тл. Определить силу, растягивающую полукольцо. Действие на полукольцо магнитного поля подводющих проводов и взаимодействие отдельных элементов полукольца не учитывать.

62. Электрон влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции скоростью $v = 10$ Мм/с. Индукция магнитного поля $B = 0,1$ мТл. Вычислить нормальное и тангенциальное ускорения электрона.

63. Прямой проводник длиной 40 см движется в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найти силу Лоренца, действующую на свободный электрон проводника, если на его концах возникает разность потенциалов 10 мкВ.

64. Протон, ускоренный разностью потенциалов $U = 0,5$ кВ, влетел в однородное магнитное поле с магнитной индукцией $B = 2$ мТл, перпендикулярно полю. Найти радиус этой окружности.

65. Вычислить циркуляцию вектора магнитной индукции по окружности, через центр которой перпендикулярно её плоскости проходит бесконечно длинный прямолинейный проводник с током $I = 5$ А.

66. Прямолинейный проводник длиной $l = 20$ см с током $I = 5$ А находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл, перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найти работу сил поля по перемещению проводника на расстояние 2 см.

67. Квадратный проводящий контур со стороной $l = 20$ см и током $I = 10$ А находится в однородном магнитном поле с магнитной индукцией $B = 0,2$ Тл. Плоскость квадрата составляет с направлением поля угол в 30° . Вычислить работу по удалению контура за пределы поля.

68. Круглая рамка с током площадью 15 см² закреплена параллельно магнитному полю с индукцией 0,1 Тл. На рамку действует вращающий момент $M = 0,45$ мНм. Рамку освободили, после поворота на 90° её угловая

скорость стала $\omega = 30 \text{ с}^{-1}$. Найти: 1) силу тока в рамке; 2) момент инерции рамки относительно прямой, проходящей через ее диаметр.

69. Проволочный виток площадью $S = 100 \text{ см}^2$ и сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$, находящегося в однородном магнитном поле напряженностью $H = 10 \text{ кА/м}$. Плоскость витка перпендикулярна линиям магнитной индукции. При повороте витка в магнитном поле отсчет гальванометра, замкнутого на виток, составляет $12,6 \text{ мкКл}$. Вычислить угол поворота витка.

70. Вокруг вертикальной оси в однородном магнитном поле ($B = 0,1 \text{ Тл}$) с постоянной угловой скоростью $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$ вращается стержень длиной $l = 0,4 \text{ м}$. Найти ЭДС индукции, возникающей в стержне, если ось вращения проходит параллельно линиям магнитной индукции через конец стержня.

71. Бесконечно длинный соленоид из алюминиевого провода длиной $l = 0,8 \text{ м}$ имеет однослойную обмотку массой $m = 400 \text{ г}$. Вычислить время релаксации τ для этого соленоида. Плотность алюминия $D = 2,7 \text{ г/см}^3$, удельное сопротивление алюминия $\rho = 26 \text{ нОм}\cdot\text{м}$.

72. На одном сердечнике находятся две катушки. Их индуктивности $L_1 = 0,12 \text{ Гн}$ и $L_2 = 3 \text{ Гн}$. Вторая катушка имеет сопротивление $R_2 = 300 \text{ Ом}$. Найти силу тока I_2 во второй катушке, если за время $\Delta t = 0,01 \text{ с}$ силу тока в первой катушке уменьшить от $I_1 = 0,5 \text{ А}$ до нуля.

73. Соленоид длиной $l = 30 \text{ см}$, площадью поперечного сечения $S = 15 \text{ см}^2$ находится в диамагнитной среде. Соленоид содержит 500 витков. Индукция соленоида $L = 1,5 \text{ мГн}$, а сила тока, протекающего в нем, $I = 1 \text{ А}$. Вычислить магнитную индукцию внутри соленоида.

74. Материальная точка совершает колебания согласно уравнению $x = A \sin \omega t$. В какой-то момент времени смещение точки $x_1 = 15 \text{ см}$. При возрастании фазы колебания в два раза смещение x_2 оказалось равным 24 см . Найти амплитуду колебаний.

75. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 3 \text{ см}$ и периодом $T = 4 \text{ с}$ точка. Определите максимальные значения скорости и ускорения точки.

76. Материальная точка массой m совершает колебания по закону $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Определите полную энергию колебаний.

77. Амплитуда колебаний груза подвешенного к спиральной пружине равна 6 см. Найти полную энергию E колебаний груза, если жесткость пружины $k = 500$ Н/м.

78. В кабине самолета подвешен математический маятник длиной $l = 50$ см. Вычислить период T колебаний маятника, если самолет движется равномерно.

79. При сложении двух одинаково направленных гармонических колебаний одинаковой частоты, обладающих разностью фаз 60° , амплитуда результирующего колебания равна 6 см. Найти амплитуду колебания A_2 второго колебания, если $A_1 = 5$ см.

80. Даны два одинаково направленных гармонических колебания одинаковой частоты и амплитуды. Вычислить разность фаз, если амплитуда их результирующего колебания равна амплитудам складываемых колебаний.

