

Сборник задач и расписание для курса “Электричество и магнетизм”, КЛШ-2014.

Артём Абанов

9 июля 2014 г.

Аннотация

Здесь собраны примеры задач для использования на семинарских занятиях к курсу лекций в КЛШ-2014. В каждом разделе (занятии) сложные задачи отмечены звёздочками.

Как проводить семинарские занятия.

- Начинать семинар с трéпа (2-3 минуты).
- Не решать задачи у доски!
- Школьников надо рассадить так, чтобы к любому можно было быстро подойти.
- Каждый школьник делает задачи индивидуально. Для этого к семинарскому занятию надо быть готовым. Идеально иметь кучу задач написанных на карточках или отдельных клочках бумаги.
- Ваша задача — подбирать каждому школьнику задачи чуть-чуть выше того уровня на котором ему/ей удобно и комфортно.
- Когда школьник решил задачу – i) похвалить, ii) проверить размерность, iii) проверить/обратить внимание на предельные случаи: можно ли ответ понять без вычислений?
- Если задача у школьника вызывает затруднение — похвалить и помочь коротким советом индивидуально.
- Если затруднения продолжают — похвалить, придумать подзадачу которая ему/ей по силам и сделать поправку на будущее.
- Если замечаете, что школьники устали рассказать коротко какую-нибудь байку, лучше в тему.
- Обращать внимание школьников на смысл их действий и смысл полученных ответов. У формул есть смысл!

РАСПИСАНИЕ.

1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА.

- Введение.
- Содержание курса.
- Закон Кулона. Электрическое поле заряда
- Принцип суперпозиции
- Потенциал
- Силовые линии и эквипотенциальные поверхности
- Теорема Гаусса
- Проводники в электрическом поле. Метод изображений
- Поле и потенциал диполя

2. ДИЭЛЕКТРИКИ.

- Поляризуемость
 - Диполь во внешнем поле
 - Наведенная поляризация
- Поле в среде. Векторы поляризации и электростатической индукции
- Диэлектрическая проницаемость. Условия на границе двух сред
- Энергия поля в среде

3. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

- Электрический ток. Сопротивление. Закон Ома
- Сторонняя эдс. Источники тока
- Правила Кирхгофа

4. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.

- Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле
- Закон Био – Савара
- Формула Ампера
- Теорема Стокса

5. МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ.

- Магнитный момент в магнитном поле
- Закон Фарадея
- Энергия магнитного поля. Индуктивность

6. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК.

- Конденсатор
- Индуктивность
- Колебательный контур
- Колебательный контур с затуханием. Резонанс.
- Векторные диаграммы

7. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

- Ток смещения
- Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны
- Движение в скрещенных полях. Преобразования полей

Занятие 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА.

- Введение.
- Содержание курса.
- Закон Кулона. Электрическое поле заряда
- Принцип суперпозиции
- Потенциал
- Силовые линии и эквипотенциальные поверхности
- Теорема Гаусса
- Проводники в электрическом поле. Метод изображений
- Поле и потенциал диполя

Задача 1.

Вычислить отношение силы электрического отталкивания F_e , двух протонов к силе их гравитационного притяжения F_g . Выполнить тот же расчет для электронов.

Задача 2.

В вершинах квадрата со стороной a находятся одинаковые одноименные заряды, равные q . Какой заряд Q противоположного знака необходимо поместить в центре квадрата, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была равна нулю.

Задача 3.

Вычислить напряженность электрического поля точечного диполя с дипольным моментом p . Расстояние до диполя $r \gg l$, где l расстояние между зарядами диполя.

Задача 4. *

Найти уравнение силовых линий электрического поля точечного диполя в полярной системе координат.

Задача 5.

Вывести выражение для энергии диполя во внешнем электрическом поле напряженностью E . Рассмотреть случаи: а) жесткого диполя с дипольным моментом p ; б) упругого диполя с поляризуемостью α ($p_e = \alpha E$ в СГСЭ).

Задача 6.

1.6. Электрический квадруполь состоит из двух положительных и двух отрицательных одинаковых по величине точечных зарядов q , расположенных в вершинах квадрата со стороной a . Найти электрическое поле такого квадруполя в точке A , находящейся на расстоянии $r \gg a$ и от его центра O , если линия OA параллельна одной из сторон квадрата.

Задача 7.

