

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладной физики и биофизики

Е.И.Бойкова

И.О. Заплатина

В.И.Крюк

С.В.Нескоромный

Ф И З И К А

Программа, методические указания
и контрольные задания по физике
для студентов заочного факультета
спец. 250201 и 250203
направление 250100 «Лесное дело»
(с примерами решения задач)

Екатеринбург
2008

Печатается по решению кафедры прикладной физики и биофизики
УГЛТУ. Протокол № 2 от 24.09.2007 г.

Рецензент: канд.-физ.мат.наук, доцент Чепелев Ю.Л.

Подписано в печать 24.01.08

Плоская печать

Заказ № 38

Формат 60x84 1/16

Печ. л. 2,32

Поз. 91

Тираж 200 экз.

Цена 7 р. 80 к.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Контрольные вопросы по физике для заочников лесохозяйственного факультета

1. Механическое движение. Системы отсчета. Уравнение движения материальной точки. Скорость. Ускорение.
2. Движение точки по кривой. Скорость движения по кривой. Ускорение криволинейного движения. Тангенциальная и нормальная составляющие ускорения.
3. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Угловая скорость и ускорение. Связь между векторами линейных и угловых скоростей и ускорений.
4. Первый закон механики Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.
5. Второй закон механики Ньютона. Сила. Масса. Импульс и его изменения.
6. Третий закон механики Ньютона. Взаимодействие тел. Ускорения, приобретаемые взаимодействующими телами.
7. Закон сохранения импульса.
8. Работа переменной силы. Графическое изображение работы. Мощность.
9. Энергия в механике. Связь энергии с работой. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения энергии в механике.
10. Основной закон динамики вращательного движения. Момент импульса и закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращающегося тела.
11. Момент инерции твердого тела. Теорема Штейнера.
12. Виды сил в механике. Силы трения. Сила упругости. Сила тяжести.
13. Гармонические колебания. Возвращающая сила. Уравнение гармонических колебаний. Векторная диаграмма гармонических колебаний. Сложение колебаний, направленных по одной прямой.
14. Скорость и ускорение при гармонических колебаниях. Энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.
15. Образование волн в механике. Виды волн. Основные характеристики волн и их связь. Уравнение плоской волны.
16. Молекулярно-кинетическая теория строения вещества и ее опытное обоснование.
17. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа (для давления).
18. Средняя кинетическая энергия поступательного движения мо-

- лекул. Молекулярно-кинетическое толкование температуры. Абсолютная температура. Константа Больцмана.
19. Уравнение состояния идеального газа. Законы идеальных газов как следствия уравнения состояния.
 20. Внутренняя энергия системы как функция состояния. Работа расширения. Количество теплоты. Эквивалентность теплоты и работы. Первое начало термодинамики.
 21. Число степеней свободы молекул. Распределение энергии молекул по степеням свободы. Внутренняя энергия молекул идеального газа.
 22. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Изохорная и изобарная теплоемкости. Работа, совершаемая газом в изопроцессах.
 23. Адиабатический процесс. Уравнения Пуассона. Работа, совершаемая газом при адиабатическом расширении.
 24. Взаимодействие электрических зарядов. Закон Кулона. Диэлектрическая проницаемость. Электрическая постоянная.
 25. Электрическое поле. Напряженность. Индукция поля и ее связь с напряженностью.
 26. Графическое изображение электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса.
 27. Напряженность поля, создаваемого бесконечной заряженной плоскостью, двумя плоскостями.
 28. Напряженность поля точечного заряда, системы зарядов.
 29. Работа силы поля при перемещении зарядов. Потенциал электрического поля системы точечных зарядов.
 30. Напряженность и потенциал поля заряженной сферы.
 31. Электрическая емкость проводников. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Соединение конденсаторов.
 32. Энергия системы неподвижных точечных зарядов заряженного проводника электрического поля.
 33. Причины возникновения тока. Сила и плотность тока. Напряженность. Электродвижущая сила. Сторонние силы.
 34. Закон Ома для однородного и неоднородного участков цепи и для полной цепи.
 35. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.
 36. Законы Кирхгофа для разветвленной цепи.
 37. Магнитное поле электрического тока. Магнитная индукция и напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная постоянная.
 38. Закон Био-Саварра-Лапласа. Напряженность магнитного кругового тока.
 39. Напряженность магнитного поля прямого тока.

40. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов.
41. Действие магнитного поля на заряд, движущийся в магнитном поле. Сила Лоренца.
42. Возникновение индукционного тока. ЭДС индукции. Закон Фарадея-Максвелла. Правило Ленца.
43. Поступательное движение прямолинейного провода в магнитном поле. Вычисление ЭДС индукции.
44. Вращательное движение рамки в магнитном поле. Вычисление ЭДС индукции.
45. Самоиндукция. Взаимоиндукция и индуктивность. Индуктивность соленоида и тороида.
46. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии.
47. Краткий исторический обзор взглядов на природу света. Корпускулярная и волновая теории света. Электромагнитная природа света.
48. Применение принципа Гюйгенса к световым волнам. Вывод законов отражения и преломления на основе волновых представлений. Полное внутреннее отражение.
49. Интерференция света. Способы получения когерентных волн. Щели Юнга, зеркала Френеля.
50. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников (щели Юнга).
51. Интерференция в тонких пленках.
52. Интерференция света. Кольца Ньютона.
53. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля.
54. Дифракционная решетка и ее применение.
55. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера.
56. Поляризатор и анализатор. Закон Малюса.
57. Тепловое излучение или отличие его от других видов излучения. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа.
58. Законы излучения абсолютно черного тела.
59. Фотоэлектрический эффект. Способы его наблюдения. Основные законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
60. Краткий очерк развития представлений о строении атома. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа частиц. Ядерная модель атома.
61. Закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера.
62. Постулаты Бора. Дискретность энергетических уровней в атоме. Опыты Франка и Герца.
63. Атом водорода и его спектр по теории Бора.

64. Радиоактивные излучения. Закономерности альфа- и бета распадов. Закон смещения.

65. Закон радиоактивного распада. Активность.

66. Искусственное расщепление ядер. Тепловой эффект ядерной реакции.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К выполнению контрольных работ по каждому разделу курса физики студент приступает только после изучения материала, соответствующего данному разделу учебной программы, внимательного ознакомления с примерами решения задач, приведенных в данных указаниях.

При выполнении контрольных работ студенту необходимо руководствоваться следующим.

1. Указать основные законы и формулы, на которых базируется решение задачи, дать словесную формулировку этих законов, разъяснить буквенные обозначения, употребляемые при написании формул. Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.

2. Сделать чертеж, поясняющий содержание задачи (в тех случаях, когда это возможно).

3. Решение задачи сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

4. Решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи.

5. Подставить в окончательную формулу, полученную в результате решения задачи в общем виде, числовые значения, выраженные в единицах системы СИ.

6. Вычислить величины, подставленные в формулу, руководствуясь правилами приближенных вычислений, записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование единицы измерения искомой величины.

7. Контрольные работы выполняются только по условиям задач данных указаний.

8. Контрольные работы выполняются в обычной школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения по следующему образцу:

Студент II курса спец. 250203

Андреев И.П. Шифр 25732

Адрес: г. Вологда, ул. Советская, 4, кв. 1

Контрольная работа по физике
методические указания 2008 года
для спец. 250201 и 250203.

9. Для замечаний преподавателей на страницах тетради оставляются поля. Каждая следующая задача должна начинаться с новой страницы. Условия задач переписываются полностью без сокращений.

10. В конце контрольной работы необходимо указать, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при выполнении заданий (название учебника, авторы, год издания). Это делается для того, чтобы рецензент в случае необходимости мог указать, что следует студенту изучить для завершения контрольной работы.

11. Высылать на рецензию следует одновременно не более одной контрольной работы.

12. После получения из университета прорецензированной работы студент обязан выполнить указания рецензента.

13. Во избежание одних и тех же ошибок очередную работу следует высылать в университет только по получении рецензии на предыдущую работу.

14. В случае, если контрольная работа не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с незачтенной работой.

15. *В процессе изучения курса физики студенты ЛХФ должны выполнить две контрольные работы: в первую контрольную работу входят первые 7 задач варианта, а во вторую – последние 5 задач (всего 12). Для студентов 3,5 г. обучения соответственно (1,2,4,6,7) 5 и (9,10,11) 3, всего 8 задач.*

Номер варианта определяется последней цифрой шифра.

В данных методических указаниях приводятся примеры решения задач, в которых наиболее часто допускаются ошибки при выполнении контрольных работ.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями: $x_1 = (20 + 2t - 4t^2)$ м;
 $x_2 = (2 + 2t + 0,5t^2)$ м.

