Механика, электростатика, постоянный ток.

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочного обучения

Шелкунова З.В., Шелкунов Н.Г.

Методическое указания и контрольные задания студентов заочного обучения инженерно-технических и технологических специальностей. Содержит разделы программ ”Физические основы механики”, ”Электростатика” и ”Постоянный ток” примеры решения типовых задач и варианты контрольных заданий.

Ключевые слова: Законы механики, принцип относительности, законы Ома, сопротивление проводников, последовательные и параллельное соединение, правила Кирхгофа.

Редактор Т.Ю.Артюнина

Подготовлено в печать 1.12. 2003 г. Формат 60×80 1/16
Усл.п.л. 3,02; уч.-изд.л. 3,0; Тираж 150 экз. Заказ 173.

РИО ВСГТУ, Улан-Удэ, Ключевская, 40а
Отпечатано на ротапринте ВСГТУ, Улан-Удэ,
Ключевская, 42.

Министерство образования Российской Федерации

Восточно-Сибирский государственный
технологический университет

ФИЗИКА
(Механика, электростатика, постоянный ток)

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочного обучения

Составитель: Шелкунов Н.Г.
Шелкунова З.В.

Улан-Удэ, 2003

Общие методические указания к решению задач и выполнению контрольных работ

Цель настоящей работы – оказать помощь студентам заочникам инженерно-механических специальностей высших учебных заведений в изучении курса физики и выполнении первой контрольной работы, включающей в себя разделы: "Физические основы классической механики", "Электростатика" и "Постоянный ток". В методическом указании дана рабочая программа по данным темам, список рекомендуемой литературы, даны основные формулы, примеры решения задач, варианты и номера задач контрольных заданий.

Общие методические указания к решению задач и выполнению контрольных задач

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются по таблицам вариантов.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке которой привести сведения по следующему образцу:

Студент машиностроительного факультета
ВСГТУ
Кисилев А.В.
Шифр: 254321
Адрес: г. Улан-Удэ. Сергеева 2 кв. 5
Контрольная работа 1 по физике.

3. Условия задач в контрольной работе надо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставлять поля.
4. В конце контрольной работы указать, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики (название учебника, автор, год издания). Это делается для того, чтобы рецензент в случае необходимости мог указать, что следует студенту изучить для завершения контрольной работы.
5. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, решения которых оказались неверными. Повторную работу необходимо представить вместе с не зачтенной.
6. Зачтенные контрольные работы предъявляются экзаменатору. Студент должен быть готов во время экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.
7. Решения задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это возможно, дать чертеж, выполненный с помощью чертежных инструментов.
8. Решать задачу надо в общем, виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
9. После получения расчетной формулы для проверки правильности ее следует представить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.
10. Числовые значения величин при подстановке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах СИ.Вычисления по расчетной формуле надо проводить соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с трехзначными цифрами.

Программа разделов физики

Физические основы классической механики
Электростатика
Постоянный ток

Физические основы классической механики

Механическое движение как простейшая форма движения материи. Представления о свойствах пространства и времени, лежащее в основе классической (ньютоновской) механики. Элементы кинематики материальной точки. Скорость и ускорение точки как производные радиуса-вектора по времени. Нормальное и тангенсальное ускорения. Радиус кривизны траектории. Поступательное движение твердого тела.

Динамика материальной точки поступательного движения твердого тела. Закон инерции и инерциальные системы отсчета. Законы динамики материальной точки и системы материальных точек. Внешние и внутренние силы. Центр масс (центр инерции) механической системы и закон его движения. Закон сохранения импульса.

Энергия как универсальная мера различных форм движения и взаимодействия. Работа переменной силы. Кинетическая энергия механической системы и ее связь с работой внешних и внутренних сил, приложенных к системе.

Поле как форма материи, осуществляющая силовое воздействие между частицами вещества. Потенциальная энергия материальной точки во внешнем силовом поле и ее связь с силой, действующей на материальную точку. Понятие о градиенте скалярной функции координат. Поле центральных сил. Потенциальная энергия системы. Закон сохранения механической энергии. Диссипация энергии. Закон сохранения и превращения энергии как проявление неуничтожимости материи и ее движения. Применение законов сохранения к столкновению упругих и неупругих тел.

Элементы кинематики вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейными скоростями и ускорениями точек вращающего тела. Момент силы и момент импульса механической системы. Момент силы относительно оси. Момент инерции тела относительно оси. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси. Кинетическая энергия вращающегося тела. Закон сохранения момента импульса и его связь с изотропностью пространства.

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.

Механические колебания и волны в упругих средах

Гармонические механические колебания. Кинематические характеристики гармонических колебаний. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Пружинный, физический и математический маятники. Энергия гармонических колебаний. Сложение гармонических колебаний одного направления и одной частоты. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний и его решение. Амплитуда смешения и фаза вынужденных колебаний. Понятие о резонансе.

Волновые процессы. Механизм образования механических волн в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Синусоидальные (гармонические) волны. Уравнение бегущей волны. Длина волны и волновое число. Волновое уравнение. Фазовая скорость и дисперсия волн. Энергия волны. Волновой пакет. Групповая скорость. Когерентность.

Интерференция волн. Образование стоячих волн. Уравнение стоячей волны и его анализ.

Электростатика. Постоянный электрический ток

Электрическое поле в вакууме. Электрические свойства тел. Элементарный заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическая постоянная. Электрическое поле. Напряженность поля. Принцип суперпозиции полей. Силовые линии поля. Поток вектора напряженности. Теорема Остроградского – Гаусса. Вычисление напряженности поля различных заряженных тел.

Работа сил электрического поля при перемещении зарядов. Циркуляция вектора напряженности. Потенциал. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом. Потенциал поля точечного заряда. Электрическое поле внутри заряженного проводника. Распределение зарядов в проводниках.

Проводники в электрическом поле. Энергия электрического поля. Проводники в электрическом поле. Электроемкость проводников. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электростатического поля. Объемная плотность энергии.

Электрическое поле в диэлектриках. Свободные и связанные заряды. Электрический диполь. Электрические момент диполя. Диполь в однородном электрическом поле. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Поляризованность (вектор поляризации). Электрическое смещение.

Постоянный электрический ток. Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводников. Источники тока. Электродвижущая сила (э. д. с.). Закон Ома для полной цепи. Закон Ома для участка цепи, содержащего э. д. с. разветвление цепи. Законы Кирхгофа. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца.

Классическая теория электропроводности металлов. Контактные явления. Элементарная классическая теория электропроводности металлов. Объяснение закона Ома и Джоуля – Ленца на основе этой теории. Границы применимости закона Ома.

Термоэлектронная эмиссия и ее практическое применение. Электрический ток в вакууме. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. Явление Пельтье и Томсона.

Литература:

1. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1985.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. Т.1, 2. – М.: Высшая школа, 1973 – 1979.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1, 2 – М.: Наука, 1977 – 1979.
4. Волькенштейн Е.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1979.
5. Чертов Г.А., Воробьев А.А. Задачник по физике. – М.: Высшая школа, 1981.

Дополнительная литература:

1. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика – М.: Наука, 1976.
2. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. – М.: Высшая школа, 1976, 1986.
3. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 1981.

Физические основы механики

Основные формулы
Кинематика

1. Кинематическое уравнение движения материальной точки (центра масс твердого тела вдоль оси X).

$$X = f(t)$$

2. Средняя скорость в вдоль оси X

$$< V_X >= \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

3. Средняя путевая

$$< V >= \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

4. Мгновенная скорость

$$V = \frac{dx}{dt}$$

5. Среднее ускорение

$$< a_X >= \frac{\Delta V_X}{\Delta t}$$

6. Мгновенное ускорение

$$a_X = \frac{dV}{dt} = \frac{d^2 S}{dt^2}$$

Вращательное движение

7. Кинематическое уравнение, движения материальной точки по окружности.

$$\varphi = f(t), \quad r = R = const$$

8. Средняя угловая скорость

$$< \omega >= \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

9. Мгновенная угловая скорость

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

10. Среднее угловое ускорение

$$< \varepsilon >= \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

11. Мгновенное угловое ускорение

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

12. Связь между линейными и угловыми величинами

$$V = \omega R \; ; \; a_\tau = \varepsilon R$$

13. Полное ускорение

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

14. Угол между полным ускорением a и a_n

$$\alpha = \arccos \frac{a_n}{a}$$

Динамика

15. Импульс материальной точки массой m, движущейся поступательно со скоростью V:

$$P = mV$$

16. Второй закон Ньютона:

$$Fdt = dp \cdot (F = ma)$$

17. Силы рассматриваемые в механике:

а) сила упругости (закон Гука)

$$F = -kX$$

где k- коэффициент упругости;

x - величина деформации;

б) вес тела

$$P = mg$$

в) сила гравитационного взаимодействия

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

где (γ = 6,67 · 10^{-11} $м^3/кг \cdot с^2$) - гравитационная постоянная,
m_1 и m_2 - массы взаимодействующих тел;
r - расстояние между телами; $F_{н.д.}$ – сила нормального давления.
18. Сила трения скольжения тел $F = k \cdot F_{н.д.}$, где k - коэффициент трения скольжения.
19. Закон сохранения импульса (для замкнутой системы) или двух тел

$$\sum_{i=1}^{N} P_i = const$$

$$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = m_1\vec{U}_1 + m_2\vec{U}_2,$$

где V_1 и V_2 - начальные скорости двух тел;
U_1 и U_2 - скорости соответствующих тел после взаимодействия.

20. Кинетическая энергия тела, движущегося поступательно

$$T = \frac{mV^2}{2} \text{ или } T = \frac{p^2}{2m}.$$

21. Потенциальная энергия:

а) упругодеформированной пружины

$$W_П = \frac{1}{2}kx^2,$$

где k - жесткость пружины;
x - абсолютная деформация.