Найти силу взаимодействия F между точечным зарядом q и точечным диполем, если расстояние между зарядом и диполем равно d , а дипольный момент p направлен вдоль соединяющей их прямой.

Задача 8.

Возможны ли круговые движения с постоянной скоростью точечного электрического заряда вокруг неподвижного точечного электрического диполя?

Задача 9.

Найти силу взаимодействия F двух точечных диполей, если их дипольные моменты p_1 и p_2 направлены вдоль соединяющей их прямой, а расстояние между диполями равно d .

Задача 10.

Диск радиусом R заряжен равномерно с поверхностной плотностью σ . Определить напряженность поля E в точке, находящейся на расстоянии d от диска, на перпендикуляре, проходящем через центр диска.

Задача 11.

Из трех концентрических бесконечно тонких металлических сфер с радиусами $R_1 < R_2 < R_3$, крайние заземлены, а средней сфере сообщен электрический заряд Q . Найти напряженность электрического поля во всех точках пространства. Сферы находятся в вакууме.

Задача 12. *

В равномерно заряженной сфере вырезано малое отверстие. Какова напряженность поля в центре отверстия?

Задача 13.

Две бесконечные плоскопараллельные металлические пластинки помещены в вакууме параллельно друг другу. Полный заряд на единицу площади (т. е. сумма зарядов на обеих поверхностях пластинки) равен q_1 для первой пластинки и q_2 — для второй. Определить поверхностные плотности электрических зарядов на пластинках, а также напряженность электрического поля между ними и во внешнем пространстве.

Задача 14.

Два длинных провода, расположенных параллельно на расстоянии d друг от друга, равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью κ и $-\kappa$. Определить напряженность поля E на расстоянии h от плоскости, в которой лежат провода, в точке, лежащей в плоскости симметрии. *Указание:* Пользуясь теоремой Гаусса, найти напряженность поля, создаваемого каждым из проводов, а затем геометрическую сумму этих полей.

Задача 15.

Определить напряженность поля E внутри и вне безграничного плоского слоя толщиной d , в котором равномерно распределен положительный заряд с объемной плотностью ρ . *Указание:* Воспользоваться симметрией системы зарядов и применить теорему Гаусса.

Задача 16.

В безграничном плоском слое толщиной $2d$ объемная плотность заряда ρ изменяется по закону $\rho = \rho_0 x/d$ ($-d \leq x \leq d$), где x – ось, перпендикулярная плоскости слоя. В слое имеется тонкий канал вдоль оси x , в котором помещен точечный диполь с массой m и дипольным моментом p . Вычислить период малых продольных колебаний диполя.

Задача 17.

В модели атома Томсона предполагалось, что положительный заряд e распределен внутри шара радиусом $R = 10^{-8}$ см. Как должна зависеть от радиуса плотность положительного заряда, чтобы электрон (точечная частица с зарядом $-e$), помещенный внутри шара, совершал гармонические колебания? Заряды механически друг на друга не действуют. Магнитным полем движущегося заряда пренебречь. Найти частоту колебаний электрона.

Задача 18.

С какой объемной плотностью $\rho(r)$ следует распределить электрический заряд в шаре, чтобы поле E_0 внутри него было направлено вдоль радиуса и всюду имело одинаковую величину?

Задача 19.

В шаре, равномерно заряженном электричеством с объемной плотностью ρ , сделана сферическая полость, центр которой O' смещен относительно центра шара O на расстояние r . Определить электрическое поле внутри полости.

Указание: Заполнить мысленно полость электричествами противоположных знаков с плотностями ρ и $-\rho$. Тогда поле в полости можно рассматривать как суперпозицию полей двух равномерно и противоположно заряженных шаров.

Задача 20.

С какой поверхностной плотностью $\sigma(\theta)$ следует распределить заряд по поверхности сферы радиусом R , чтобы поле внутри нее было однородным и равным E_0 ? Каково при этом будет электрическое поле вне сферы?

Задача 21.

Длинная медная проволока цилиндрического сечения помещена в однородное электрическое поле E_0 , перпендикулярное оси проволоки. Найти распределение поверхностных зарядов на проволоке E_0 .

Задача 22.

В однородное электрическое поле E_0 вносится незаряженный проводящий шар. Указать на его поверхности точки, в которых: а) поле по абсолютной величине остается прежним; б) поле по абсолютной величине удваивается.

Задача 23.