В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми? Чему равны скорости и ускорения в этот момент времени?

Решение

Учитывая, что мгновенная скорость $V = \dot{x}$, находим мгновенные скорости первой точки и второй:

$$V_1 = (2 - 8t) \text{ м/с};$$

$$V_2 = (2 + t) \text{ м/с}.$$

По условию задачи $V_1(t_1) = V_2(t_1)$, тогда $2 - 8t_1 = 2 + t_1$.

Отсюда $t_1 = 0$ с, а $V_1(t_1) = V_2(t_1) = 2$ м/с. Ускорение равно $a = \dot{V}$.
 $a_1 = -8$ м/с² – ускорение первой точки, $a_2 = 1$ м/с² – ускорение второй точки. a_1 и a_2 не зависят от времени, т.е. движение первой точки равнозамедленное, движение второй точки равноускоренное.

Задача 2. Шарик массой 500 г, подвешенный на нерастяжимой нити длиной $l = 1$ м, совершает колебания в вертикальной плоскости. Найти силу натяжения нити в момент, когда нить образует с вертикалью угол $\alpha = 60^\circ$. Скорость шарика в этот момент $v = 1,5$ м/с.

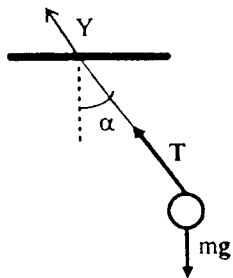


Рис. 1

Решение

На шарик действуют: сила тяжести mg и сила T – сила натяжения нити (рис. 1). Запишем для шарика закон Ньютона в векторной форме:

$$mg + T = ma. \quad (1)$$

Направим ось Y вдоль радиуса и спроецируем на нее обе части уравнения (1). Получим:

$$T - mg \cos \alpha = ma_y.$$

Учитывая, что $a_y = a_n = v^2/l$, перепишем уравнение (1):

$$T - mg \cos \alpha = mv^2/l, \text{ откуда}$$

$$T = m(v^2/l + g \cos \alpha);$$

$$T = 0,5(1,5^2/1 + 9,8 \cdot 0,5) = 3,6 \text{ Н}.$$

Ответ: $T = 3,6$ Н.

Задача 3. Кислород массой $m = 10$ г находится под давлением $p = 0,303$ МПа при температуре $T_1 = 10^\circ \text{ С}$. После расширения вследствие нагревания при постоянном давлении кислород занял объем $V_2 = 10$ л. Найти объем газа до расширения и температуру газа после расширения.

Решение

Из уравнения Менделеева-Клапейрона $pV_1 = mRT_1/\mu$ найдем объем кислорода до его расширения: $V_1 = mRT_1/\mu p$; $V_1 \approx 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

По условию задачи кислород расширяется при постоянном давлении, поэтому его температуру после расширения можно найти по закону Гей-Люссака $V_1/T_1 = V_2/T_2$, откуда получим:

$$T_2 = V_2 T_1 / V_1; \quad T_2 \approx 1,18 \cdot 10^3 \text{ К}.$$

Ответ: $V_1 \approx 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $T_2 \approx 1,18 \cdot 10^3 \text{ К}$.

Задача 4. Три точечных заряда $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1$ нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд Q_4 нужно поместить в центре треугольника, чтобы указанная система зарядов находилась в равновесии?

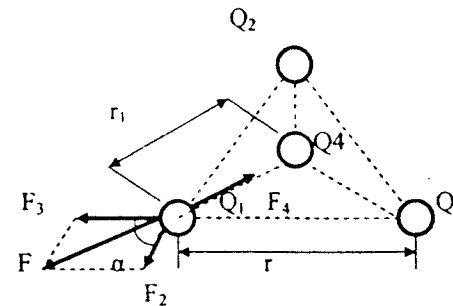


Рис. 2

Решение

Заряды, расположенные в вершинах треугольника, находятся в одинаковых условиях. Поэтому достаточно выяснить, какой заряд треугольника, чтобы какой-нибудь один из трех зарядов, например Q_1 , находился в равновесии. Заряд Q_1 будет находиться в равновесии, если векторная сумма действующих на него сил равна нулю (рис. 2):

$$F_2 + F_3 + F_4 = F + F_4 = 0, \quad (2)$$

где F_2, F_3, F_4 – силы, с которыми действуют на заряд Q_1 заряды Q_2, Q_3, Q_4 ; F – равнодействующая сил F_2 и F_3 .

Так как силы F и F_4 направлены по одной прямой в противоположные стороны, то векторное равенство (2) можно заменить скалярным равенством

$$F - F_4 = 0, \text{ откуда}$$

$$F_4 = F.$$

Выразив в последнем равенстве F через F_2 и F_3 и учитывая, что

$F_3 = F_2$, получим:

$$F_4 = F_2 \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}.$$

Применим закон Кулона и учтем, что $Q_2 = Q_3 = Q_1$, получим:

$$Q_1 Q_4 / (4\pi\epsilon_0 r_1^2) = Q_1^2 \sqrt{2(1 + \cos \alpha)} / (4\pi\epsilon_0 r^2),$$

откуда

$$Q_4 = Q_1 r_1^2 \sqrt{2(1 + \cos \alpha)} / r^2 \quad (3)$$

Из геометрических построений в равностороннем треугольнике следует, что

$$r_1 = (r/2) / (\cos \alpha / 2) = r / (2 \cos 30^\circ) = r / \sqrt{3},$$

$$\cos \alpha = \cos 60^\circ = 0,5.$$

С учетом этого формула (3) примет вид:

$$Q_4 = Q_1 / \sqrt{3}.$$

Подставим сюда числовое значение.

$$\text{Ответ: } Q_4 = 577 \text{ пКл.}$$

Задача 5. Расстояние l между двумя точечными зарядами $Q_1 = 2$ нКл и $Q_2 = -3$ нКл, расположенными в вакууме, равно 20 см. Определить: 1) напряженность E ; 2) потенциал ϕ поля, создаваемого этими зарядами в точке, удаленной от первого заряда на расстояние $r_1 = 15$ см и от второго заряда на $r_2 = 10$ см.

Дано: $l = 20$ см,

$Q_1 = 2$ нКл,

$Q_2 = -3$ нКл,

$r_1 = 15$ см,

$r_2 = 10$ см

1) E - ?

2) ϕ - ?

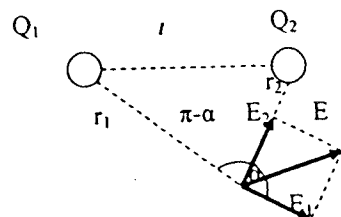


Рис. 3

Решение

Согласно принципу суперпозиции для электростатического поля:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2, \quad (4)$$

где направления векторов показаны на рис.3. Напряженности электростатического поля, создаваемого зарядами Q_1 и Q_2 определяем по (3). Модуль E находим по теореме косинусов:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1 E_2 \cos \alpha}, \quad (5)$$

где

$$\cos \alpha = l^2 - r_1^2 - r_2^2 / (2 r_1 r_2) \quad (6)$$

Подставив напряженности E_1 и E_2 , найденные по формуле для напря-

женности точечного заряда, и $\cos \alpha$ из (6), найдем искомую напряженность в точке А:

$$E = 1 / (4\pi\epsilon_0) \sqrt{\frac{Q_1^2}{r_1^4} + \frac{2|Q_1 Q_2|}{r_1^2 r_2^2} \cos \alpha + \frac{Q_2^2}{r_2^4}}.$$

Согласно принципу суперпозиции потенциал результирующего поля:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2, \quad (7)$$

где ϕ_1 и ϕ_2 - соответственно потенциалы полей, создаваемых точечными зарядами Q_1 и Q_2 .

Подставив найденные значения потенциалов в (7), получим:

$$\phi = 1 / (4\pi\epsilon_0) [Q_1 / r_1 + Q_2 / r_2].$$

$$\text{Ответ: } 1) E = 3 \text{ кВ/м; } 2) \phi = -150 \text{ В.}$$

Задача 6. Тонкий стержень длиной $l = 20$ см несет равномерно распределенный заряд. На продолжении оси стержня на расстоянии 10 см от ближайшего конца находится точечный заряд $Q_1 = 40$ нКл; который взаимодействует со стержнем с силой $F = 6$ мкН. Определить линейную плотность τ заряда на стержне.

Решение

Дано: $l = 20$ см,

$a = 10$ см,

$Q_1 = 40$ нКл,

$F = 6$ мкН

τ - ?