б) гравитационного взаимодействия тел (точек)

$$W_П = -\gamma\frac{m_1 \cdot m_2}{r},$$

где r - расстояние между точками.

в) тела, находящиеся в однородном поле силы тяжести

$$W_П = mgh,$$

где h - высота тела над уровнем, принятым за нулевой (формула справедлива, если h<<R, где R - радиус Земли).

22. Закон сохранения механической энергии:

$$E = (W_K + W_n) = const$$

23. Работа А, совершаемая результирующей силой, определяется как мера изменения кинетической энергии:

$$A = W_{K_2} - W_{K_1}$$

Вращательное движение

24. Основное уравнение динамики вращательного движения относительно неподвижной оси Z

$$M_z = J_z \cdot \varepsilon,$$

где M_z - результирующий момент внешних сил относительно оси Z; J_z - момент инерции относительно оси Z.

25. Момент инерции материальной точки и некоторых тел массой m относительно оси проходящей через центр масс:

а) материальная точка

$$J_i = m_i \cdot r_i^2$$

Основные формулы
Электростатика

26. Закон Кулона

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

27. Напряженность электрического поля и потенциал

$$E = \frac{F}{Q},\ \varphi = \frac{П}{Q}$$

28. Сила, действующая на точечный заряд, находящийся в электрическом поле и потенциальная энергия заряда:

$$\vec{F} = Q\vec{E}, \ \Pi = Q\varphi$$

29. Напряженность и потенциал поля, создаваемого системой точечных зарядов

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{N} \vec{E}_i, \ \varphi = \sum_{i=1}^{N} \varphi_i$$

30. E и φ для точечного заряда

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{\varepsilon \cdot r^2}, \ \varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot r}$$

31. Напряженность и потенциал поля, создаваемого проводящей заряженной сферой радиусом R на расстоянии r от центра:

а) (при r < R), $E = 0$, $\varphi = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot R}$;

б) при r = R, $E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot R^2}$, $\varphi = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot R}$;

в) при r > R, $E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot i^2}$, $\varphi = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot r}$

32. Линейная плотность заряда (l - длина линии)

$$\tau = \frac{Q}{l}$$

33. Поверхностная плотность заряда (S - площадь поверхности)

$$\delta = \frac{Q}{S}$$

34. Напряженность и потенциал поля, создаваемого распределенными зарядами. Если заряд равномерно распределен вдоль линии с линейной плотностью τ, то на линии выделяется малый участок длиной dl с зарядом $dQ = \tau dl$. Такой заряд можно рассматривать как точечный l - длина заряженной линии.

$$d\vec{E} = \frac{\tau dl}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot r} \cdot \frac{\vec{r}}{r}, \ d\varphi = \frac{\tau dl}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot r}$$

используя принцип суперпозиции, находим интегрированием $\vec{E}$ и φ поля, создаваемого распределенным зарядом:

$$\vec{E} = \frac{\tau}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon} \int_l \frac{dl}{r} \cdot \frac{\vec{r}}{r}, \ \varphi = \frac{\tau}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon} \int_l \frac{dl}{r}$$

35. напряженность поля, создаваемого бесконечной прямой равномерно заряженной линией или бесконечно длинным цилиндром (r - расстояние от нити или оси цилиндра до точки):

$$E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot r}$$

36. Напряженность поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon}$$

Для двух параллельных бесконечно длинных плоскостей:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}$$

37. Связь потенциала с напряженностью:

а) в общем случае: $\vec{E} = -grad\varphi$ или

$$\vec{E} = -\left(\vec{\tau} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \vec{\gamma} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right);$$

б) в случае однородного тела $\vec{E} = (\varphi_1 - \varphi_2)/(r_2 - r_1)$;

в) в случае поля, обладающего центральной или осевой симметрией:

$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dr}$$

38. Электрический момент диполя (Q - заряд, $\vec{l}$ - плечо диполя):

$$\vec{P}_e = |Q| \cdot \vec{l}$$

39. Работа сил поля по перемещению заряда Q из точки поля с потенциалом φ_1 в точку с потенциалом φ_2.

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

40. Электроемкость: $C = \frac{Q}{\varphi}$ или $C = \frac{Q}{U}$

а) уединенной сферы радиусом R: $C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R$;

б) плоского конденсатора (S - площадь пластины, d - расстояние между пластинами): $C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon \cdot S}{d}$;

41. Электроемкость батареи конденсаторов:

а) последовательное соединение: $\frac{1}{C} = \sum_{i=1} \frac{1}{C_i}$;

б) параллельное соединение (N - число конденсаторов):

$$C = \sum_{i=1}^{N} C_i$$

42. Энергия заряженного конденсатора:

$$W = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

Основные формулы
Постоянный ток

43. Сила тока (Q - заряд через поперечное сечение проводника, t - время): $I = \frac{Q}{t}$

44. Плотность тока (S - площадь поперечного сечения проводника):

$$j = \frac{I}{S}$$

45. Связь плотности тока со средней скоростью $< V >$ направленного движения заряженных частиц:

$$j = e \cdot n < V >,$$

где n - концентрация зарядов.

46. Закон Ома:

а) для однородного участка цепи: $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$;

б) для неоднородного участка цепи с источником ЭДС ε:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon}{R};$$

в) для замкнутой цепи (r - сопротивление источника тока):

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

47. Закон Кирхгофа:

первый закон: $\sum_{i=1}^{n} I_i = 0$ алгебраическая сумма токов сходящихся в узле;

второй закон: $\sum_{i=1}^{n} I_i R_i = \sum_{j=1}^{m} \varepsilon_j$

($\sum_{i=1}^{n} I_i R_i$ - алгебраическая сумма произведений сил токов на сопротивления участков, $\sum_{j=1}^{m} \varepsilon_j$ - алгебраическая сумма ЭДС).

48. Работа и мощность тока:

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

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

49. Закон Джоуля – ленца: $Q = I^2 R \cdot t$

50. Закон Ома в дифференциальной форме $j = \gamma \cdot E$, где j - плотность тока, γ - удельная электропроводность, E - напряженность поля.

51. Связь удельной проводимости с подвижностью заряженных частиц (ионов) (n - концентрация ионов):
$\gamma = Q \cdot n \cdot (b_+ + b_-)$, где b_+ и b_- - подвижности положительных и отрицательных ионов.

Примеры решения задач

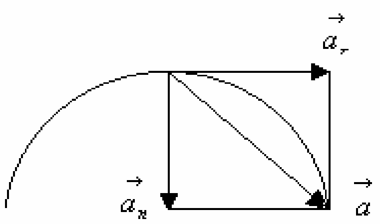
1. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону
$\varphi = A + Bt + Ct^2$, где А = 10 рад., В = 20 рад/с^2, С = -2 рад/с^2. Найти полное ускорение точки, находящейся на расстоянии r = 0,1 м от оси вращения, для момента времени 4 с.

Решение.

Дано:
А = 10 рад.
В = 20 рад/с^2
С = -2 рад/с^2

$\vec{a}$ - ?

Полное ускорение $\vec{a}$ точки, движущейся по кривой линии, может быть найдено как геометрическая сумма тангенциального ускорения $\vec{a}_\tau$, направленного по касательной к траектории, и нормального ускорения $\vec{a}_n$, направленного к центру кривизны траектории:



$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$. Так как a_n и a_τ взаимно перпендикулярны, то абсолютное значение ускорения

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} \qquad (1)$$

Тангенциальное и нормальное ускорения точки вращающегося тела выражаются формулами:

$$a_\tau = \varepsilon \cdot r; \quad a_n = \omega^2 r,$$

где ω - угловая скорость тела;
ε - его ускорение.

Подставляя a_τ и a_n в уравнение (1), находим:

$$a = r\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}.$$

Угловую скорость ω найдем, взяв производную угла поворота по времени:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = B + 2Ct = 20 + 2(-2)4 = 4 \quad рад/с$$

Угловое ускорение найдем, взяв производную от угловой скорости по времени:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2C = -4 \quad рад/с$$

Подставляем r и найденные значения ω и ε в формулу (2):

$$a = 0{,}1 \cdot \sqrt{(-4)^2 + 4^4} = 1{,}65 \quad м/с^2$$

2. Через блок, укрепленный на конце стола, перекинута не растяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы, один из которых $(m_1 = 400г)$ движется по поверхности стола, а другой $(m_2 = 600г)$ - вдоль вертикали вниз. Коэффициент трения k груза о стол равен 0,1. Считать нить и блок невесомыми, определить:
1) ускорение a, с которым движутся грузы;
2) силу натяжения Т нити.

Решение.

Дано:

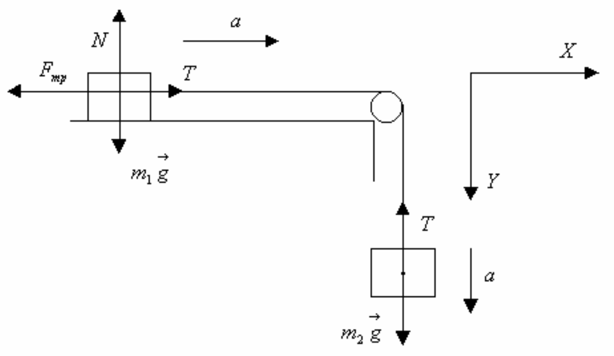
$m_1 = 0{,}4 кг$

$m_2 = 0{,}6 кг$

$k = 0{,}1$

$\bar{a} - ?$

$T - ?$



Выбрав оси координат, запишем для каждого груза уравнение движения (второй закон Ньютона) в проекциях на оси:

$$m_1 a = T - F_{тр},\; m_2 a = m_2 g - T$$

Учитывая, что $F_{тр} = k m_1 g$, получим систему уравнений

$$\left.\begin{array}{l} m_1 a = T - F_{тр} \\ \\ m_2 a = m_2 g - T \end{array}\right\} + \qquad a = \frac{(m_2 - k m_1)}{m_1 + m_2} g = 5{,}6 \text{ м/с}$$

$(m_1 + m_2)a = m_2 g - k m_1 g$ и

Силу натяжения нити найдем из второго уравнения системы:

$$T = m_2(g - a) = 0{,}6(10 - 5{,}6) = 2{,}64 H$$

3. Два свинцовых шара массами m_1=2 кг и m_2=3 кг подвешены на нитях длиной l=70 см. Первоначально шары соприкасаются между собой, затем меньший шар отклонился на угол α=60^0 и отпустили. Считая удар центральным и неупругим, определить:

1) высоту h, на которую поднимутся шары после удара;

2) энергию ΔT, израсходованную на деформацию шаров при ударе.