Найти величину и направление силы взаимодействия между двумя незаряженными проводящими сферами радиусом a , помещенными в однородное электрическое поле E_0 , направленное параллельно линии, соединяющей центры сфер. Расстояние между центрами сфер $r \gg a$.

Задача 24.

Найти величину и направление силы взаимодействия между двумя незаряженными проводящими сферами радиусом a , находящимися в однородном электрическом поле E_0 , направленном перпендикулярно линии, соединяющей центры сфер. Расстояние между центрами сфер $r \gg a$.

Потенциал. Метод электрических изображений

Задача 25.

Металлически шар радиусом R , несущий заряд Q , окружен расположенным концентрически полым металлическим незаряженным шаром с внутренним радиусом R_2 и внешним R_3 . Построить Графики зависимости напряженности поля E от расстояния r до центра шаров. Найти потенциалы шаров, если в бесконечности потенциал равен нулю. Изменятся ли потенциалы шаров, если внешний шар заземлить?

Задача 26.

Три концентрические тонкие металлические сферы радиусами $R_1 < R_2 < R_3$, находящиеся в вакууме, заряжены соответственно зарядами Q_1, Q_2, Q_3 . В некоторой точке A между первой и второй сферами измеряют потенциал. Найти изменение потенциала в этой точке, если вторую и третью сферы замкнуть между собой.

Задача 27.

2.5. Вычислить распределение потенциала в плоском конденсаторе толщиной d , если одна обкладка заземлена, другая находится при потенциале ϕ_0 , а в пространстве между ними распределен заряд с постоянной объемной плотностью ρ .

Задача 28.

Найти поверхностную плотность зарядов, индуцированных зарядом q на поверхности бесконечной металлической плоскости. Заряд находится на расстоянии R от плоскости.

Задача 29.

Точечные заряды Q_1 и Q_2 находятся на расстоянии R друг от друга. Определить величины и направления сил, которые будут действовать на эти заряды после того, как посередине между ними будет введена бесконечная металлическая пластина толщиной R_2 .

Задача 30.

На двух нитях AB и $A'B'$ на одинаковой высоте подвешены шарики, связанные между собой нитью BB' длиной l . На шарики нанесены одинаковые заряды Q . Под шариками на расстоянии h расположена горизонтальная заземленная металлическая пластина, размеры которой велики по сравнению с l и h . Считая, что радиус шариков мал по сравнению с l и h , определить натяжения горизонтальной и вертикальных нитей.

Задача 31.

Найти силу, действующую на точечный заряд (1 , помещенный на биссектрисе прямого двугранного угла между двумя проводящими плоскостями. Расстояние между зарядом q и вершиной двугранного угла O равно d .

Задача 32.

Найти силу притяжения точечного электрического диполя с дипольным моментом p к бесконечной металлической пластине, ближайшая точка которой находится от диполя на расстоянии L_0 . Ось диполя перпендикулярна к пластине. Определить также работу, которую надо затратить, чтобы отодвинуть диполь от поверхности пластины с расстояния L_0 до расстояния $2L_0$.

Задача 33.

Две взаимно перпендикулярные проводящие плоскости образуют двугранный угол. На биссектрисе этого угла на расстоянии a от вершины помещен электрический диполь с моментом p . Ось диполя направлена к вершине угла. Найти силу, действующую на диполь.

Задача 34.

Над горизонтальным листом металла вертикально расположен равномерно заряженный тонкий стержень длиной l с полным зарядом Q . Нижняя точка стержня удалена от листа на расстояние H . Найти плотность σ индуцированного заряда в точке, расположенной на поверхности листа непосредственно под стержнем.

Задача 35.

Два разноименных точечных заряда, отношение величин которых равно n , расположены на расстоянии d друг от друга. Доказать, что поверхность нулевого потенциала есть сферическая поверхность. Определить радиус R этой сферы и расстояние H от её центра до меньшего заряда.

Задача 36.

Определить силу притяжения между точечным зарядом q и металлическим шаром. Заряд находится на расстоянии d от центра шара. Рассмотреть два случая: 1) шар заземлен; 2) шар изолирован, а полный заряд его равен нулю.

Задача 37.

В условиях предыдущей задачи найти работу A , которую надо затратить, чтобы точечный заряд q удалить в бесконечность.

Задача 38.