Сила взаимодействия заряженного стержня с точечным зарядом зависит от линейной плотности заряда на стержне. При вычислении силы следует иметь в виду, что заряд на стержне не является точечным, поэтому закон Кулона непосредственно применить нельзя. В этом случае можно поступить следующим образом.

Выделим на стержне малый участок dr с зарядом $dQ = \tau dr$. Этот заряд можно рассматривать как точечный.

Тогда согласно закону Кулона

$$dF = Q_1 \tau dr / (4\pi\epsilon_0 r^2).$$

Интегрируя это выражение в пределах от a до $(a + l)$, получим:

$$F = \frac{Q_1 \tau}{4\pi\epsilon_0} \int_a^{a+l} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q_1 \tau}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+l} \right) = \frac{Q_1 \tau}{4\pi\epsilon_0 a(a+l)},$$

откуда интересующая нас линейная плотность заряда.

$$\tau = \frac{4\pi\epsilon_0 a(a+l)}{Q_1} F$$

Подставим числовые значения величин в полученную формулу и произведем вычисления.

Уральский государственный
лесотехнический университет
ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ
г. Екатеринбург, Славянский тракт, 37

Ответ: $\tau = 2,5$ нКл/м.

Задача 7. На пластинах плоского воздушного конденсатора находится заряд $Q = 10$ нКл. Площадь S каждой пластины конденсатора 100 см^2 . Определить силу, с которой притягиваются пластины. Между пластинами считать однородным.

Дано: $Q = 10$ нКл,
 $S = 100 \text{ см}^2$,
 $\epsilon = 1$
 $F = ?$

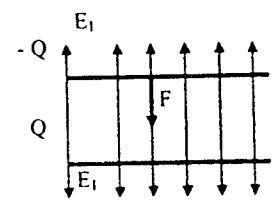


Рис. 4

Решение

Заряд Q одной пластины находится в поле напряженностью E_1 , созданном зарядом другой пластины конденсатора. Следовательно, на заряд действует сила F (рис.4):

$$F = QE_1. \quad (8)$$

Учитывая, что

$$E_1 = \sigma / 2\epsilon_0 = Q / 2\epsilon_0 S, \quad (9)$$

где σ - поверхностная плотность заряда пластины, выражение (8) с учетом (9) примет вид

$$F = Q^2 / 2\epsilon^0 S. \quad (10)$$

Ответ: $F = 560$ мкН.

Задача 8. Определить ускоряющую разность потенциалов, которую должен пройти в электрическом поле электрон, чтобы его скорость возросла от 1 Мм/с до 5 Мм/с .

Решение

Дано: $v_1 = 1 \text{ Мм/с}$;
 $v_2 = 5 \text{ Мм/с}$;
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$;
 $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Работа, совершаемая силами электрического поля при перемещении электрона из точки 1 в точку 2, равна

$$A = e(\phi_1 - \phi_2). \quad (11)$$

С другой стороны, она равна изменению кинетической энергии электрона:

$$A = T_2 - T_1 = m v_2^2 / 2 - m v_1^2 / 2. \quad (12)$$

Приравняв (11) и (12), найдем искомую ускоряющую разность потенциалов:

$$\phi_1 - \phi_2 = m (v_2^2 - v_1^2) / 2e.$$

Ответ: $\phi_1 - \phi_2 = 68,3 \text{ В}$.

Задача 9. Точечный заряд 10^{-8} Кл находится на расстоянии $0,5 \text{ м}$ от бесконечно протяженной плоскости, равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2$. Какую работу надо совершить, чтобы приблизить заряд до расстояния $0,2 \text{ м}$?

Решение

Дано: $\sigma = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2$;
 $q = 10^{-8} \text{ Кл}$;
 $r_1 = 0,5 \text{ м}$;
 $r_2 = 0,2 \text{ м}$.

Предположим, что плоскость неподвижна, а точечный заряд перемещается в электростатическом - поле, созданном равномерно заряженной плоскостью. Работа сил электрического поля определяется по (11), ϕ_1 и ϕ_2 - соответственно потенциалы электрического поля, созданного бесконечно протяженной заряженной плоскостью в точках 1 и 2.

A - ?

В нашем случае поле плоскости однородное. Потенциал однородного электрического поля с напряженностью E определяется по формуле $\phi = -Er$, где r - расстояние от рассматриваемой точки поля до плоскости; $E = \sigma / (2\epsilon_0\epsilon)$ - напряженность электрического поля бесконечно равномерно заряженной плоскости, тогда

$$A = qE(r_1 - r_2) = q\sigma (r_1 - r_2) / 2\epsilon_0\epsilon.$$

Ответ: $A = 6,8 \text{ мДж}$.

Задача 10. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов $1,5 \text{ кВ}$. Площадь пластин 15 см^2 , расстояние между ними 5 мм . После отключения конденсатора от источника напряжения в пространство между пластинами внесли диэлектрик ($\epsilon_2 = 7$). Определить: 1) разность потенциалов между пластинами после внесения диэлектрика; 2) емкость конденсатора до и после внесения диэлектрика; 3) поверхностную плотность заряда на пластине до и после внесения диэлектрика.

Уральский государственный
лесотехнический университет
ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ
г. Екатеринбург, Славянский тракт, 37

Решение

Дано: $U_1 = 1,5 \text{ кВ};$
 $S = 150 \text{ см}^2;$
 $d = 5 \text{ мм};$
 $\epsilon_1 = 1;$
 $\epsilon_2 = 7$

После отключения конденсатора от источника напряжения заряд остается неизменным. Так как $E = \sigma / (\epsilon_0 \epsilon) = U/d$, то до внесения диэлектрика $\sigma d = U_1 \epsilon_0 \epsilon_1$, а после внесения диэлектрика $\sigma d = U_2 \epsilon_0 \epsilon_2$, поэтому

$$U_2 = \epsilon_1 U_1 / \epsilon_2$$

$U_2 - ?; C_1, C_2 - ?$
 $\sigma_1, \sigma_2 - ?$

Емкость конденсатора до и после внесения диэлектрика:

$$C_1 = \epsilon_0 \epsilon_1 S/d \text{ и } C_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 S/d.$$

Так как $q = \text{const}$, то поверхностная плотность заряда на пластинах до и после внесения диэлектрика

$$\sigma_1 = \sigma_2 = Q/S = C_1 U_1 / S = C_2 U_2 / S.$$

Ответ: $U_2 = 214 \text{ В}; C_1 = 26,5 \text{ пФ},$
 $C_2 = 186 \text{ пФ}; \sigma = 2,65 \text{ мкКл/м}^2.$

Задача 11. Конденсатор емкостью 3 мкФ был заряжен до разности потенциалов 40 В. После отключения от источника тока конденсатор соединили параллельно с другим незаряженным конденсатором емкостью 5мкФ. Какая энергия израсходуется на образование искры в момент присоединения второго конденсатора?

Решение

Дано: $\sigma = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2;$
 $q = 10^{-8} \text{ Кл};$
 $r_1 = 0,5 \text{ м};$
 $r_2 = 0,2 \text{ м}$

Энергия W' , израсходованная на образование искры,
 $W' = W_1 - W_2, \quad (13)$
 где W_1 - энергия, которой обладал первый конденсатор до присоединения к нему второго конденсатора; W_2 - энергия которую имеет батарея, составленная из первого и второго конденсаторов.

Энергия заряженного конденсатора определяется по формуле

$$W = CU^2 / 2, \quad (14)$$

где C - емкость конденсатора или батареи конденсаторов; U - разность потенциалов на обкладках конденсаторов.

Выразив в равенстве (13) энергии W_1 и W_2 по формуле (14) и учитывая, что общая емкость параллельно соединенных конденсаторов равна сумме емкостей отдельных конденсаторов, получим

$$W' = C_1 U_1 / 2 - (C_1 + C_2) U_2 / 2, \quad (15)$$

где U_2 - разность потенциалов на зажимах батареи конденсаторов. Учитывая, что заряд после присоединения второго конденсатора остался прежним, выразим разность потенциалов U_2 :

$$U_2 = Q / (C_1 + C_2) = C_1 U_1 / (C_1 + C_2). \quad (16)$$

Подставив выражение (16) в формулу (15), получим

$$W' = C_1 U_1^2 / 2 - (C_1 + C_2) C_1^2 U_1^2 / [2(C_1 + C_2)^2]. \quad (17)$$

Преобразовав (17), найдем

$$W' = C_1 C_2 U_1^2 / [2(C_1 + C_2)].$$

Ответ: $W' = 1,5 \text{ мДж}.$

Задача 12. Определить внутреннее сопротивление источника тока, если во внешней цепи при токе 4 А развивается мощность 10 Вт, а при токе 6 А - мощность 12 Вт.