81. Два гармонических колебания одного направления, имеют одинаковые амплитуды и одинаковые начальные фазы периоды $T_1 = 2$ с и $T_2 = 2,05$ с. Вычислить период результирующего колебания при наложении этих колебаний.

82. Материальная точка участвует одновременно в двух колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и описываемых уравнениями $x = 3 \cos(\omega t)$, см и $y = 4 \cos(\omega t)$, см. Получить уравнение точки и начертить это колебание.

83. Точка одновременно участвует в двух колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и описываемых уравнениями $X = \cos(2\pi t)$ и $y = \cos(\pi t)$. Получить уравнение траектории точки и начертить её.

84. Математический маятник совершает затухающие колебания. Амплитуда колебаний за 1 минуту уменьшилась в 3 раза. Вычислить, во сколько раз уменьшится амплитуда за 4 минуты.

85. Начальная амплитуда затухающих колебаний маятника 3 см. По истечению $t_1 = 10$ с она равна $A_1 = 1$ см. Найти, через сколько времени амплитуда станет равной $A_2 = 0,3$ см.

86. Вычислить логарифмический декремент затухающих колебаний, при котором энергия колебательного контура уменьшается в 8 раз за 5 полных колебаний.

87. LC-контур содержит катушку индуктивностью $L = 6$ мкГн, конденсатор емкостью $C = 10$ нФ и резистор сопротивлением $R = 10$ Ом. Для максимального тока вычислить отношение энергии магнитного к энергии электрического поля катушки.

88. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 2$ мГн, конденсатора емкостью $C = 0,2$ мкФ и резистора сопротивлением $R = 1$ Ом. Найти добротность Q контура.

89. В колебательном контуре, последовательно соединенные резистор с сопротивлением $R=110$ Ом и конденсатор, подключены к внешнему переменному напряжению с амплитудным значением $U_m = 110$ В. Амплитудное значение установившегося тока в цепи $I_m = 0,5$ А. Вычислить разность фаз между током и внешним напряжением.

90. К зажимам генератора присоединен конденсатор емкостью $C = 0,15$ мкФ, амплитудное значение силы тока равно 3,3 А, а частота тока составляет 5 кГц. Найти максимальное значение напряжения на зажимах,

91. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 1000 В, влетел в однородное магнитное поле, перпендикулярное его движения. Индукция магнитного поля равна $1,19 \cdot 10^{-3}$ Тл. Найти радиус кривизны и период обращения по окружности.

92. Поток α -частиц, ускоренных разностью потенциалов в 1 МВ, влетает в однородное магнитное поле напряженностью $1,19 \cdot 10^6$ А/м. Скорость каждой частицы направлена под прямым углом к направлению магнитного поля. Найти силу, действующую на каждую частицу.

93. Электрон влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Скорость электрона равна $4 \cdot 10^7$ м/с. Индукция магнитного поля равна 10^{-3} Тл. Чему равны тангенциальное и нормальное ускорения в магнитном поле?

94. Найти кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом 60 см в магнитном поле, индукция которого равна 1 Тл.

95. Протон и электрон, двигаясь с одинаковой скоростью, попадают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривизны траектории протона больше радиуса кривизны траектории электрона?

96. Протон и электрон, ускоренные одинаковой разностью потенциалов, влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривизны траектории протона больше радиуса кривизны электрона?

97. На фотографии, полученной в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, траектория электрона представляет собой окружность радиусом 10 см. Индукция магнитного поля 10^{-2} Тл. Найти энергию электрона в электрон-вольтах.

98. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью 10^6 м/с. Индукция магнитного поля равна 0,3 Тл. Радиус окружности 4 см. Найти заряд частицы, если известно, что ее энергия равна 12 кэВ.

99. Протон и α -частица влетают в однородное магнитное поле. Скорость частиц направлена перпендикулярно силовым линиям поля. Во сколько раз период обращения протона больше периода обращения α -частицы?

100. α -частица, кинетическая энергия которой равна 500 эВ влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное скорости ее движения. Индукция магнитного поля 0,1 Тл. Найти силу, действующую на частицу и период ее обращения в магнитном поле.

101. α -частица, момент количества движения которой равен

$1,33 \cdot 10^{-22}$ кг·м²/с, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное скорости ее движения. Индукция магнитного поля равна $2,5 \cdot 10^{-2}$ Тл. Найти кинетическую энергию частицы.

102. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 6 кВ. влетает в однородное магнитное поле под углом 30° к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Индукция магнитного поля $1,3 \cdot 10^{-3}$ Тл. Найти радиус витка спирали и шаг спирали.

103. Протон влетел в однородное магнитное поле под углом 30° к направлению поля и движется по спирали, радиус которой равен 1,5 см. Индукция магнитного поля равна 0,1 Тл. Найти кинетическую энергию протона.

104. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 3000 В, влетает в магнитное поле соленоида под углом 30° к его оси. Число ампер-витков соленоида равно 5000. Длина соленоида 25 см. Найти шаг винтовой траектории электрона в магнитном поле соленоида.