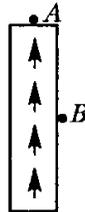
Заземленная проводящая плоскость имеет выпуклость в форме полусферы с радиусом R . Центр сферы лежит на плоскости. На оси симметрии системы на расстоянии $2R$ от плоскости находится точечный заряд q . Найти силу, а действующую на заряд.

Занятие 2. ДИЭЛЕКТРИКИ.

- Поляризуемость
 - Диполь во внешнем поле
 - Наведенная поляризация
- Поле в среде. Векторы поляризации и электростатической индукции
- Диэлектрическая проницаемость. Условия на границе двух сред
- Энергия поля в среде

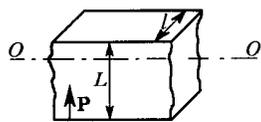
Задача 1.

Имеется тонкий длинный диэлектрический цилиндр длиной $2l$ и радиусом r с “замороженной” поляризацией $P_0 = \text{const}$. Найти напряженность электрического поля в точке A . Во сколько раз это поле сильнее, чем в точке B ?



Задача 2.

Имеется бесконечная полоса диэлектрика толщиной l и шириной L . Материал пластины поляризован. Вектор поляризации \vec{P} постоянен и перпендикулярен меньшей грани. Считая $l \ll L$, найти поле E и индукцию D на средней линии OO' .



Задача 3.

В центре диэлектрического шара радиусом R с проницаемостью ϵ_1 , помещен точечный заряд q . Шар окружен безграничным диэлектриком с проницаемостью ϵ_2 . Определить поверхностную плотность поляризационных зарядов на границе раздела диэлектриков.

Задача 4.

По сфере радиусом R равномерно распределен заряд Q . Определить давление изнутри на поверхности сферы, обусловленное взаимодействием зарядов.

Задача 5.

Проводящая сфера радиусом R составлена из двух полу- сфер. Определить силу F , с которой отталкиваются эти полусферы, если полный заряд сферы равен Q .

Задача 6.

Длинный проводящий цилиндр радиусом R составлен из двух половин. Определить силу отталкивания F , действующую на единицу длины каждого полуцилиндра, если на единицу длины цилиндра приходится заряд κ .

Задача 7.

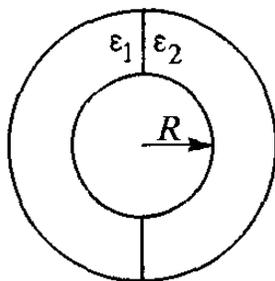
Конденсатор, заполненный жидким диэлектриком с ди- электрической постоянной ϵ зарядили, затратив на это энергию W_1 . Затем конденсатор отсоединили от источника, слили из него ди- электрик и разрядили. Какая энергия W_2 выделилась при разрядке? Объяснить результат.

Задача 8.

Три проводящих шара с радиусами R_1 , R_2 и R_3 и соответственно потенциалами ϕ_1 , ϕ_2 и ϕ_3 в вакууме разведены далеко друг от друга. Какое количество тепла Q выделится после того, как их соединили тонкими проволочками? Емкостью проволочек пренебречь.

Задача 9.

Две половины сферического конденсатора заполнены диэлектриками с проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 . Определить силу, действующую на внутреннюю сферу. Заряд конденсатора Q , радиус внутренней сферы R .



Задача 10.

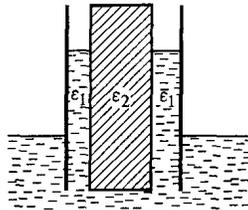
Плоский конденсатор, пластины которого имеют площадь S и расположены на расстоянии d , заполнен твердым диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ . Конденсатор подсоединен к батарее постоянного тока, ЭДС которой равна \mathcal{E} . Одну из пластин конденсатора отодвигают так, что образуется воздушный зазор. На какое расстояние x отодвинута пластина, если при этом произведена работа A ?

Задача 11.

Плоский конденсатор с квадратными пластинами (расстояние между пластинами d , площадь пластин S) заряжен до разности потенциалов V и отсоединен от источника напряжения. После этого в конденсатор вдвинута до половины широкая пластина диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ϵ . Толщина пластины равна d . Найти силу, с которой пластина втягивается в конденсатор.

Задача 12.

Между пластинами плоского воздушного конденсатора введена диэлектрическая пластина толщиной l_2 с диэлектрической проницаемостью ϵ_2 . Конденсатор частично погружен в жидкость с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 и плотностью ρ . Найти высоту поднятия жидкости в конденсаторе h , пренебрегая капиллярными явлениями, если между его обкладками поддерживается разность потенциалов V . Суммарная толщина столбов жидкости в конденсаторе равна l_1 .