Решение

Дано: $I_1 = 4 \text{ А},$
 $P_1 = 10 \text{ А},$
 $I_2 = 6 \text{ А},$
 $P_2 = 12 \text{ Вт}$

Для расчета искомой величины воспользуемся законом Ома для замкнутой цепи и выражением для мощности тока. Решив совместно эти уравнения для двух случаев относительно r , получим окончательно:

$$r = (I_1 R_1 - I_2 R_2) / (I_2 - I_1) \quad (18)$$

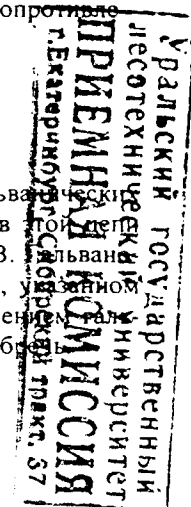
Выразив $I_1 R_1$ и $I_2 R_2$ из закона Ома для замкнутой цепи и подставив в выражение (18), найдем искомое внутреннее сопротивление

источника тока:

$$r = (P_1 / I_1 - P_2 / I_2) / (I_2 - I_1)$$

Ответ: $r = 0,25 \text{ Ом}.$

Задача 13. Электрическая цепь состоит из двух гальванометров, трех сопротивлений и гальванометра (рис.5) в $r_1 = 100 \text{ Ом}, r_2 = 50 \text{ Ом}, r_3 = 20 \text{ Ом},$ ЭДС элемента $\epsilon_1 = 2 \text{ В}.$ метр регистрирует ток $I_3 = 50 \text{ мА},$ идущий в направлении, стрелкой. Определить ЭДС второго элемента. Сопротивление гальванометра и внутренним сопротивлением элементов пренеб-



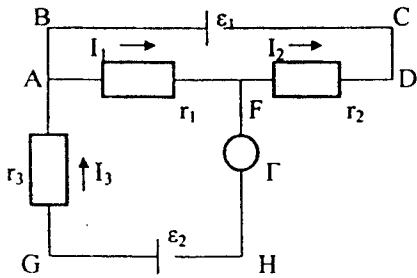


Рис.5

Для расчета разветвленных цепей применяются законы Кирхгофа.

Применяя эти законы следует соблюдать следующие правила.

1. Перед составлением уравнений произвольно выбрать: а) направления токов (если они не заданы по условию задачи) и указать их стрелками на чертеже; б) направление обхода контуров.

2. При составлении уравнений считать токи, входящие в узел, положительными; токи, выходящие из узла, отрицательными.

3. При составлении уравнений учитывать, что:

а) падение напряжения на участке цепи входит в уравнение со знаком плюс, если направление тока на данном участке совпадает с выбранным направлением обхода контура; в противном случае падение напряжения входит в уравнение со знаком минус;

б) ЭДС входит в уравнение со знаком плюс, если она повышает потенциал в направлении обхода контура, т. е. если при обходе приходится идти от минуса к плюсу внутри источника тока; в противном случае ЭДС входит в уравнение со знаком минус.

Число независимых уравнений, которые могут быть составлены, должно быть меньше количества замкнутых контуров, имеющих в цепи. Для составления уравнений первый контур выбирается произвольно. Все последующие контуры следует выбирать так, чтобы в каждый новый контур входила хотя бы одна ветвь цепи, не участвовавшая ни в одном из ранее использованных контуров. Если при решении уравнений, составленных указанным выше способом, получаются отрицательные значения тока или сопротивления, то это означает, что ток через данное сопротивление в действительности течет в направлении, противоположном произвольно выбранному.

Решение

Дано: $r_1 = 100 \text{ Ом};$
 $r_2 = 50 \text{ Ом};$
 $r_3 = 20 \text{ Ом};$
 $\epsilon_1 = 2 \text{ В};$
 $I_3 = 50 \text{ мА}$

$\epsilon_2 = ?$

Выберем направления токов, как они показаны на рисунке, и условимся обходить контуры по часовой стрелке.

Для узла F имеем:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Для контура ABCDFA получим:

$$-I_1 r_1 - I_2 r_2 = -\epsilon_1,$$

умножив обе части равенства на -1, получим:

$$I_1 r_1 + I_2 r_2 = \epsilon_1. \quad (18)$$

Соответственно для контура AFGHA найдем:

$$I_1 r_1 + I_3 r_3 = \epsilon_2. \quad (19)$$

Подставив числовые значения в формулы (18), (19) и соответственно преобразовав полученные уравнения, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} I_1 - I_2 = 0.05 \\ 50I_1 + 25I_2 = 1 \\ 100I_1 - \epsilon_2 = -1 \end{cases}$$

Воспользуемся методом определителей, т.е. составим и вычислим определитель Δ системы:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 50 & 25 & 0 \\ 100 & 0 & -1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 25 & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} - (-1) \begin{vmatrix} 50 & 0 \\ 100 & -1 \end{vmatrix} = -25 - 50 = -75$$

Составим и вычислим определитель $\Delta \epsilon_2$:

$$\Delta \epsilon_2 = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0.05 \\ 50 & 25 & 1 \\ 100 & 0 & -1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 25 & 1 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} - (-1) \begin{vmatrix} 50 & 1 \\ 100 & -1 \end{vmatrix} + 0.05 \begin{vmatrix} 50 & 1 \\ 100 & -1 \end{vmatrix} = -25 - 50 - 100 - 125 = -300$$

Разделив $\Delta \epsilon_2$ на Δ , найдем числовое значение ϵ_2 .

Ответ: $\epsilon_2 = 4 \text{ В}.$

Задача 14. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми 15 см, текут токи 70 А и 50 А в одном направлении. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 10 см от первого и на 20 см от второго проводника.

Дано: $d = 15 \text{ см},$

$I_1 = 70 \text{ А},$

$I_2 = 50 \text{ А},$

$r_1 = 10 \text{ см},$

$r_2 = 20 \text{ см}$

$B = ?$

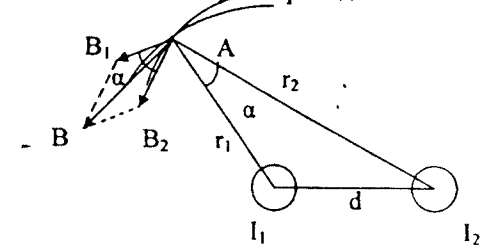


Рис. 6

Уральский государственный
лесотехнический университет
ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ
Екатеринбург, Свердловский тракт, 87

Согласно принципу суперпозиции магнитная индукция в точке

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2,$$

и B_2 - соответственно магнитные индукции полей, создаваемые проводниками с токами I_1 и I_2 (направления векторов \mathbf{B}_1 и \mathbf{B}_2 и токов показаны на рис.6). Модуль B найдем по теореме косинусов:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 - 2B_1B_2 \cos \alpha}, \quad (20)$$

где $B_1 = \mu_0 I_1 / (2\pi r_1)$; $B_2 = \mu_0 I_2 / (2\pi r_2)$; $\cos \alpha = (r_1^2 + r_2^2 - d^2) / (2r_1 r_2)$
Подставим эти выражения в (20) и найдем искомую величину.

Ответ: $B = 178 \text{ мкТл}$.

Задача 15. По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной $a = 10 \text{ см}$, течет ток $I = 100 \text{ А}$. Найти магнитную индукцию в точке пересечения диагоналей квадрата.

Дано: $a = 10 \text{ см}$,
 $I = 100 \text{ А}$

$B = ?$

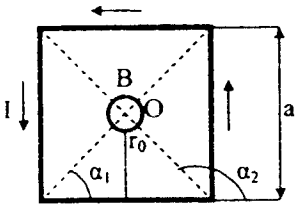


Рис. 7

Решение

Расположим квадратный виток на плоскости (рис.7). Согласно принципу суперпозиции магнитных полей, магнитная индукция поля квадратного витка будет равна геометрической сумме магнитных индукций полей, создаваемых каждой стороной квадрата в отдельности:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 + \mathbf{B}_3 + \mathbf{B}_4. \quad (21)$$

В точке O пересечения диагоналей квадрата все векторы индукции направлены перпендикулярно плоскости витка по направлению «на нас». Кроме того, из соображений симметрии следует, что абсолютные значения этих векторов одинаковы: $B_1 = B_2 = B_3 = B_4$. Это позволяет векторное равенство (21) заменить скалярным равенством:

$$B = 4B_1. \quad (22)$$

Магнитная индукция B_1 поля, создаваемого отрезком прямолинейного провода с током, определяется выражением для индукции магнитного поля отрезка прямолинейного проводника с током. Учитывая, что $\alpha_2 = \pi - \alpha_1$ и $\cos \alpha_2 = -\cos \alpha_1$ (рис.8), формулу для индукции магнитного поля отрезка прямолинейного проводника с током можно переписать в виде:

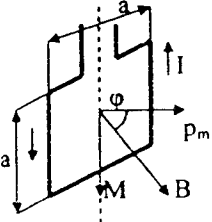


Рис. 8

$$B_1 = \mu_0 I \cos \alpha_1 / 2\pi r_0.$$

Подставим это выражение в (22), получим:

$$B = 2\mu_0 I \cos \alpha_1 / \pi r_0.$$

Если учесть, что $r_0 = a/2 \cos \alpha_1 = \sqrt{2}/2$ (так как $\alpha_1 = \pi/4$), получим:

$$B = 2\sqrt{2} \mu_0 I / \pi a.$$

Ответ: $B = 1,13 \text{ мТл}$.