Решение.

Дано:

m_1=2 кг

m_2=3 кг

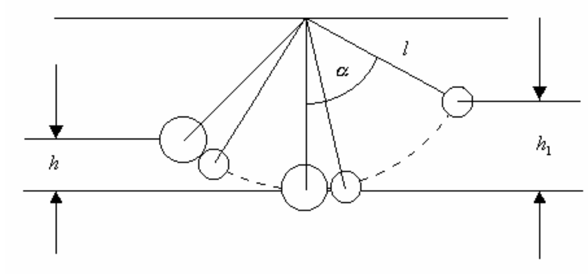
h =0,7 м

α =60^0

---

h - ?

ΔT - ?



Удар неупругий, поэтому после удара шары движутся с общей скоростью V, которую найдем из закона сохранения импульса $m_1 V_1 + m_2 V_2 = (m_1 + m_2)V$, где V_1 и V_2 - скорости шаров до удара.

$$V_2 = 0 \text{ и } V = \frac{m_1 V_1}{m_1 + m_2}$$

Скорость V_1 меньшего шара найдем из закона сохранения механической энергии: $m_1 g h_1 = \frac{m_1 V_1^2}{2}$; $V_1 = \sqrt{2gh_1}$,

где $h_1 = l(1 - \cos\alpha)$ и $V_1 = \sqrt{2gl(1-\cos\alpha)} = 2\sqrt{gl} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$

Подставляя в формулу (1), находим $V = \dfrac{m_1 2\sqrt{gl} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}}{m_1 + m_2}$

Зная скорость V из закона сохранения механической энергии, имеем $\dfrac{(m_1+m_2)V^2}{2} = (m_1+m_2)gh_1$, откуда $h = \dfrac{V^2}{2g}$

Поставляя значение скорости V, получим

$$h = \frac{4m_1^2 gl \cdot \sin^2\frac{\alpha}{2}}{2(m_1+m_2)^2 g} = \frac{2m_1^2 l \cdot \sin^2\frac{\alpha}{2}}{(m_1+m_2)^2} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 0{,}7 \cdot \frac{1}{4}}{(2+3)^2} = 0{,}056 м$$

Энергия, израсходованная на деформацию шаров при ударе

$\Delta T = T_1 - T_2$, где $T_1 = \frac{m_1 V_1^2}{2}$ и $T_2 = \frac{(m_1+m_2)V^2}{2}$, тогда

$$\Delta T = \frac{m_1}{2} 4gl \cdot \sin^2\frac{\alpha}{2} - \frac{(m_1+m_2)}{2} \cdot \frac{m_1^2 4gl \cdot \sin^2\frac{\alpha}{2}}{(m_1+m_2)^2} =$$

$$= \frac{m_1}{2} gl\left(1 - \frac{m_1}{m_1+m_2}\right) = 10 \cdot 0{,}7 \cdot \frac{2}{2}\left(1 - \frac{2}{5}\right) = 4{,}2\,Дж$$

4. Человек сидит в центре скамьи Жуковского, вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой $n_1 = 30 мин^{-1}$. В вытянутых в стороны руках он держит по гире массой $m = 5кг$ каждая. Расстояние от каждой гири до оси вращения $l_1 = 60см$. Суммарный момент инерции человека и скамьи относительно оси вращения $J_0 = 2кг \cdot м^2$.

Определить: 1) частоту n_2 вращения скамьи с человеком; 2) какую работу А совершит человек, если он прижмет гантели к себе так, что расстояние от каждой гири до оси станет равным $l_2 = 20см$.

Решение.

Дано:
$n_1 = 0{,}5c^{-1}$
$m = 5кг$
$l_1 = 0{,}6м$
$J_0 = 2кг \cdot м^2$
$l_2 = 0{,}2м$

n_2 -? А - ?

По условию задачи момент внешних сил относительно вертикальной оси вращения равен нулю, поэтому момент импульса этой системы сохраняется, т.е.

$$J_1\omega_1 = J_2\omega_2 \qquad (1)$$

где $J_1 = J_0 + 2ml_1^2$ и $J_2 = J_0 + 2ml_2^2$ - соответственно момент инерции всей системы до сближения и после сближения;

m - масса каждой гири.

Угловая скорость $\omega_1 = 2\pi n_1$, а $\omega_2 = 2\pi n_2$, подставляя в формулу (1), получим:

$$(J_0 + 2ml_1^2)2\pi n_1 = (J_0 + 2ml_2^2)2\pi n_2$$

$$n_2 = \frac{J_0 + 2ml_1^2}{J_0 + 2ml_2^2} \cdot n_1 = \frac{(2 + 2\cdot 5 \cdot 0{,}36)}{(2 + 2 \cdot 5 \cdot 0{,}04)} \cdot 0{,}5 = 1{,}16c^{-1}$$

Работа, совершаемая человеком, равна изменению кинетической энергии системы:

$$A = T_2 - T_1 = \frac{J_2\omega_2^2}{2} - \frac{J_1\omega_1^2}{2} = \frac{(J_0 + 2ml_2^2)\omega_2^2 - (J_0 + 2ml_1^2)\omega_1^2}{2} =$$

$$= \frac{2{,}4 \cdot 4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 1{,}16^2 - 5{,}6 \cdot 4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 0{,}5^2}{2} = 36{,}8\,Дж$$

5. Частица массой $m = 0{,}01кг$ совершает гармонические колебания с периодом $T = 2c$. Полная энергия колеблющейся частицы $E = 0{,}1мДж$. Определить амплитуду А колебаний и наибольшее значение силы $F_{\max}$, действующей на частицу.

Решение.

Дано:
$m = 0{,}01кг$
$T = 2c$
$E = 10^{-4}\,Дж$

А - ? $F_{\max}$ - ?

Для определения амплитуды колебаний А воспользуемся выражением полной энергии частицы:

$$E = \tfrac{1}{2} \cdot m\omega^2 A^2, \text{ где } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Отсюда

$$A = \frac{T}{2\pi}\sqrt{\frac{2E}{m}} = \frac{2}{2 \cdot 3{,}14}\sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}}} = 0{,}045м$$

Так как частица совершает гармонические колебания, то сила, действующая на нее, является квазиупругой и, следовательно, может быть выражена соотношением $F - kx$, где k - коэффициент квазиупругой силы; x - смещение колеблющейся точки.

Сила будет максимально при смещении $x_{\max} = A$, тогда $F_{\max} = kA$. Коэффициент $k = m\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2}m$.

Подставив выражение k и А, получим

$$F_{\max} = \frac{2\pi}{T}\sqrt{2mE} = \frac{2\cdot 3{,}14}{2}\sqrt{2\cdot 10^{-2}10^{-4}} = 4{,}44\cdot 10^{-3}\,H$$

6. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $q_1 = 30нКл$ и $q_2 = -10нКл$. Расстояние между зарядами 0,2 м. Определить напряженность электрического поля в точке А, находящейся на расстоянии $r_1 = 15см$ от заряда q_1 и на расстоянии $r_2 = 10см$ от второго. Определить потенциал в этой точке.

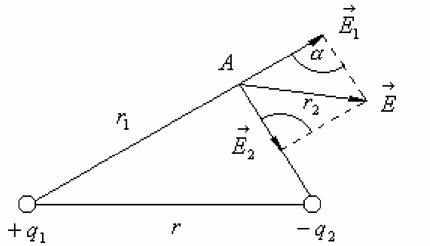
Решение.

Дано:	
$q_1 = 3\cdot 10^{-8}\,Кл$ $q_2 = -10^{-8}\,Кл$ $r_1 = 0{,}15м$ $r_2 = 0{,}1м$ $r = 0{,}2м$	Согласно принципу суперпозиции полей каждый заряд создает поле независимо от присутствия в пространстве других зарядов. Поэтому напряженность Е электрического поля в точке А может быть найдена как геометрическая (векторная) сумма напряженностей
E_A - ? φ_A - ?	$\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$, т.е. $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Напряженность электрического поля создаваемого заряда q_1

$E_1 = \dfrac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2} = 9\cdot 10^9\dfrac{q_1}{r_1^2}$, так как $\varepsilon_0 = \dfrac{1}{4\pi\cdot 9\cdot 10^9}\,Ф/м$ и

$$E_2 = 9\cdot 10^9\frac{q_2}{r_2^2}$$



Так как q_1 положительный заряд, то $\vec{E}_1$ направлен по силовой линии, E_2 - также направлен по силовой линии, но к отрицательному заряду. Абсолютное значение вектора Е найдем по теореме косинусов $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cdot\cos\alpha}$, где α - угол между векторами $\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$,

$$\cos\alpha = \frac{r^2 - r_1^2 - r_2^2}{2r_1r_2} = \frac{(0{,}2)^2 - (0{,}15)^2 - (0{,}1)^2}{2\cdot 0{,}15\cdot 0{,}1} = 0{,}25.$$

Тогда $E = 9\cdot 10^9\sqrt{\dfrac{q_1^2}{r_1^2} + \dfrac{q_2^2}{r_2^2} + 2\dfrac{q_1q_2}{r_1^2r_2^2}\cdot 0{,}25} = 1{,}67\cdot 10^4\,\dfrac{H}{Кл}$.