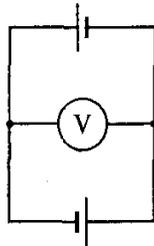


Занятие 3. ПОСТОЯННЫЙ ТОК.

- Электрический ток. Сопротивление. Закон Ома
- Сторонняя эдс. Источники тока
- Правила Кирхгофа

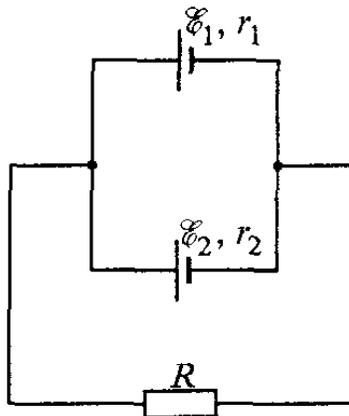
Задача 1.

В схему включены два одинаковых гальванических элемента с ЭДС 1,5В и внутренним сопротивлением 2 Ом так, как показано на рисунке. Какой ток проходит через элементы? Что покажет вольтметр? Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



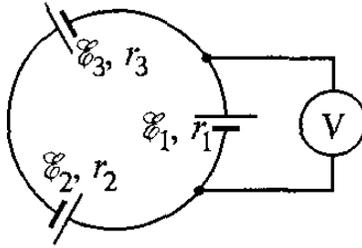
Задача 2.

По ошибке в цепь были включены параллельно два гальванических элемента с разными ЭДС $\mathcal{E}_1 = 1,9\text{В}$ и $\mathcal{E}_2 = 1,1\text{В}$ и с внутренними сопротивлениями $r_1 = 0,1\text{Ом}$ и $r_2 = 0,8\text{Ом}$. Элементы замкнуты на внешнее сопротивление $R = 10\text{Ом}$. Чему равны токи I_1 и I_2 через элементы, как они направлены и как велико напряжение V на сопротивлении R внешней цепи?



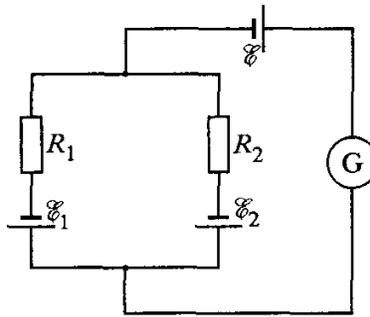
Задача 3.

Три гальванических элемента с ЭДС \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 , \mathcal{E}_3 и внутренними сопротивлениями r_1 , r_2 , r_3 соединены по схеме, указанной на рисунке. Сопротивления соединяющих проводов пренебрежимо малы. 1) Какое напряжение V будет показывать вольтметр, включенный так, как показано на рисунке? 2) Чему будет равно показание вольтметра, если величины \mathcal{E}_i и r_i связаны соотношением $\mathcal{E}_1/r_1 = \mathcal{E}_2/r_2 = \mathcal{E}_3/r_3$?



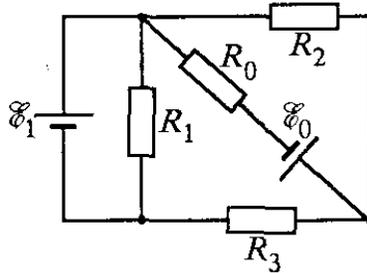
Задача 4.

Сопротивления R_1 и R_2 подобраны так, что ток через гальванометр G не идет. Считая известными ЭДС \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 найти ЭДС \mathcal{E} . Внутренними сопротивлениями батарей по сравнению с R_1 , и R_2 пренебречь.



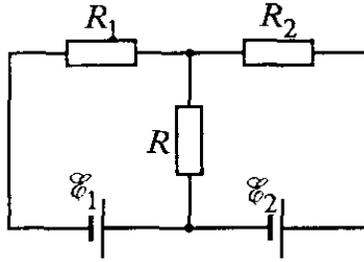
Задача 5.

Найти ток, проходящий через резистор сопротивлением R_0 в схеме, изображенной на рисунке, считая все параметры заданными.