Задача 16. На дифракционную решетку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет. Период решетки $d = 2 \text{ мкм}$. Какого наибольшего порядка дифракционный максимум дает эта решетка в случае красного ($\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм}$) и в случае фиолетового ($\lambda_2 = 0,41 \text{ мкм}$) света?

Дано: $d = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$

$\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм} = 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}$

$\lambda_2 = 0,41 \text{ мкм} = 0,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}$

$m_1 = ?$

$m_2 = ?$

Решение

На основании известной формулы дифракционной решетки напишем выражение порядка дифракционного максимума:

$$m = \frac{d \sin \varphi}{\lambda}, \quad (23)$$

где d – период решетки; φ – угол между направлением на дифракционный максимум и нормалью к решетке; λ – длина волны монохроматического света. Так как $\sin \varphi$ не может быть больше 1, то, как это следует из формулы (23), число m не может быть больше d/λ , т.е.

$$m \leq d/\lambda. \quad (24)$$

Подставим в формулу (24) числовые значения, получим:

для красных лучей $m \leq 2/0,7 = 2,86$;

для фиолетовых лучей $m \leq 2/0,41 = 4,88$.

Ответ: $m_1 = 2, m_2 = 4$.

Задача 17. Длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения абсолютно черного тела, $\lambda_0 = 0,58 \text{ мкм}$. Как делить энергетическую светимость (излучательность) R , поверхность тела.

Дано: $\lambda_0 = 0,58 \text{ мкм} = 0,58 \cdot 10^{-6} \text{ м}$

$R = ?$

Уральский государственный
лесотехнический университет
ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ
Екатеринбург, Свердловский тракт, 87

Решение

Энергетическая светимость R абсолютно черного тела в соответствии с законом Стефана – Больцмана пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры и выражается формулой

$$R_1 = \sigma T^4, \quad (25)$$

где σ – постоянная Стефана – Больцмана; T – термодинамическая температура.

Температуру T можно вычислить с помощью закона смещения Вина:

$$\lambda_0 = b/T \quad (26)$$

где b – постоянная закона смещения Вина.

Используя формулы (25) и (26), получим

$$R_1 = \sigma \left(\frac{b}{\lambda_0} \right)^4 \quad (27)$$

Выпишем числовые значения величин, входящих в эту формулу: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$, $b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$, $\lambda_0 = 5,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ и, подставив числовые значения в формулу (27), произведем вычисления:

$$R_1 = 5,67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{5,8 \cdot 10^{-7}} \right)^4 \text{ Вт/м}^2 = 3,54 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2 = 35,4 \text{ МВт/м}^2$$

Ответ: $R_1 = 35,4 \text{ МВт/м}^2$

Задача 18. В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на угол $\vartheta = 90^\circ$. Энергия рассеянного фотона $\varepsilon_2 = 0,4 \text{ МэВ}$. Определить энергию фотона ε_1 до рассеяния.

Дано: $\vartheta = 90^\circ$

$$\frac{\varepsilon_2 = 0,4 \text{ МэВ}}{\varepsilon_1 = ?}$$

Решение

Для определения энергии первичного фотона воспользуемся формулой Комптона

$$\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0 c} \text{Sin}^2 \frac{\vartheta}{2}, \quad (28)$$

где $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ – изменение длины волны фотона в результате рассеяния на свободном электроне; h – постоянная Планка; m_0 – масса покоя электрона; c – скорость света в вакууме; ϑ – угол рассеяния фотона.

Формулу (28) преобразуем следующим образом: 1) заменим в ней $\Delta\lambda$ на $\lambda_2 - \lambda_1$; 2) выразим длины λ_1 и λ_2 через энергии ε_1 и ε_2 соответствующих фотонов, воспользовавшись формулой $\varepsilon = hc/\lambda$; 3) умножим числитель и знаменатель правой части формулы на c . Тогда получим

$$\frac{hc}{\varepsilon_2} - \frac{hc}{\varepsilon_1} = \frac{hc}{m_0 c^2} 2 \text{Sin}^2 \frac{\vartheta}{2}$$

20

Сократим на hc и выразим из полученной формулы искомую энергию:

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_2 m_0 c^2}{m_0 c^2 - \varepsilon_2 2 \text{Sin}^2 \frac{\vartheta}{2}} = \frac{\varepsilon_2 E_0}{E_0 - 2\varepsilon_2 \text{Sin}^2 \frac{\vartheta}{2}}, \quad (29)$$

где $E_0 = m_0 c^2$ – энергия покоя электрона.

Вычисления по формуле (29) удобнее вести во внесистемных единицах.

Взяв из справочных таблиц значение энергии покоя электрона в мегаэлектрон-вольтах и подставив числовые данные, получим

$$\varepsilon_1 = \frac{0,4 \cdot 0,511}{0,511 - 2 \cdot 0,4 \text{Sin}^2 \frac{90^\circ}{2}} \text{ МэВ} = 1,85 \text{ МэВ}$$

Ответ: $\varepsilon_1 = 1,85 \text{ МэВ}$.

Задача 19. Определить максимальную скорость v_{max} фотоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра: 1) ультрафиолетовыми лучами с длиной волны $\lambda_1 = 0,155 \text{ мкм}$; 2) γ - лучами с длиной волны $\lambda_2 = 1 \text{ нм}$.

Дано: $\lambda_1 = 0,155 \text{ мкм} = 0,155 \cdot 10^{-6} \text{ м}$

$\lambda_2 = 1 \text{ нм} = 10^{-12} \text{ м}$

$v_{\text{max}} = ?$

Решение

Максимальную скорость фотоэлектронов можно определить из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта

$$\varepsilon = A + T_{\text{max}}, \quad (30)$$

где ε – энергия фотонов, падающих на поверхность металла; A – работа выхода; T_{max} – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

Энергия фотона вычисляется также по формуле:

$$\varepsilon = hc/\lambda, \quad (31)$$

где h – постоянная Планка; c – скорость света в вакууме; λ – длина волны.

Кинетическая энергия электрона может быть выражена или по классической формуле

$$T = \frac{m_0 v^2}{2}, \quad (32)$$

или по релятивистской формуле

$$T = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (33)$$

в зависимости от того, какая скорость сообщается фотоэлектрону. Скорость электрона зависит от энергии фотона, вызывающего фото-

эффект: если энергия ϵ фотона много меньше энергии покоя E_0 электрона, то может быть применена формула (32), если же ϵ сравнима по величине с E_0 , то вычисление по формуле (32) приводит к ошибке, поэтому нужно пользоваться формулой (33).