Потенциал φ_A системой зарядов равен алгебраической сумме потенциалов $\varphi_A = \sum_{i=1}^{n}\varphi_i$. В условиях нашей задачи $\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2$.

Потенциал создаваемый точечным зарядом

$\varphi = 9\cdot 10^9\dfrac{q}{r}$, следовательно

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 9\cdot 10^9\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right) = 9\cdot 10^9\left(\frac{3\cdot 10^8}{0{,}15} + \frac{(-10^{-8})}{0{,}1}\right) = 900B$$

7. По тонкому кольцу равномерно распределен заряд $Q = 4\cdot 10^{-8}\,Кл$ с линейной плотностью $\tau = 50нКл$. Определить напряженность $\vec{E}$. Определить напряженность поля в точке А, лежащей на оси кольца и удаленной от его центра на расстояние, равное половине радиуса.

Решение.

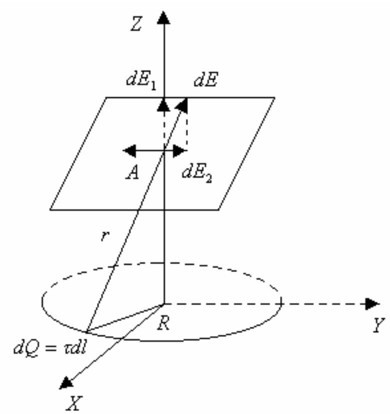
Дано:

$Q = 4 \cdot 10^{-8}\ Кл$

$\tau = 50 \cdot 10^{-9}\ Кл/м$

$h = \dfrac{R}{2}$

E - ?



На кольце выделяем малый участок dl. Так как заряд $dQ = \tau dl$ можно считать точечным, то напряженность $d\bar{E}$ электрического поля, создаваемого этим зарядом

$d\vec{E} = \dfrac{\tau dl}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \cdot \dfrac{\vec{r}}{r}$, где $\vec{r}$ - радиус-вектор, направленный от элемента dl к точке А. Разложим вектор $d\vec{E}$ на две составляющие: $d\vec{E}_1$ перпендикулярно плоскости кольца и $d\vec{E}_2$, параллельно плоскости кольца: $d\vec{E} = d\vec{E}_1 + d\vec{E}_2$.

Напряженность $\vec{E}$ электрического поля в точке А найдем интегрированием: $\vec{E} = \int dE_1 + \int dE_2$, где интегрирование ведется по всем элементам заряженного кольца. Ввиду симметричности $\int dE_2 = 0$, составляющие $d\vec{E}_1$ для всех элементов кольца сонаправлены. Тогда $\vec{E} = \int d\vec{E}_1$ так как

$\left| d\vec{E} \right| = \dfrac{\tau dl}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$, а $r = \sqrt{R^2 + \dfrac{R^2}{4}} = \dfrac{\sqrt{5}Rl}{2}$ и $\cos\alpha = \dfrac{R}{2r} = \dfrac{1}{\sqrt{5}}$, то

$dE_1 = 9 \cdot 10^9 \dfrac{4\tau dl}{5R^2\sqrt{5}}$, то $E = 9 \cdot 10^9 \displaystyle\int_0^{2\pi R} \dfrac{\tau dl}{5\sqrt{5} \cdot R^2} = \dfrac{2\tau \cdot 9 \cdot 10^9}{5\sqrt{5} \cdot \varepsilon_0 R}$.

Из соотношения $Q = 2\pi R\tau \to R = \dfrac{Q}{2\pi\tau}$.

Тогда $E = \dfrac{4\pi\tau \cdot 9 \cdot 10^9}{5\sqrt{5} \cdot Q}$;

$|E| = \dfrac{4\pi\tau^2 \cdot 9 \cdot 10^9}{5\sqrt{5} \cdot Q} = \dfrac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 25 \cdot 10^{-16}}{5\sqrt{5} \cdot 4 \cdot 10^{-8}} = 6{,}32 \cdot 10^2 \left(В/м\right)$

8. Заряд $10^{-9}\ Кл$ переносится из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии 1 см от поверхности заряженного шара радиусом 9 см. Поверхностная плотность положительного заряда $10^{-4}\ \dfrac{Кл}{м^2}$. Определить совершаемую при этом работу. Какая работа совершается на последних 10 см пути?

Решение.

Дано:

$q = 10^{-9}\ Кл$

$r_0 = 10^{-2}\ м$

$R = 9 \cdot 10^{-2}\ м$

$\sigma = 10^{-4}\ Кл/м^2$

$l = 10^{-1}\ м$

$A - ?\quad A_1 - ?$

Работа сил электрического поля определяется по формуле $A = q(\varphi_2 - \varphi_1)$, где $\varphi_1 = 0$ - потенциал в начальной точке; φ_2 - потенциал в конечной точке. Потенциал, создаваемый заряженным шаром радиусом R в точке на расстоянии r_0 от его поверхности, определяется по формуле: $\varphi = \dfrac{q_0}{4\pi\varepsilon_0(R + r_0)}$, где $q_0 = \sigma \cdot 4\pi R^2$ - заряд шара и

$$A = q\varphi_2 = \frac{q\sigma R^2}{\varepsilon_0(R+r_0)} = \frac{10^{-8}\cdot 10^{-4}\cdot 81\cdot 10^{-4}}{8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}1} = 9{,}2\cdot 10^{-4}\ Дж.$$

Работу на последних 0,1 м пути можно определить по формуле $A_1 = q(\varphi_2 - \varphi_1^1)$, где $\varphi_1^1 = \dfrac{q_0}{4\pi\varepsilon_0(R+r_0+l)}$, где φ_1^1 - потенциал в точке на расстоянии $(R+r_0+l)$ от центра шара и

$$A_1 = \frac{q\sigma R^2}{\varepsilon_0(R+r_0)} - \frac{q\sigma R^2}{\varepsilon_0(R+r_0+l)} = 9{,}2\cdot 10^{-4}\ Дж -$$

$$-\frac{10^{-8}\cdot 10^{-4}\cdot 81\cdot 10^{-4}}{8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}2} = 4{,}6\cdot 10^{-4}\ Дж.$$

9. Конденсатор емкостью $C_1 = 3мкФ$ был заряжен до разности потенциалов 40 В. После отключения от источника тока конденсатор был соединен параллельно с другим незаряженным конденсатором емкостью $C_2 = 5мкФ$. Какое количество энергии первого конденсатора израсходуется на образование искры в момент присоединения второго конденсатора.

Решение.

Дано:
$C_1 = 3\cdot 10^{-6}Ф$
$U_1 = 40B$
$C_2 = 5\cdot 10^{-6}Ф$

$\Delta E - ?$

Количество энергии ΔE, израсходованной на образование искры равно $\Delta E = E_1 - E_2$ (1), где E_1 - энергия первого конденсатора до присоединения конденсатора C_2, E_2 - энергия, которую имеет батарея, составленная из конденсаторов C_1 и C_2.

Энергия заряженного конденсатора определяется по формуле $E = \dfrac{CU^2}{2}$ (2), где С – емкость конденсатора или батареи конденсаторов; U – разность потенциалов на обкладках конденсаторов.

Выразив в формуле (1) энергии E_1 и E_2 по формуле (2) и принимая во внимание, что общая емкость параллельно соединенных конденсаторов $C = C_1 + C_2$ получим:

$$\Delta E = \frac{C_1U_1^2}{2} - \frac{(C_1+C_2)U_2^2}{2} \quad (3)$$

Разность потенциалов U_2 на зажимах батареи конденсаторов $U_2 = \dfrac{Q}{C_1+C_2} = \dfrac{C_1U_1}{(C_1+C_2)}$. Подставим в уравнение (3)

$$\Delta E = \frac{1}{2}\frac{C_1C_2}{(C_1+C_2)}U_1^2 = \frac{1}{2}\frac{3\cdot 10^{-6}\cdot 5\cdot 10^{-6}\cdot 1600}{8\cdot 10^{-6}} = 1{,}5\cdot 10^3\ Дж.$$

10. Определить максимальную мощность которая может выделиться во внешней цепи, питаемой от батареи с ЭДС 12 В, если наибольшая сила тока, которую может дать батарея, равна 5 А.

Решение.

Дано:
$\varepsilon = 12B$
$I_{\max} = 5A$

$P_{R_{\max}}$ -?

Используем закон Ома для замкнутой цепи

$J = \dfrac{\varepsilon}{R+r}$ (1), где R - сопротивление внешней цепи; r - внутреннее сопротивление источника тока.

Мощность N, выделяемая во внешней цепи определяется по формуле $N = J^2R$. Тогда

$$N = \frac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2}$$

Мощность N зависит от внешнего сопротивления R; Исследуем функцию $N(R)$ на экстремум

$$\frac{dN}{dR} = \frac{\varepsilon^2(r^2-R^2)}{(r+R)^4} = 0 \ \text{ и } \ R = r$$

$$J_{\max} = \frac{\varepsilon}{r} \to r = \frac{\varepsilon}{I_{\max}} \ \text{ и } \ R = \frac{\varepsilon}{I_{\max}}$$

и $N_{\max} = \frac{\varepsilon \cdot I_{\max}}{4} = \frac{12 \cdot 5}{4} = 15Bm$.

11. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 20 Ом$ нарастает в течение времени $\Delta t = 2c$ по линейному закону от $I_0 = 0$ до $I = 6A$. Определить Q_1, выделившуюся в этом проводнике за первую секунду, и Q_2 - за вторую, а так же найти отношение Q_2/Q_1.

Решение.

Дано:
$R = 20 Ом$
$\Delta t = 2c$
$I_0 = 0$
$I = 6A$
$t_1 = 1c$
$t_2 = 2c$

$Q_1 - ?$
$Q_2 - ?$
Q_2/Q_1 -?

Закон Джоуля-Ленца в виде $Q = I^2 Rt$ справедлив для постоянного тока ($I = const$). Если сила тока в проводнике изменяется, то $dQ = I^2 Rdt$, где I является некоторой функцией времени. В данном случае $I = kt$, где k - коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость изменения силы тока: $\kappa = \frac{\Delta I}{\Delta t} = 3 A/C$.