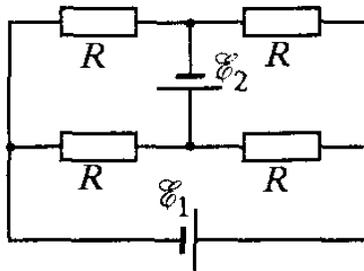
Задача 6.

В схеме, изображенной на рисунке, заданы сопротивления R_1 и R_2 . Определить сопротивление R , при котором рассеиваемая на нём мощность максимальна. Каково условие того, что ток, проходящий через сопротивление R , равен нулю?



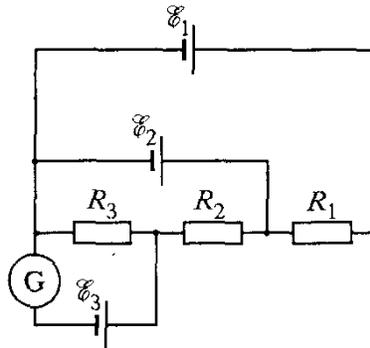
Задача 7.

Электрическая цепь составлена из двух батарей с ЭДС \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 и четырёх одинаковых резисторов сопротивлением R каждый. Какая мощность рассеивается на этих резисторах?



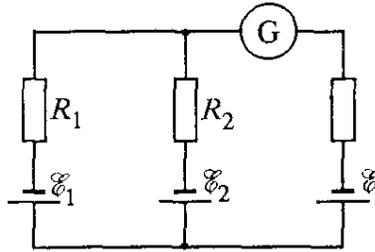
Задача 8.

Сопротивления R_1 , R_2 , R_3 подобраны так, что ток через гальванометр G равен нулю. Электродвижущие силы \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 известны. Считая известными сопротивления R_1 , R_2 , R_3 и пренебрегая внутренними сопротивлениями батарей, найти электродвижущую силу \mathcal{E}_2 и ток I , текущий через батарею \mathcal{E}_1 .



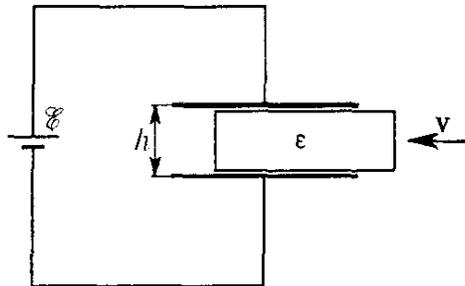
Задача 9.

Сопротивления R_1 и R_2 подобраны так, что ток через гальванометр G равен нулю. Считая известными ЭДС \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 , найти электродвижущую силу \mathcal{E} . Внутренними сопротивлениями батарей пренебречь по сравнению с R_1 и R_2 .



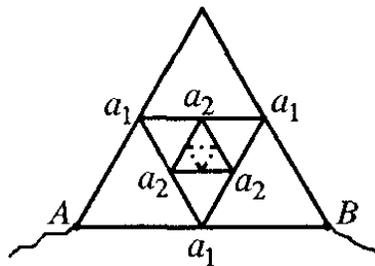
Задача 10. *

В плоский конденсатор заданных размеров вдвигается с постоянной скоростью v пластина диэлектрика. Определить ток в цепи батареи, подключенной к конденсатору. Считать известными: ЭДС батареи \mathcal{E} , диэлектрическую проницаемость ϵ , высоту пластины h и ее ширину b (на рисунке не изображена).



Задача 11. *

Фигура, изображенная на рисунке, сделана из проволоки постоянного сечения. Число вписанных друг в друга правильных треугольников очень велико. Сторона самого большого треугольника $a_1 = 1$ м. Сопротивление одну метр проволоки равно 10Ω . Найти сопротивление между клеммами A и B.



Задача 12.

Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя однородными слабо проводящими слоями диэлектрика с толщинами d_1 и d_2 . Диэлектрическая проницаемость и удельная проводимость первого диэлектрика равны соответственно ϵ_1 и λ_1 , а второго – ϵ_2 и λ_2 . Найти плотность поверхностных свободных зарядов σ на границе между диэлектриками, которая установится при наложении на конденсатор постоянного напряжения V .

Занятие 4. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.

- Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле
- Закон Био – Савара
- Формула Ампера
- Теорема Стокса

Задача 1.

Движение заряда в магнитном поле. Циклотронная частота, циклотронный радиус. Масс спектрометр.

Задача 2.

Два параллельных провода с током.

Задача 3.