1. Вычислим энергию фотона ультрафиолетовых лучей по формуле (31):

$$\epsilon_1 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,55 \cdot 10^{-7}} \text{ Дж} = 1,28 \cdot 10^{-18} \text{ Дж},$$

или

$$\epsilon_1 = \frac{1,28 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ эВ} = 8 \text{ эВ}$$

Полученная энергия фотона (8 эВ) много меньше энергии покоя электрона (0,51 МэВ). Следовательно, для данного случая кинетическая энергия фотозлектрона в формуле (30) может быть выражена по классической формуле (32):

$$\epsilon_1 = A + \frac{m_0 v_{\max}^2}{2},$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2(\epsilon_1 - A)}{m_0}}. \quad (34)$$

откуда

Выпишем числовые значения величин $\epsilon_1 = 1,28 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$,
 $A = 4,7 \text{ эВ} = 4,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 0,75 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$, $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

Подставим числовые значения в формулу (34), найдем

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2(1,28 \cdot 10^{-18} - 0,75 \cdot 10^{-18})}{9,11 \cdot 10^{-31}}} \text{ м/с} = 1,08 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

2. Вычислим энергию фотона γ -лучей:

$$\epsilon_2 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{10^{-12}} \text{ Дж} = 1,99 \cdot 10^{-13} \text{ Дж},$$

или

$$\epsilon_2 = \frac{1,99 \cdot 10^{-13}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ эВ} = 1,24 \cdot 10^6 \text{ эВ} = 1,24 \text{ МэВ}.$$

Работа выхода электрона ($A = 4,7 \text{ эВ}$) пренебрежимо мала по сравнению с энергией фотона ($\epsilon_2 = 1,24 \text{ МэВ}$), поэтому можно принять, что максимальная кинетическая энергия электрона равна энергии фотона: $T_{\max} = \epsilon_2 = 1,24 \text{ МэВ}$. Так как в данном случае кинетическая энергия электрона больше его энергии в покое, то для вычисления скорости электрона следует взять релятивистскую формулу кинетической энергии (33). Из этой формулы найдем

$$\beta = \frac{\sqrt{(2E_0 + T)T}}{E_0 + T}.$$

Заметив, что $v = c\beta$ и $T_{\max} = \epsilon_2$, получим

$$v_{\max} = c \frac{\sqrt{(2E_0 + \epsilon_2)\epsilon_2}}{E_0 + \epsilon_2}.$$

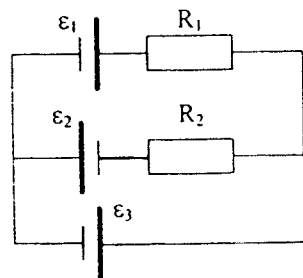
Подставим числовые значения величин и произведем вычисления:

$$v_{\max} = 2 \cdot 10^8 \frac{\sqrt{(2 \cdot 0,51 + 1,24) \cdot 1,24}}{0,51 + 1,24} \text{ м/с} = 2,85 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

Ответ: 1) $v_{\max} = 1,08 \cdot 10^6 \text{ м/с}$; 2) $v_{\max} = 2,85 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

5. Три одинаковых точечных заряда $q_1=q_2=q_3=2$ нКл находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной $a=10$ см. Определить величину и направление силы F , действующей на один из зарядов со стороны двух других.

6. К шару радиусом $r=3$ см с поверхностной плотностью заряда $\sigma=9 \cdot 10^{-12}$ Кл/м² приближается из бесконечности заряд $Q=300$ нКл. Определить работу по перемещению его в точку, отстоящую от поверхности шара на 2 см.



7. В схеме на рисунке источники тока с ЭДС $\varepsilon_1=2,1$ В, $\varepsilon_2=1,9$ В, $\varepsilon_3=4$ В, $R_1=45$ Ом, $R_2=10$ Ом. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.

8. По двум длинным параллельным проводам, расстояние между которыми 6 см, текут токи силой по 12 А.

Определить индукцию магнитного поля в точке, удаленной от каждого провода на расстояние, равное 6 см, если токи текут в противоположных направлениях.

9. Круговой проволочный виток площадью $S=100$ см² находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B=0,3$ Тл. Плоскость витка перпендикулярна направлению магнитного поля. Чему будет равно среднее значение ЭДС индукции $\langle \varepsilon \rangle$, возникающей в витке при выключении поля в течение $t=0,01$ с?

10. На тонкую глицириновую пленку толщиной $d=1$ мкм нормально к ее поверхности падает белый свет. Определить длины волн λ лучей видимого участка спектра ($0,4 \text{ мкм} \leq \lambda \leq 0,8 \text{ мкм}$), которые будут ослаблены в результате интерференции.

11. Постоянная дифракционной решетки в $n=5$ раз больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на его поверхность. Определить угол между двумя вторыми симметричными дифракционными максимумами.

12. Вычислить по теории Бора радиус r_1 первой боровской орбиты и скорость v_1 электронов на этой орбите для иона He^+ .

ВАРИАНТ 3

1 контрольная + 5 задач!

✓1. Под углом 30° к нормали стенки подлетает молекула со скоростью 400 м/с и массой $3 \cdot 10^{-23}$ г, упруго ударяется и отлетает. Определить импульс силы, полученный стенкой.

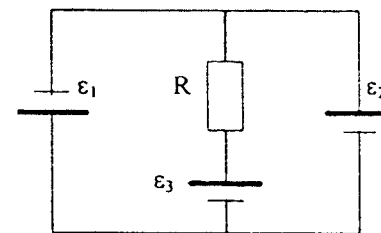
✓2. Сплошной цилиндр скатился с наклонной плоскости высотой $h=15$ см. Какую скорость поступательного движения будет иметь цилиндр в конце наклонной плоскости?

3. Плотность некоторого газа при нормальных условиях равна $9 \cdot 10^{-2}$ кг/м³. Определить молярную массу газа.

✓4. Азот массой $m=0,1$ кг был изобарически нагрет от температуры $T_1=200$ К до $T_2=400$ К. Определить работу, совершенную газом, полученную им теплоту и изменение внутренней энергии азота.

5. Два одинаково заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарик погружаются в масло плотностью $\rho_0=8 \cdot 10^2$ кг/м³. Какова диэлектрическая проницаемость ε масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материала шариков $\rho=1,6 \cdot 10^3$ кг/м³.

✓6. Отрицательно заряженная пылинка находится в равновесии в поле плоского конденсатора с разностью потенциалов $U=2000$ В. Определить, на сколько следует изменить разность потенциалов, чтобы пылинка осталась в равновесии, если заряд ее уменьшился на 500 электронов?



7. Найти силу тока в сопротивлении R (рисунок), если $\varepsilon_1=1,5$ В; $\varepsilon_2=2$ В; $\varepsilon_3=1,8$ В; $R=1$ Ом. Внутреннее сопротивление источников $r_1=r_2=r_3=1$ Ом.

8. Ток $I=50$ А идет по проводнику, согнутому под прямым углом. Найти индукцию B магнитного поля в точке, лежащей на биссектрисе этого угла и отстоящей от вершины угла на расстояние $a=20$ см. Считать, что оба конца проводника находятся очень далеко от вершины угла.

биссектрисе этого угла и отстоящей от вершины угла на расстояние $a=20$ см. Считать, что оба конца проводника находятся очень далеко от вершины угла.

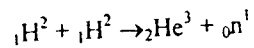
2 контрольная : 3 задачи

✓9. Электрон движется в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. Определить силу F , действующую на электрон со стороны поля, если индукция поля $B = 0,01$ Тл, а радиус кривизны траектории $R = 0,5$ см.

✓10. Радиус второго темного кольца Ньютона в отраженном свете $r_2 = 0,4$ мм. Определить радиус кривизны плосковыпуклой линзы, взятой для опыта, если она освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,64$ мкм.

✓11. Определить длину световой волны спектральной линии, изображение которой, даваемое дифракционной решеткой в спектре третьего порядка, совпадает с изображением линии $\lambda = 0,38$ мкм в спектре четвертого порядка.

12. Вычислить энергию ядерной реакции



Освобождается или поглощается эта энергия?

ВАРИАНТ 4

● Материальная точка движется по окружности радиуса 80 см согласно уравнению $S = 10t - 0,1t^2$ (расстояние в метрах, время в секундах). Найти скорость, тангенциальное, нормальное и полное ускорения в момент $t = 2$ с.

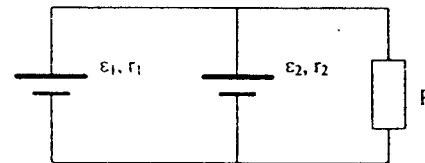
2. Автомобиль начинает двигаться с постоянным ускорением 2 м/с^2 и проходит путь 25 м, после чего с выключенным мотором он движется до полной остановки равномерно замедленно (коэффициент трения при этом равен 0,05). Определить: 1) наибольшую скорость, развитую им; 2) общую продолжительность движения; 3) ускорение его при равномерно замедленном движении; 4) расстояние, которое проехал автомобиль до остановки.

3. Баллон емкостью 50 л заполнен кислородом. Температура газа 20°C . Когда часть кислорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на $\Delta P = 0,2$ МПа. Определить массу израсходованного кислорода Δm .

4. 2 кмоль аргона нагревают при изобарическом процессе на 57°C . Определить изменение внутренней энергии газа.

5. Точечные заряды $q_1 = 1$ мкКл и $q_2 = -1$ мкКл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на $r_1 = 6$ см от первого и $r_2 = 8$ см от второго зарядов. Определить также силу, действующую в этой точке на точечный заряд $q_0 = 0,1$ мкКл.

6. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектриков: слоем стекла толщиной 1 см и слоем парафина толщиной 2 см. Разность потенциалов между обкладками $U = 3000$ В. Определить напряженность поля и падение потенциала в каждом слое.



7. Определить ток в каждом элементе и падение напряжения на сопротивлении R (рисунок), если $\varepsilon_1 = 8$ В, $\varepsilon_2 = 4$ В, $r_1 = 1$ Ом, $r_2 = 0,5$ Ом и $R = 50$ Ом.

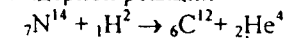
8. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной 10 см, идет ток 20 А. Определить индукцию магнитного поля в центре шестиугольника.

9. На соленоид длиной 144 см и диаметром 5 см надет проволочный виток. Обмотка соленоида имеет $N = 2000$ витков, и по ней идет ток силой $I = 2$ А. Какая средняя ЭДС индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течение $t = 0,002$ с?

10. На поверхность дифракционной решетки нормально к ее поверхности падает монохроматический свет. Постоянная дифракционной решетки в 3,5 раза больше длины световой волны. Найти общее число дифракционных максимумов, которые теоретически возможно наблюдать в данном случае.

11. Луч света последовательно проходит через два николя, главные плоскости которых образуют между собой угол $\varphi = 50^\circ$. Принимая, что коэффициент поглощения каждого николя равен 0,1, найти, во сколько раз луч, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с лучом, падающим на первый николю.

12. Вычислить энергию ядерной реакции



ВАРИАНТ 5

1. Движение материальной точки описано уравнением $x = 3 - 2t + t^2$. Найти среднюю скорость за промежуток времени от 0 до 3 с. Найти скорость и ускорение точки в начальный и конечный моменты времени.

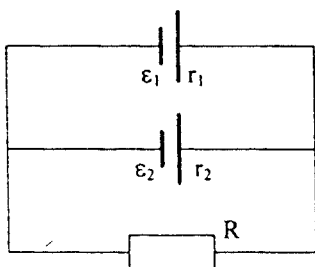
2. Сплошной цилиндр скатился с наклонной плоскости высотой $h = 115$ см. Какую скорость поступательного движения будет иметь цилиндр в конце наклонной плоскости?

3. Определить начальную и конечную температуры идеального газа, если при изобарном охлаждении на 290 К его объем уменьшился вдвое.

4. 1 кг кислорода охлаждают от 66 до 24°C при постоянном давлении. Определить изменение внутренней энергии, внешнюю работу и количество выделенного тепла.

5. Каждый из четырех одинаковых зарядов $q = 10$ нКл закреплен в вершинах квадрата со сторонами $a = 20$ см. Найти силу F , действующую на один из этих зарядов со стороны трех остальных.

6. Электрон, обладающий кинетической энергией $T = 8 \cdot 10^{-19}$ Дж, влетает в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов $U = 2$ В?



7. Два источника тока: $\varepsilon_1 = 14$ В с внутренним сопротивлением $r_1 = 2$ Ом и $\varepsilon_2 = 6$ В с внутренним сопротивлением $r_2 = 4$ Ом, а также реостат $R = 10$ Ом соединены, как показано на рисунке. Определить силы тока в реостате и источниках тока.

8. Два бесконечно длинных прямых проводника скрещены под прямым углом. По проводникам текут токи $I_1 = 100$ А и $I_2 = 50$ А. Расстояние между проводниками 20 см. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей на середине общего перпендикуляра к проводникам.

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

10. На узкую щель нормально падает монохроматический свет. Угол дифракции для спектра второго порядка 2° . Скольким длинам волн падающего света равна ширина щели?

11. Угол падения луча на поверхность жидкости $i = 50^\circ$. Отраженный луч максимально поляризован. Определить угол преломления луча.

12. Найти среднюю продолжительность жизни атома радиоактивного изотопа кобальта ${}_{27}\text{Co}^{60}$.

ВАРИАНТ 6

1. Точка движется по окружности радиусом 60 см с тангенциальным ускорением 10 м/с^2 . Чему равны нормальное и полное ускорения в конце третьей секунды после начала движения? Чему равен угол между векторами полного и нормального ускорения в этот момент?

2. К нити длиной $l = 0,5$ м подвешен груз массой $m = 300$ г, который вращается в горизонтальной плоскости с постоянной скоростью. Угол отклонения нити от вертикали равен 45° . Найти угловую скорость вращения груза и силу натяжения нити.

3. Вычислить массу атома азота.

4. 160 г кислорода (O_2) было нагрето на 12°C , при этом затрачено 1760 Дж теплоты. Определить, как протекал процесс нагревания - при постоянном объеме или при постоянном давлении?

5. Два одинаковых металлических заряженных шара находятся на расстоянии $r = 60$ см. Сила отталкивания шаров $F_1 = 70$ мкН. После того, как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной $F_2 = 160$ мкН. Вычислить заряды q_1 и q_2 , которые были на шарах до их соприкосновения. Считать диаметр шаров значительно меньше расстояния между ними.

6. С какой силой на единицу площади взаимодействуют две бесконечные параллельные плоскости, заряженные с одинаковой поверхностной плотностью $\sigma = 2 \text{ мкКл/м}^2$?

7. Две электрические лампочки включены в сеть параллельно. Сопротивление первой 360 Ом, второй 240 Ом. Какая из лампочек поглощает большую мощность? Во сколько раз?

8. По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом 120° , идет ток 50 А. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей на биссектрисе угла и удаленной от вершины угла на расстояние 6 см.

9. Заряженная частица, обладающая скоростью $v = 2 \cdot 10^8$ м/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Найти отношение заряда частицы к его массе q/m , если частица в поле описала дугу окружности радиусом $R = 4$ см.

10. На стеклянную пластинку положена выпуклой стороной плоско-выпуклая линза. Сверху линза освещается монохроматическим светом длиной волны $\lambda = 660$ нм. Найти радиус линзы R , если радиус восьмого темного кольца Ньютона в отраженном свете $r_8 = 2,4$ мм.

11. Определить температуру T и энергетическую светимость абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны $\lambda = 400$ нм.

12. Вычислить энергию ядерной реакции
 ${}^7_1\text{N}^{14} + {}^4_2\text{He}^4 \rightarrow {}^8_8\text{O}^{17} + {}^1_1\text{H}^1$
 Освобождается или поглощается эта энергия?

ВАРИАНТ 7

1. Прямолинейное движение точки описывается уравнением $S = 4t^4 + 2t^2 + 7$. Найти скорость и ускорение точки в момент времени 2 с и среднюю скорость за первые две секунды движения.

2. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Пройдя расстояние 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Чему равен коэффициент трения тела о плоскость?

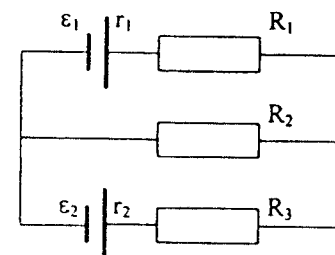
3. Сколько атомов водорода содержится в 1 г водорода? Чему равна масса одного атома водорода?

4. При адиабатическом сжатии 1 г азота, имевшего температуру 20°C , объем газа уменьшился в 10 раз. Определить окончательную температуру газа и работу сжатия.

5. Шарики массами 1 г и 10 г заряжены. Заряд первого шарика $6,3 \cdot 10^{-8}$ Кл, а заряд второго надо определить. Известно, что сила их кулоновского отталкивания уравновешивается силой взаимного тяготения.

6. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора $S = 100$ см², расстояние между пластинами $d = 2$ см. Разность потенциалов между пластинами 400 В. Конденсатор отключается от источника и заполняется диэлектриком ($\epsilon = 5$). Найти емкость конденсатора и поверхностную плотность заряда на пластинах до и после заполнения.

7. Определить силу тока в сопротивлении R (рисунок) и напряжение на концах этого сопротивления, если $\epsilon_1 = 2$ В, $\epsilon_2 = 3$ В, $r_1 = 5$ Ом, $r_2 = 8$ Ом, $r_3 = 4$ Ом. Внутреннее сопротивление источников $r_1 = r_2 = 0,5$ Ом.



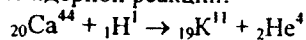
8. К воздушному конденсатору, заряженному до разности потенциалов $U_1 = 500$ В и отключенному от источника напряжения, присоединили параллельно второй конденсатор таких же размеров и формы, но с другим диэлектриком (стеклом). Определить диэлектрическую проницаемость стекла, если после присоединения второго конденсатора разность потенциалов уменьшилась до $U_2 = 70$ В.

9. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов $U = 600$ В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,24$ Тл и начал двигаться по окружности. Вычислить радиус окружности.