С учетом $dQ = k^2 Rt^2 dt$. Для определения теплоты, выделившейся за конечный интервал времени Δt; Проинтегрируем формулу

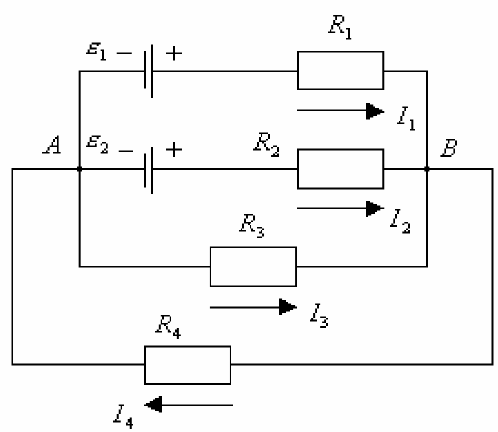
$$Q = k^2 R \int_{t_1}^{t_2} t^2 dt = \frac{1}{3} k^2 R (t_2^3 - t_1^3).$$

Тогда $Q_1 = \frac{1}{3} \cdot 3^2 \cdot 20(1-0) = 60 Дж$ и

$Q_2 = \frac{1}{3} \cdot 3^2 \cdot 20(8-1) = 420 Дж$.

Следовательно $Q_2/Q_1 = 420/60 = 7$.

12. Источники тока с электродвижущими силами ε_1 и ε_2 включены как показано на рис.



Определить силы токов, текущих в сопротивлениях R_2 и R_3, если $\varepsilon_1 = 10B$ и $\varepsilon_2 = 4B$, а $R_1 = R_4 = 2 Ом$ и $R_2 = R_3 = 4 Ом$. Сопротивлением источников пренебречь.

Решение.

Дано:
$\varepsilon_1 = 10B$
$\varepsilon_2 = 4B$
$R_1 = R_4 = 2 Ом$
$R_2 = R_3 = 4 Ом$

$I_2, I_3 - ?$

Силы токов в разветвленной цепи определяют с помощью законов Кирхгофа. Выберем направления токов, как они показаны на рис. и условимся обходить контур по часовой стрелке. По первому закону Кирхгофа составляем уравнение для узла B (ток подходящий к узлу берем со знаком плюс; ток отходящий от узла – со знаком минус)

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0.$$

По второму правилу Кирхгофа для контуров $AR_1BR_2A, AR_1BR_3A, AR_3BR_4A$

$I_1R_1 - I_2R_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$

$I_1R_1 - I_3R_3 = \varepsilon_1$

$I_3R_3 + I_4R_4 = 0$

Подставив данные задачи

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$
$$2I_1 - 4I_2 = 6$$
$$2I_1 - 4I_3 = 10$$
$$4I_2 - 2I_4 = 0$$

Для нахождения токов I_2, I_3, удобно воспользоваться методом определителей. С этой целью перепишем уравнения в следующем виде:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$
$$2I_1 - 4I_2 + 0 + 0 = 6$$
$$2I_1 + 0 - 4I_3 + 0 = 10$$
$$0 + 0 + 4I_3 + 2I_4 = 0$$

Искомые значения токов найдем из выражений $I_2 = {\Delta I_2}/{\Delta}$ и $I_3 = {\Delta I_3}/{\Delta}$, где Δ - определитель системы уравнений; $\Delta I_2, \Delta I_3$ - определители, полученные заменой соответствующих столбцов определителя Δ столбца, составленными из свободных членов четырех выше проведенных уравнений. Находим:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 2 & -4 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 2 \end{vmatrix} = 96; \qquad \Delta I_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 6 & 0 & 0 \\ 2 & 10 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 2 \end{vmatrix} = 0;$$

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & -1 \\ 2 & -4 & 6 & 0 \\ 2 & 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = -96.$$

Получаем $I_2 = 0$; $I_3 = -1A$. Знак "минус" означает, что ток I_3 на сомом деле течет от узла В к узлу А. (см рис.)

Контрольная работа

№	Номера задач									
0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1
2	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.2
3	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3	10.3
4	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.4
5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5
6	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6	10.6
7	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.7	9.7	10.7
8	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8
9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9

1.0. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом $r = 12{,}5 см$ с постоянным тангенциальным ускорением $a_\tau = 0{,}5 см/с^2$. Определить:

1) момент времени, при котором вектор ускорения $\vec{a}$ образует с вектором скорости $\vec{V}$ угол $\alpha = 45^0$;

2) путь, пройденный за это время движущейся точкой.

1.1. Колесо вращается с постоянным углом ускорения $\varepsilon = 3\ рад/с$. Определить радиус колеса, если через $t = 1с$ после начала движения после ускорения $a = 7{,}5\ м/с^2$.

1.2. Зависимость пройденного телом пути по окружности радиусом $r = 3м$ задается уравнением $S = At^2 + Bt$ ($A = 0{,}4\ м/с^2$ $B = 0{,}1\ м/с^2$). Определить для момента времени $t = 1с$ после начала движения ускорения: 1) нормальное; 2) тангенциальное; 3) полное.

1.3. Зависимость пройденного телом пути S от времени t выражается уравнением $S = At + Bt^2 + Ct^3$ ($A = 2\ м/с$ $B = 0{,}3\ м/с^2$ $C = 4\ м/с^3$). Записать выражения для скорости и ускорения. Определить для момента времени $t = 2с$ после начала движения:

1) пройденный путь; 2) скорость; 3) ускорение.

1.4. Начальное ускорение точки, движущейся по окружности радиусом $r = 4 м$, задается уравнением
$a_n = A + Bt + Ct^2$ ($A = 1\, м/с^2$ $B = 6\, м/с^3$ $C = 9\, м/с^4$).
Определить:
1) тангенциальное ускорение точки; 2) путь, пройденный точкой за время $t_1 = 5с$ после начала движения; 3) полное ускорение для момента времени 1 с.

1.5. По прямой линии движутся две материальные точки согласно уравнением: $X_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$ и
$X_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$,
где $B_1 = 4\, м/с^2$, $C_1 = -3\, м/с^3$, $B_2 = -2\, м/с^2$, $C_2 = 1\, м/с^3$.
Определить момент времени, для которого ускорения этих точек будут равны.

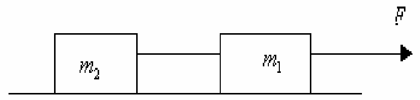
1.6. Определить скорость V и полное ускорение a точки в момент времени $t = 2с$, если она движется по окружности радиусом $R = 1м$ согласно уравнению $\xi = At + Bt^3$,
где $A = 8\, м/с$, $B = -1\, м/с^2$, ξ - криволинейная координата, отсчитанная от некоторой точки, принятой за начальную, вдоль окружности.

1.7. Точка движется по окружности радиусом $R = 1{,}2 м$. Уравнение движения точки $\varphi = At + Bt^3$,
где $A = 0{,}5\, рад/с$, $B = 0{,}2\, рад/с^2$. Определить тангенциальное a_τ, нормальное a_n и полное a ускорения точки в момент времени $t = 4с$.

1.8. Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением
$S = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ ($C = 0{,}1\, м/с^2$, $D = 0{,}03\, м/с^3$). Определить: 1) через какое время после начала движения ускорение a тела будет равно $2\, м/с^2$; 2) среднее ускорение $\langle a \rangle$ тела за этот промежуток времени.

1.9. Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением $S = A - Bt + Ct^2 + Dt^3$ ($A = 6м$, $B = 3\, м/с$, $C = 2\, м/с^2$, $D = 1\, м/с^3$). Определить для тела в интервале времени от $t_1 = 1с$ до $t_2 = 4с$:
1) среднюю скорость; 2) среднее ускорение.

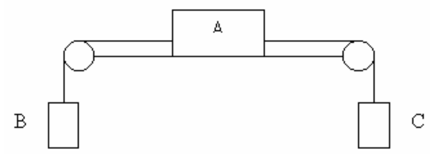
2.0. Два груза ($m_1 = 500г$ и $m_2 = 700г$) связаны невесомой нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности.



К грузу m_1 приложена горизонтально направлена сила $F = 6H$. Пренебрегая трением, определить:
1) ускорение груза;
2) силу натяжения нити.

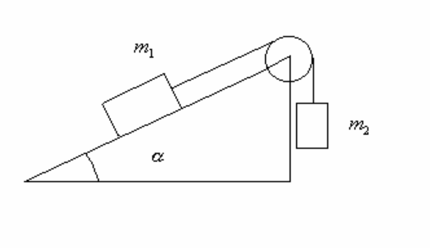
2.1. К нити подвешен груз массой $m = 500г$. Определить силу натяжения нити, если нить с грузом: 1) поднимать с ускорением $2\, м/с^2$; 2) опускать с тем же ускорением.

2.2. Тело А массой М=2 кг находится на горизонтальном столе и соединено нитями посредством блоков с телами В ($m_1 = 0{,}5кг$) и С ($m_2 = 0{,}3кг$).



Считая нити и блоки невесомыми и пренебрегая силами трения, определить: 1) ускорение, с которым будут двигаться эти тела; 2) разность сил напряжения нити.

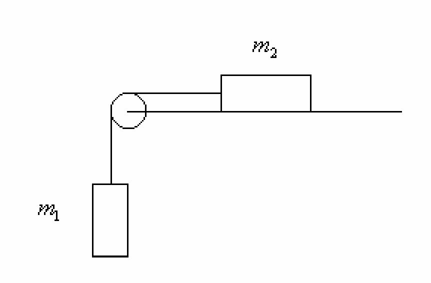
2.3. В установке угол наклонной плоскости с горизонтом равен 20^0, массы тел $m_1 = 200г$ и $m_2 = 150г$.