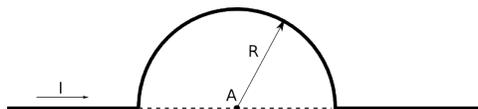
При производстве полиэтиленовой пленки широкая полоса протягивается по роликам со скоростью $v = 15\text{ м/с}$. В процессе обработки (главным образом из-за трения) поверхность пленки приобретает равномерно распределенный заряд с поверхностной плотностью σ . Оценить максимальное значение σ и магнитного поля B вблизи поверхности пленки, принимая во внимание, что при напряженности электрического поля $E = 30\text{ кВ/см}$ в воздухе возникает электрический разряд (пробой).

Задача 4.

Найти магнитное поле B в центре тонкого кольца радиуса R с током I .

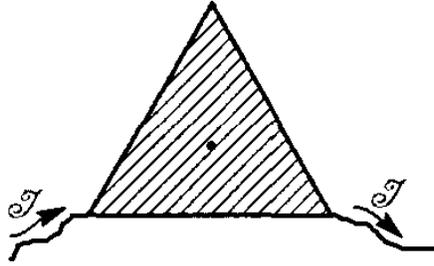
Задача 5.

Найти магнитное поле B в точке A .



Задача 6. *

Определить магнитное поле B в Центре однородной тонкой металлической пластинки, имеющей форму равностороннего треугольника со стороной a , если через пластинку пропускают ток I . Магнитным полем подводящих проводов пренебречь.



А что если пластинка имеет форму квадрата? Какие ещё есть варианты?

Задача 7.

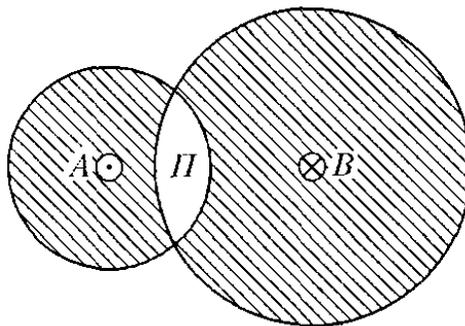
Найти магнитное поле B на расстоянии h над центром тонкого кольца радиуса R с током I .

Задача 8.

Найти индукцию B магнитного поля на оси соленоида в точке A , из которой диаметры торцов видны под углами 2α и 2β . Соленоид состоит из N витков, равномерно намотанных на длине l , и по нему течет ток I .

Задача 9.

По двум бесконечно длинным прямолинейным проводникам, сделанным из немагнитного материала и изолированным друг от друга, текут в противоположных направлениях токи с одной и той же **плотностью** j . Проводники ограничены цилиндрическими поверхностями. (На рисунке поперечные сечения проводников заштрихованы.) Найти величину и направление магнитного поля в полости Π . Ток в левом проводнике направлен к читателю, а в правом – от читателя. Расстояние между осями Цилиндров $AB = d$.



Задача 10.

Определить магнитное поле Внутри бесконечной цилиндрической полости, сделанной в бесконечном цилиндрическом проводе, вдоль которого течет постоянный ток плотности j , равномерно распределенный по сечению провода. Расстояние между осями провода и полости равно d .

Занятие 5. МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ. ЗАКОН ФАРАДЕЯ.

- Магнитный момент в магнитном поле
- Закон Фарадея
- Энергия магнитного поля. Индуктивность

Задача 1.

Кольцо радиуса R равномерно зарядили зарядом Q и раскрутили до угловой скорости Ω . Вычислить магнитный момент кольца. Какое будет магнитное поле на больших расстояниях от кольца?

Задача 2.

Палку длины R равномерно зарядили зарядом Q и раскрутили до угловой скорости Ω вокруг оси проходящей через конец палки и перпендикулярной ей.. Вычислить магнитный момент палки.

Задача 3.

Диск радиуса R равномерно зарядили зарядом Q и раскрутили до угловой скорости Ω . Вычислить магнитный момент диска. Какое будет магнитное поле на больших расстояниях от кольца?

Задача 4.

Равномерно заряженная с линейной плотностью q квадратная рамка со стороной l вращается с угловой скоростью Ω вокруг одной из сторон. Вычислить магнитный момент M рамки.

Задача 5.