10. На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой прозрачного вещества с показателем преломления $n = 1,4$. Пластинка освещается пучком параллельных лучей длиной волны $\lambda = 540$ нм, падающих на пластинку нормально. Какую минимальную толщину должен иметь слой, чтобы отраженные лучи имели наименьшую яркость?

11. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с 2,4 мкм на 0,8 мкм. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость тела и максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости?

12. Определить энергию ядерной реакции:



Освобождается или поглощается энергия?

ВАРИАНТ 8

1. Уравнение вращения твердого тела $\varphi = 3t^2 + t$. Определить число оборотов тела, угловую скорость и угловое ускорение через 10 с после начала вращения.

2. На концах тонкой нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 4$ кг. Считая, что блок вращается без трения и его массой можно пренебречь, установить: 1) ускорение, с которым движутся грузы; 2) натяжение нити; 3) время, за которое грузы пройдут путь 1,57 м.

3. Определить массу одной молекулы воды.

4. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем 5 л. Вычислить теплоемкость C_v этого газа при нормальных условиях.

5. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 180$ нКл и $q_2 = 720$ нКл равно 60 см. Определить точку, в которую нужно поместить третий заряд q так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить величину и знак заряда. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие?

6. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Емкость такой батареи конденсаторов $C = 9 \cdot 10^{-11}$ Ф. Площадь каждой пластины $S = 100$ см², диэлектрик – стекло ($\epsilon = 7$). Какова толщина стекла?

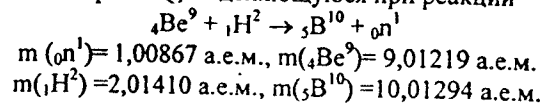
7. Сопротивление $R = 6$ Ом подключено к двум параллельно соединенным источникам тока с ЭДС $\epsilon_1 = 1,5$ В и $\epsilon_2 = 2$ В и внутренними сопротивлениями $r_1 = r_2 = 0,5$ Ом. Определить ток в сопротивлении R и напряжение на зажимах первого источника.

8. По проводнику, изогнутому в виде окружности, течет ток. Напряженность магнитного поля в центре окружности 20 А/м. Не изменяя тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Определите напряженность магнитного поля в точке пересечения диагоналей этого квадрата.

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

10. Плосковыпуклая линза с фокусным расстоянием $f = 2$ м лежит выпуклой стороной на стеклянной пластинке. Радиус пятого темного кольца Ньютона в отраженном свете $r_5 = 1,5$ мм. Определить длину световой волны λ .

11. Определить энергию Q , выделяющуюся при реакции



12. На поверхность Li падает свет $\lambda = 3,1 \cdot 10^{-5}$ см. Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов 1,7 В. Определить работу выхода.

ВАРИАНТ 9

1. Мяч с отвесной скалы высотой 24,5 м бросают в горизонтальном направлении с некоторой начальной скоростью. Мяч попадает в цель, лежащую на земле на расстоянии 30 м от основания скалы. С какой начальной скоростью он брошен и какую конечную скорость он приобрел, попадая в цель?

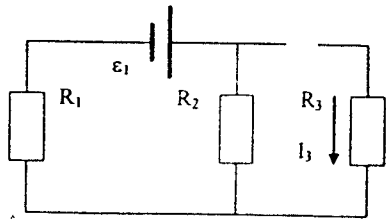
2. Диск радиусом $R = 20$ см и массой $m = 5$ кг вращался с частотой $\nu = 8$ об/мин. При торможении он остановился через 4 с. Определить тормозящий момент сил M .

3. Определить массу одного моля и одной молекулы поваренной соли.

4. Гелий находится в закрытом сосуде объемом 2 л при температуре 300 К и давлении 10^5 Па. Какое количество теплоты надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на 100°C ?

5. Точечные заряды $q_1 = 20$ нКл и $q_2 = 10$ нКл находятся на расстоянии $r = 5$ см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на $r_1 = 3$ см от первого и на $r_2 = 4$ см от второго зарядов. Определить также силу F , действующую в этой точке на точечный заряд $q_0 = 1$ мкКл.

6. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом $r = 20$ см каждая. Расстояние между пластинами 5 мм. Конденсатор присоединен к источнику напряжения $U = 3000$ В. Определить заряд и напряженность поля конденсатора, если диэлектриком будет: а) воздух, б) стекло ($\epsilon = 7$).



7. Три сопротивления $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом и $R_3 = 3$ Ом, а также источник тока $\epsilon_1 = 1,4$ В соединены, как показано на рисунке. Определить ЭДС источника, который надо подключить в цепь между точками А и В, чтобы в сопротивлении R_3 шел ток

$I_3 = 1$ А в направлении, указанном стрелкой. Сопротивлением источников тока пренебречь.

8. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной 10 см, идет ток силой 20 А. Определить индукцию магнитного поля в центре шестиугольника.

9. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью $v = 10^6$ м/с. Индукция магнитного поля $B = 0,3$ Тл. Радиус окружности $R = 4$ см. Найти заряд частицы, если известно, что ее энергия $E = 10^{-15}$ Дж.

10. На мыльную пленку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет длиной волны $\lambda = 600$ нм. Отраженный от пленки свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину пленки. Показатель преломления мыльной воды $n = 1,30$.

11. Будет ли иметь место фотоэффект, если на поверхность серебра направить ультрафиолетовые лучи длиной волны $3 \cdot 10^{-7}$ м?

12. Сколько атомов полония распадается за сутки из 1000000 атомов?

ВАРИАНТ 10

1. Колесо радиусом 0,1 м вращается согласно уравнению $\varphi = A + 2t + t^3$. Для точек, лежащих на ободе колеса, найти через 2 с после начала движения следующие величины: угловую скорость, линейную скорость, угловое ускорение, полное ускорение.

2. Маховик радиусом 10 см насажен на горизонтальную ось. На обод маховика намотан шнур, к которому привязан груз массой 800 г. Опускаясь равноускоренно, груз прошел расстояние 160 см за 2 с. Определить момент инерции маховика.

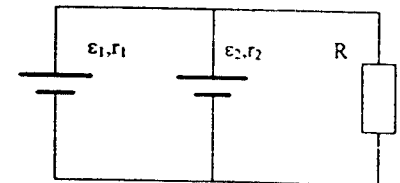
3. Сколько атомов содержится в капельке ртути массой 1 г?

4. При изотермическом расширении 1 г водорода объем газа увеличился в 2 раза. Определить работу расширения, совершенную газом, если температура газа была равна 15°C . Какое количество теплоты было при этом передано газу?

5. Два положительных точечных заряда q и $4q$ закреплены на расстоянии $r = 60$ см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещение заряда возможно только по прямой, проходящей через закрепленные заряды.

6. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектриков: слоем стекла толщиной 1 см и слоем парафина толщиной 2 см. Разность потенциалов между обкладками $U = 3000$ В. Определить напряженность поля и падение потенциала в каждом из слоев.

7. Определить силу тока в каждом элементе и падение напряжения на сопротивлении R (рисунок), если $\epsilon_1 = 8$ В, $r_1 = 1$ Ом, $\epsilon_2 = 4$ В, $r_2 = 0,5$ Ом и $R = 50$ Ом.



8. Тонкий медный провод массой $m = 5$ г согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ($B = 0,2$ Тл) так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд q , который протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

9. Электрон движется в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. Определить силу F , действующую на электрон со стороны поля, если индукция поля $B = 0,01$ Тл, а радиус кривизны траектории $R = 0,5$ см.

10. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус восьмого темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете с длиной волны $\lambda = 0,7$ мкм равен 2 мм. Радиус кривизны линзы $R = 1$ м.

11. Абсолютно черное тело имеет температуру 100°C . Какова будет температура тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в 4 раза?

12. Вычислить энергию связи ядра изотопа ${}^3_1\text{H}$. Вычислить также удельную энергию связи этого ядра.

$$m({}_1^3\text{H}) = 3,01700 \text{ а.е.м.}, \quad m({}_1^1\text{p}) = 1,00759 \text{ а.е.м.}$$

$$m({}_0^1\text{n}) = 1,00899 \text{ а.е.м.}$$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Т.И.Трофимова, З.Г.Павлова. - 2-е изд., испр. - М.: Высш. шк., 2001.
2. Шубин, А.С. Курс общей физики [Текст]: учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов/А.С.Шубин - изд. 2-е. - М.: Высш. шк., 1976.
3. Чертов, А.Г. Задачник по физике [Текст]: учеб. пособие / А.Г.Чертов, А.А.Воробьев. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1981.