Считая нити и блоки невесомыми и пренебрегая силами трения, определить ускорение, с которым будут двигаться эти тела, если тело m_2 опускается.

2.4. С вершины клина, длина которого $l = 2м$ и высота которого 1 м, начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином $f = 0{,}15$. Определить: 1) ускорение, с которым движется тело; 2) время прохождения тела вдоль клина; 3) скорость тела у основания клина.

2.5. Грузы одинаковой массой $(m_1 = m_2 = 0{,}5кг)$ соединены нитью и перекинуты через неподвижный блок.

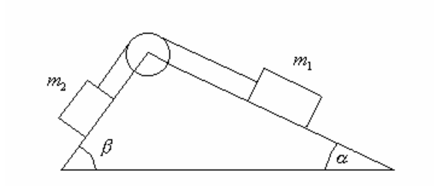


Коэффициент трения груза m_2 о стол $f = 0{,}15$. Пренебрегая трением в блоке, определить: 1) ускорение, с которым движутся грузы; 2) силу натяжения нити.

2.6. По наклонной плоскости с углом наклона к горизонту равным 30^0, скользит тело. Определить скорость в конце второй секунды от начала скольжения, если коэффициент трения $f = 0{,}15$.

2.7. Вагон массой $m = 10^3$ спускается по канатной железной дороге с уклоном $\alpha = 15^0$ к горизонту. Принимая коэффициент трения $f = 0{,}15$, определить силу натяжения каната при торможении вагона в конце спуска, если скорость вагона перед торможением $v_0 = 2{,}5\, м/с$, а время торможения 6с.

2.8. На рис. $\alpha = 30^0$ и $\beta = 45^0$, массы тел $m_1 = 0{,}45кг$ и $m_2 = 0{,}5кг$.



Считать нить и блок невесомыми и пренебрегая силами трения, определить: 1) ускорения, с которыми движутся тела;
2) силу натяжения нити.

2.9. Снаряд массой $m = 5кг$, вылетевший из орудия, в верхней точке траектории иметь скорость $v = 300\, м/с$. В этой точке он разорвался на два осколка, причем больший осколок $m_1 = 3кг$ полетел в обратном направлении со скоростью $v_1 = 100\, м/с$. Определить скорость v_2 второго, меньшего осколка.

3.0. Платформа в виде диска радиусом $r = 1м$ вращается по инерции, делая $6\, об/мин$. На краю платформы стоит человек, масса которого 80 кг. Сколько оборотов в минуту будет делать платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы $120кг \cdot м^2$. Момент инерции человека рассчитывается как для материальной точки.

3.1. Маховик насажен на горизонтальную ось. На обод маховика намотан шнур, к которому привязан груз массой 800 кг. Опускать равноускоренно, груз прошел 160 см за 2 с. Радиус маховика 20 см. Определить момент инерции маховика.

3.2. Период обращения искусственного спутника Земли 2 часа. Считая орбиту спутника кривой найти, на какой высоте над поверхностью Земли движется спутник.

3.3. Человек стоит на скамейке Жуковского и ловит рукой мяч массой $0{,}4кг$, летящий в горизонтальном направлении со скоростью $20\, м/с$. Траектория мяча проходит на расстоянии 0,8 м от вертикальной оси вращения скамейки. С какой угловой скоростью вращается скамейка Жуковского с человеком, поймавшим мяч?
Суммарный момент инерции человека и скамейки $6кг \cdot м^2$.

3.4. Маховик начинает вращаться из состояния покоя с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0{,}4\,рад/c^2$.
Определить кинетическую энергию маховика через время $t_2 = 0{,}25c$ после начала движения, если через $t_1 = 10c$ после начала движения момент импульса маховика составлял $60\,(кг \cdot м^2)/c$.

3.5. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузики массой 100 и 110 г. С каким ускорением будут двигаться грузики, если масса блока равна 400 г? Трение не учитывается.

3.6. Два диска радиусом 20 см и массой 5 кг вращался, делая $8\,об/c$. При торможении он остановился через 4 с. Определить тормозящий момент.

3.7. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью $10\,м/c$. Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе? Коэффициент сопротивления движения диска = 0,02.

3.8. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом 2 м, стоит человек. Масса платформы 200 кг, масса человека 80 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти с какой угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью $2\,м/c$ относительно платформы.

3.9. Маховик насажен на горизонтальную ось. На обод маховика намотан шнур, к которому привязан груз массой 600 г. Опускаясь равноускоренно, груз прошел 200 см за 4 с. Радиус маховика 40 см. Определить момент инерции маховика.

4.0. Шар массой $m_1 = 2кг$ сталкивается с покоящимся шаром большей массы и при этом теряет 40% кинетической энергии. Определить массу m_2 большего шара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

4.1. По небольшому куску мягкого железа, лежащему на наковальне массой $m_1 = 300кг$, ударяет молот массой $m_2 = 8кг$. Определить к.п.д. (η) удара, если удар неупругий. Полезной считать энергию, затраченную на деформацию куска железа.

4.2. Шар массой $m_1 = 1кг$ движется со скоростью $v_1 = 4\,м/c$ и сталкивается с шаром массой $m_2 = 2кг$, движущимися навстречу ему со скоростью $v_2 = 3\,м/c$. Каковы скорости U_1 и U_2 шаров после удара? (Удар упругий, прямой, центральный).

4.3. Шар массой 4 кг движется со скоростью $2\,м/c$ и сталкивается с покоящимся шаром массой 1 кг. Вычислить работу, совершенную вследствие деформации шара при прямом центральном ударе. Шары считать неупругими.

4.4. Тело массой $m_1 = 1кг$ ударяется о неподвижное тело массой 4 кг. Считая удар центральным и абсолютно упругим, найти какую часть энергии передает первое тело второму при ударе.

4.5. Молот массой 70 кг падает с высоты 5 м ударяет по железному изделию, лежащему на наковальне. Масса наковальни вместе с изделием 1330 кг. Считая удар абсолютно неупругим, определить энергию, расходуемую на деформацию изделия. Систему молот-изделие-наковальня считать замкнутой.

4.6. Шар массой $m_1 = 10кг$ сталкивается с шаром массой $m_2 = 4кг$. Скорость первого шара $v_1 = 4\,м/c$, второго $v_2 = 12\,м/c$. Найти общую скорость шаров после удара в двух случаях: 1) малый шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении; 2) шары движутся навстречу друг другу. Удар считать прямым, центральным, неупругим.

4.7. Шар массой $m_1 = 200г$, движущийся со скоростью $v_1 = 10\,м/c$ сталкивается с неподвижным шаром массой

$m_2 = 800г$. Удар прямой, центральный, абсолютно упругий. Определить скорости шаров после столкновения.

4.8. Шар, двигавшийся горизонтально, столкнулся с неподвижным шаром и передал 64% своей кинетической энергией. Шары абсолютно упругие, удар прямой, центральный. Во сколько раз масса второго шара больше массы первого шара?

4.9. На покоящийся шар массой $m_1 = 5кг$ налетает со скоростью $v_2 = 5\,м/с$ шар массой $m_2 = 3кг$. Направление движения второго шара изменилось на угол 45^0. Определить скорости U_1 и U_2 шаров после удара, считая шары абсолютно упругими.

5.0. Плоская волна распространяется вдоль прямой со скоростью $v = 20\,м/с$. Две точки, находящиеся на этой прямой, на расстоянии $x_1 = 12м$ и $x_2 = 15м$ от источника волн, колеблются с разностью фаз $\Delta\varphi = 0{,}7\pi$. Найти длину волны λ, написать уравнение волны и найти смещение указанных точек в момент $t = 1{,}2с$, если амплитуда колебаний $A = 0{,}1м$.

5.1. Частица массой $m = 0{,}01кг$ совершает гармонические колебания с периодом $T = 2с$. Полная энергия колеблющейся частицы $E = 0{,}1мДж$. Определить амплитуду А колебаний и наибольшее значение силы $F_{\max}$, действующий на частицу.

5.2. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени смещение точки $x = 5см$, скорость $v = 20с\,м/с$ и ускорение $a = -80\,см/с^2$. Найти циклическую частоту и период колебаний, фазу колебаний в рассмотренный момент времени и амплитуду колебаний.

5.3. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид $x = A\sin\omega\cdot t$, где $A = 5см$, $\omega = 2с^{-1}$. Найти момент времени (ближайший к началу отсчета), в который потенциальная энергия точки $E_{пот} = 10^{-4}\,Дж$, а возвращающая сила $F = 5\cdot 10^{-3}\,H$. Определить также фазу колебаний в этот момент времени.

5.4. Определить частоту ν гармонических колебаний диска радиусом $r = 20см$ около горизонтальной оси, проходящей через середину радиуса диска, перпендикулярно ее плоскости.

5.5. Определить период Т гармонических колебаний диска радиусом 40 см около горизонтальной оси, проходящий через образующую диска.

5.6. Определить скорость v распространения волн в упругой среде, если разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний двух точек, отстоящих друг от друга на $\Delta x = 15см$, равна $\pi/2$. Частота колебаний $\upsilon = 25Гц$.

5.7. Найти максимальную кинетическую энергию $E_{\max}$ материальной точки массой $m = 2г$, совершающей гармонические колебания с амплитудой А = 4 см и частотой $\upsilon = 5Гц$

5.8. На стержне длиной $l = 30см$ укреплены два одинаковых грузика: один – в середине стержня, другой – на одном из его концов. Стержень с грузиками колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стрежня. Определить приведенную длину l и период Т гармонических колебаний. Массой стержня пренебречь.

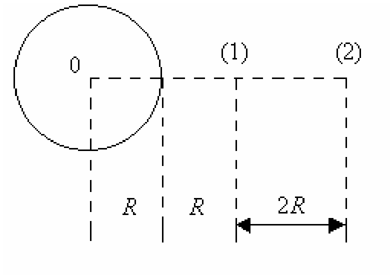
5.9. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью $v = 50\,м/с$. Период колебаний $T = 0{,}5с$, расстояние между точками $\Delta x = 50см$.
Найти разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний в этих точках.

6.0. Точечные заряды $Q_1 = 20мкКл$, $Q_2 = -10мкКл$ находятся на расстоянии $d = 5см$ друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на $r_1 = 3см$ от первого и на $r_2 = 4см$ от второго заряда. Определить силу $\vec{F}$, действующую в этой точке на точечный заряд $Q = 10^{-6}\,Кл$.

6.1. Тонкий стержень длиной $l = 20 см$ несет равномерно распределенный заряд $q = 0{,}1 \cdot 10^{-6}\ Кл$. Определить напряженность $\vec{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке А, лежащей на оси стержня на расстоянии $a = 20 см$ от его конца.
6.2. Два положительных точечных заряда Q и $9Q$ закреплены на расстоянии 1 м друг от друга. Определить, в какой точке на прямой следует поместить третий заряд, так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения зарядов возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.
6.3. По тонкому полукольцу радиуса $R = 10 см$ равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 10^{-6}\ Кл/м$. Определить напряженность $\vec{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке О, совпадающей с центром кольца.
6.4. Четыре одинаковых заряда $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 40 мкКл$ закреплены в вершинах квадрата со стороной $a = 10 см$. Найти силу $\vec{F}$, действующую на один из зарядов со стороны трех остальных.
6.5. Три одинаковых точечных заряда $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 2 \cdot 10^{-9}\ Кл$ находятся в вершинах равностороннего треугольника со сторонами $a = 10 см$. Определить модуль и направление силы $\bar{F}$, действующей на один из зарядов со стороны двух других.
6.6. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α. Шарики погружают в масло. Какова, плотность ρ масла, если угол расхождения нитей при погружении в масло остается неизменным? Плотность материала шариков $\rho_0 = 1{,}5 \cdot 10^3\ кг/м^3$, диэлектрическая проницаемость масла $\varepsilon = 2{,}2$.
6.7. Тонкое кольцо несет распределенный заряд $Q = 0{,}2 мкКл$. Определить напряженность $\vec{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке А, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние $r = 20 см$. Радиус кольца $R = 10 см$.
6.8. Треть тонкого кольца радиусом $R = 10 см$ несет распределенный заряд 50 нКл. Определить напряженность $\bar{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке О, совпадающей с центром кольца.
6.9. Бесконечный тонкий стержень, ограниченный одной стороны, несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью $\tau = 0{,}5\ мкКл/м$. Определить напряженность $\vec{E}$ электрического поля создаваемого распределенным зарядом в точке А, лежащей на оси стержня на расстоянии $a = 20 см$ от его начала.
7.0. На двух концентрических сферах радиусом R и $2R$ равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями σ_1 и σ_2 (рис.). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость $E(r)$ - напряженности электрического поля от расстояния для трех областей: I, II, III Принять $\sigma_1 = 4\sigma$; $\sigma_2 = \sigma$; 2) вычислить напряженность $\vec{E}$ в точке удаленной от центра на расстоянии r, и указать направление вектора $\vec{E}$. Принять $\sigma = 30 \cdot 10^{-9}\ Кл/м^2$, $r = 1{,}5R$; 3) построить график $E(r)$.
7.1. Два точечных заряда $Q_1 = 6 нКл$ и $Q_2 = 3 нКл$ находятся на расстоянии $d = 60 см$ друг от друга. Какую работу необходимо совершить внешним силам, чтобы уменьшить расстояние между зарядами вдвое?

7.2. См. условие задачи (7.0.). В п.1 принять $\sigma_1 = -4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$. В п.2 принять $\sigma = 50 \cdot 10^{-9}\ Кл/м^2$, $r = 1{,}5R$.

7.3. Электрическое поле создано заряженным проводящим шаром, потенциал φ которого 300В. Определить работу сил поля по перемещению заряда $Q = 0{,}2мкКл$ из точки 1 в точку 2 (рис.).



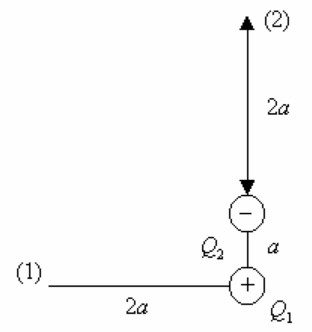
7.4. На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями σ_1 и σ_2 (рис.). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса и принцип суперпозиции электрических полей, найти выражение $E = t(x)$ напряженности электрического поля в трех областях I, II, III. Принять $\sigma_1 = 2\sigma$; $\sigma_2 = \sigma$; 2) вычислить напряженность Е поля в точке, расположенной слева от плоскости, и указать направление вектора $\vec{E}$; 3) построить график.

7.5. Условие задачи 7.0. В п.1 принять $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = -\sigma$ В п.2 принять $\sigma = 0{,}1 \cdot 10^{-6}\ Кл/м^2$, $r = 3R$.

7.6. См. условие задачи 7.0. В п.1 принять $\sigma_1 = -2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$. В п.2 принять $\sigma = 0{,}1 \cdot 10^{-6}\ Кл/м^2$, $r = 3R$.

7.7. Электрическое поле создано зарядами $Q_1 = 2мкКл$ и $Q_2 = -2мкКл$ находящимися на расстоянии а = 10 см друг от друга. Определить работу сил поля, совершаемую при перемещении заряда $Q = 0{,}5мкКл$ из точки 1 в точку 2.

7.8. Две параллельные заряженные плоскости, поверхностные плотности заряда $\sigma_1 = 2мк\ Кл/м^2$ и $\sigma_2 = -0{,}8мк\ Кл/м^2$, находятся на расстоянии $d = 0{,}6см$ друг от друга. Определить разность потенциалов U между плоскостями.



7.9. Диполь с электрическим моментом $P = 10^{12}\ Кл \cdot м$ свободно установился в свободном электрическом поле напряженностью $E = 2 \cdot 10^5\ В/м$. Определить работу внешних сил, которую необходимо совершить для поворота диполя на угол $\alpha = 180^0$.

8.0. Конденсаторы емкостью $C_1 = 5мкФ$ и $C_2 = 10мкФ$ заряжены до напряжений $U_1 = 60В$ и $U_2 = 100В$ соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одноименные заряды.

8.1. Пылинка массой $m = 200 \cdot 10^{-9}\ кг$, несущая на себе заряд $Q = 40нКл$, влетела в электрическом поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов $U = 200В$ пылинка имела скорость $v = 10\ м/с$. Определить скорость v_0 пылинки до того как она влетела в поле.

8.2. Конденсаторы емкостями $C_1 = 2мкФ$, $C_2 = 5мкФ$ и $C_3 = 10мкФ$ соединены последовательно и находятся под напряжением $U = 850В$. Определить напряжение и заряд на каждом из конденсаторов.

8.3. Электрон, обладавший кинетической энергией Т = 10 эВ влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов $U = 8В$?

8.4. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью $C = 10^{-10}\,\Phi$ каждый соединены последовательно. Определить, на сколько изменится емкость С батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином.

8.5. Конденсаторы емкостью $C_1 = 10 мк\Phi$ заряжен до напряжения $U = 10 B$. Определить заряд на обкладках этого конденсатора после того, как параллельно ему был подключен другой, незаряженный, конденсатор емкостью $C_2 = 20 мк\Phi$.

8.6. Два конденсатора емкостями $C_1 = 2 мк\Phi$, $C_2 = 5 мк\Phi$ и $C_3 = 10 мк\Phi$ соединены последовательно и находятся под напряжением $U = 850 B$. Определить напряжения и заряд на каждом из конденсаторов.

8.7. Найти отношение скоростей ионов Cu^{++} и K^{+} прошедших одинаковую разность потенциалов.

8.8. Электрон с энергией 400 эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом $R = 10 см$. Определить минимальное расстояние d, на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее $Q = -10 нКл$.

8.9. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь в одной платины до другой, приобрел скорость $v = 10^5\ м/с$. Расстояние между пластинами $d = 8 мм$. Найти: 1) разность потенциалов U между пластинами; 2) поверхностную плотность заряда σ на пластинах.

9.0. За время $t = 20 с$ при равномерно возраставшей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике сопротивлением $R = 5 0м$ выделилось количество теплоты $Q = 4 кДж$. Определить скорость нарастания силы тока, если сопротивление проводника $R = 5 Ом$.

9.1. Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к клеммам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением $r = 4 \cdot 10^3\ Ом$. Амперметр показывает силу тока $I = 0{,}3 A$, вольтметр напряжение $U = 120 B$. Определить сопротивление R катушки. Определить относительную погрешность ε, которая будет допущена при измерении сопротивления, если пренебречь силой тока, текущего через вольтметр.

9.2. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I = I_0 e^{-\alpha t}$, где $I_0 = 20 A$, $\alpha = 10^2\ c^{-1}$. Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике за время $t = 10^{-2}\ c$.

9.3. ЭДС батареи $\varepsilon = 80 B$, внутреннее сопротивление $R_i = 5 Ом$. Внешняя цепь потребляет мощность $P = 100 Вт$. Определить силу тока I в цепи, напряжение U, под которым находится внешняя цепь и ее сопротивление R.

9.4. Сила ока в проводнике изменяется со временем по закону $I = I_0 \sin\omega t$. Найти заряд Q, проходящий через поперечное сечение проводника за время t, равное половине периода Т, если начальная сила тока $I_0 = 10 A$, циклическая частота $\omega = 50\pi c^{-1}$.

9.5. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 10 Ом$ за время $t = 5 с$ равномерно возрастает от $I_1 = 5 A$ до $I_2 = 2 A$ выделилось количество теплоты $Q = 5 кДж$. Найти сопротивление R проводника.

9.7. От батареи, ЭДС которой $\varepsilon = 600 B$, требуется передать энергию на расстоянии $l = 1 км$. Потребляемая мощность $P = 5 кВт$. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных проводящих проводов $d = 0{,}5 см$.

9.8. При внешнем сопротивлении $R_1 = 0{,}8 м$ сила тока в цепи $I_1 = 0{,}8 A$, при сопротивлении $R_2 = 15 м$ сила тока $I_2 = 0{,}5 A$. Определить силу тока короткого замыкания источника ЭДС.

9.9. ЭДС батареи $\varepsilon = 24B$. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея, $I_{\max} = 10A$. Определить максимальную мощность $P_{\max}$, которая может выделятся во внешней цепи.

10.0. Две батареи аккумуляторов ($\varepsilon_1 = 10B$, $r_1 = 1Ом$, $\varepsilon_2 = 8B$, $r_2 = 2Ом$) и реостат $R = 6Ом$ соединены, как показано на рис.1. Найти силу тока в батареях и реостате.

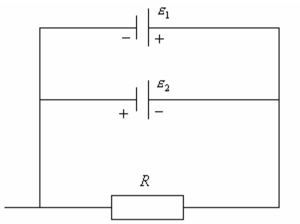


Рис.1

10.1. Два источника тока ($\varepsilon_1 = 8B$, $r_1 = 2Ом$, $\varepsilon_2 = 6B$, $r_2 = 1{,}5Ом$) и реостат ($R = 10Ом$) соединены как показано на рис.2. Вычислить силу тока I, текущего через реостат.

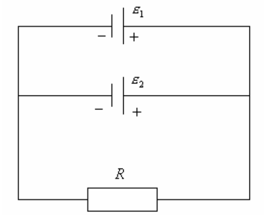


Рис.2

10.2. Определить силу тока I_3 в реостате сопротивлением R_3 и напряжение U_3 на концах реостата, если $\varepsilon_1 = 4B$, $\varepsilon_2 = 3B$, если $R_1 = 2Ом$, $R_2 = 6Ом$, $R_3 = 1Ом$ внутренним сопротивлением источников пренебречь (рис.3).

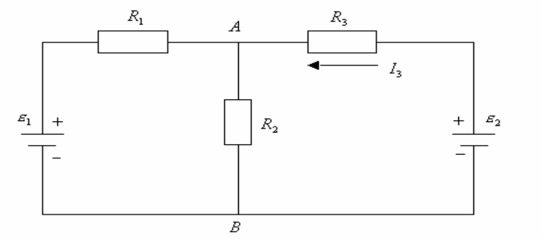


Рис.3

10.3. Три батареи с ЭДС ($\varepsilon_1 = 12B$, $\varepsilon_2 = 5B$, $\varepsilon_3 = 10B$)и одинаковыми внутренними сопротивлениями $r = 1Ом$ соединены одинаковыми полюсами. Сопротивление соединенных проводов ничтожно мало. Определить силы токов I, идущих через каждую батарею.

10.4. Три источника тока ЭДС (Рис.4) ($\varepsilon_1 = 11B$, $\varepsilon_2 = 4B$, $\varepsilon_3 = 6B$) и три реостата с сопротивлениями $R_1 = 5Ом$, $R_2 = 10Ом$, $R_3 = 2Ом$ соединены, как показано на рис. Определить силы токов I в реостатах внутренним сопротивлением источников тока пренебречь.

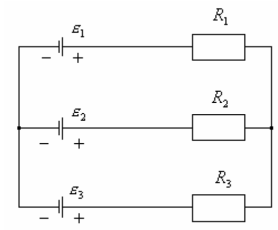


Рис.4

10.5. Три сопротивления $R_1 = 5Ом$, $R_2 = 1Ом$, $R_3 = 3Ом$, а также источник тока с ЭДС $\varepsilon_1 = 1{,}4B$ соединены как показано на рис. Определить ЭДС источника тока, который надо подключить в цепи между точками А и В, (Рис.5) чтобы в сопротивлении R_3 шел ток силой $I_3 = 1A$ в направлении, указанной стрелкой. Сопротивлением источника тока пренебречь.

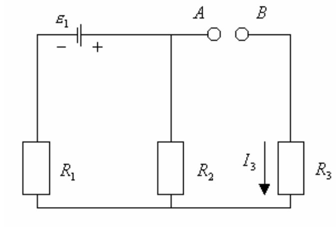


Рис.5

10.6. В схеме (рис.6) ε_1 - элемент с ЭДС $\varepsilon_1 = 2{,}1B$, $\varepsilon_2 = 1{,}9B$, $R_1 = 45Ом$, $R_2 = 10Ом$ и $R_3 = 10Ом$. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.

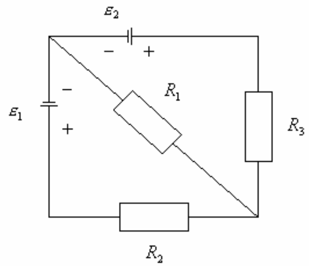


Рис.6

10.7. В схеме (рис.7) $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2B$ -два элемента с равными ЭДС. Внутренние сопротивления этих элементов соответственно $r_1 = 1Ом$ и $r_2 = 2Ом$. Чему равно внешнее сопротивление R, если сила тока I_1, текущего через ε_1, равно 1А? Найти силу тока I_2, тока I_R, идущего через сопротивление R.

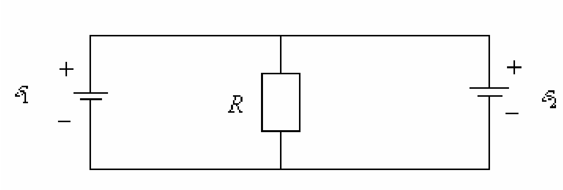


Рис.7

10.8. В схеме (рис.8) ε_1 и ε_2 -два элемента с одинаковой ЭДС в 2В и одинаковым внутренним сопротивлением, равным 0,5Ом. Найти силу тока, текущего: 1) через сопротивление $R_1 = 0{,}5 Ом$; 2) через сопротивление $R_2 = 1{,}5 Ом$; 3) через элемент ε_1.

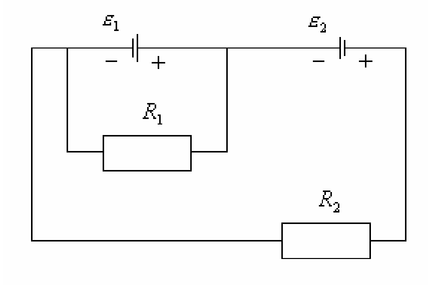


Рис.8

10.9. Найти показание миллиамперметра mA в схеме (рис.9), если $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1{,}5 B$, $r_1 = r_2 = 0{,}5 Ом$, $R_1 = R_2 = 2 Ом$, $R_3 = 1 Ом$. Сопротивление миллиамперметра равно 3Ом.

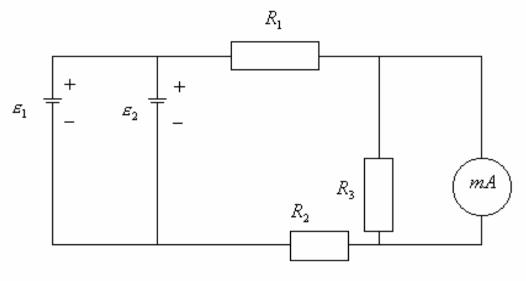


Рис.9

Основные физические постоянные

Физические постоянные	Обозначение	Значение
Нормальное ускорение свободного падения	g	9,81 м/с^2
Гравитационная постоянная	G (γ)	$6{,}67 \cdot 10^{-11}$ $м^2/кг \cdot с^2$
Постоянная Авогадро	N_A	$6{,}02 \cdot 10^{23}$ $моль^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	$8{,}31$ $Дж/моль \cdot К$
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях	V_m	$22{,}4 \cdot 10^{-3}$ $м^3/моль$
Постоянная Больцмана	k	$1{,}38 \cdot 10^{-23}$ $Дж/К$
Радиус Земли	-	$6{,}37 \cdot 10^{6}$ $м$
Масса Земли	-	$5{,}98 \cdot 10^{24}$ $кг$
Радиус Луны	-	$1{,}74 \cdot 10^{6}$ $м$
Масса Луны	-	$7{,}33 \cdot 10^{22}$ $кг$
Расстояние от центра Земли до центра Солнца	-	$1{,}49 \cdot 10^{11}$ $м$
Расстояние от центра Земли до центра Луны	-	$3{,}84 \cdot 10^{8}$ $м$

Эффективный диаметр молекулы

Газ	Диаметр, (10^{-10} $м$)	Газ	Диаметр, (10^{-10} $м$)
Азот	3,0	Гелий	1,9
Водород	2,3	Кислород	2,7

Плотность твердых тел

Твердое тело	Плотность, $кг/м^3$	Твердое тело	Плотность, $кг/м^3$
Алюминий	$2,7\cdot10^3$	Медь	$8,93\cdot10^3$
Барий	$3,5\cdot10^3$	Никель	$8,9\cdot10^3$
Ванадий	$6,02\cdot10^3$	Свинец	$11,3\cdot10^3$
Висмут	$9,8\cdot10^3$	Серебро	$10,5\cdot10^3$
Железо	$7,88\cdot10^3$	Цезий	$1,9\cdot10^3$
Литий	$0,53\cdot10^3$	Цинк	$7,15\cdot10^3$

Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, $кг/м^3$
Вода (при 4^0 С)	$1,00\cdot10^3$
Глицерин	$1,26\cdot10^3$
Ртуть	$13,6\cdot10^3$
Сероуглерод	$1,26\cdot10^3$
Спирт	$0,8\cdot10^3$

Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, $кг/м^3$	Газ	Плотность, $кг/м^3$
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,26	Кислород	1,43

Коэффициент поверхностного натяжения

Жидкость	Коэффициент, $мН/м$	Жидкость	Коэффициент, $мН/м$
Вода	72	Ртуть	500
Мыльная пленка	40	Спирт	22