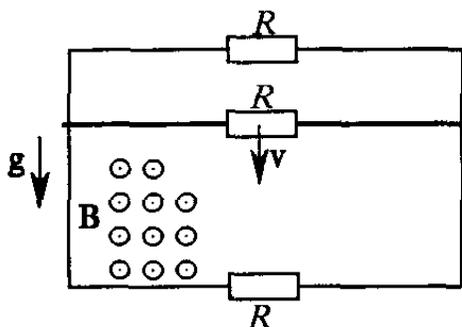
Равномерно заряженный с плотностью σ квадрат со стороной l вращается с угловой скоростью Ω вокруг одной из сторон. Вычислить магнитный момент M квадрата.

Задача 6.

Равномерно заряженный тонкий диск радиусом R вращается с угловой скоростью Ω вокруг своего неподвижного диаметра. Полный заряд диска Q . Найти магнитный момент M вращающегося диска.

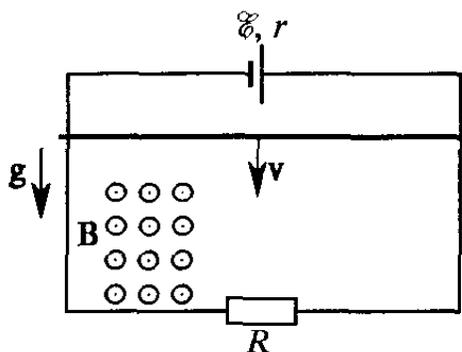
Задача 7.

По двум вертикальным рейкам, соединенным сверху и внизу сопротивлениями $R = 0,01\text{Ом}$, может скользить без трения проводник, длина которого $l = 100\text{см}$, масса $m = 100\text{г}$, сопротивление $R = 0.01\text{Ом}$. Система находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 1000\text{Гс}$ перпендикулярна плоскости рисунка. Найти максимальную скорость проводника в поле силы тяжести, если пренебречь сопротивлением реек.



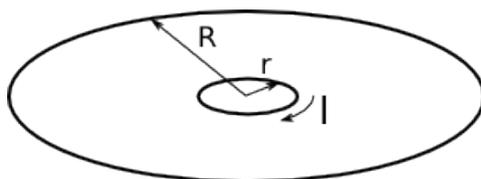
Задача 8.

По двум вертикальным рейкам, соединенным внизу сопротивлением $R = 20\text{ Ом}$, а вверху батареей с ЭДС $\mathcal{E} = 1\text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 20\text{ Ом}$, без трения скользит проводник, длина которого $l = 10\text{ см}$, масса $m = 10\text{ г}$. Система находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 10^4\text{ Гс}$, перпендикулярна плоскости рисунка и направлена к читателю. Найти установившуюся скорость проводника в поле силы тяжести, пренебрегая сопротивлением реек и проводника. При каком соотношении между параметрами задачи установившаяся скорость направлена вниз и при каком вверх?



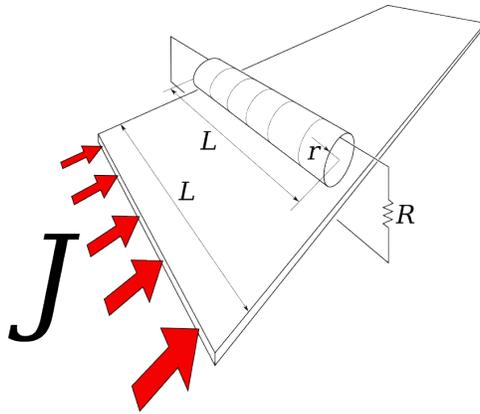
Задача 9.

По меньшему из двух concentric rings с радиусами R и r , причём $R \gg r$, пропускают ток I . Какой поток магнитного поля проходит через большее кольцо?



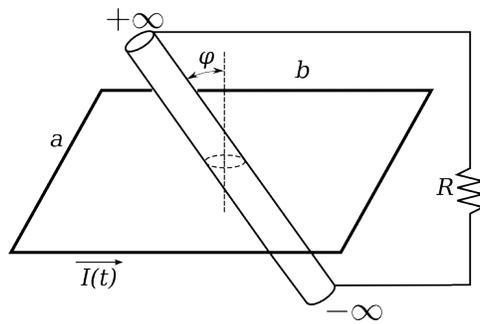
Задача 10.

Ток I течёт по пластине шириной L . Соленоид длины L и радиуса r с плотностью обмотки n расположен как показано на рисунке. Контакты соленоида соединены через сопротивление R . Какой заряд пройдёт через сопротивление за то время за которое ток J увеличился в два раза?



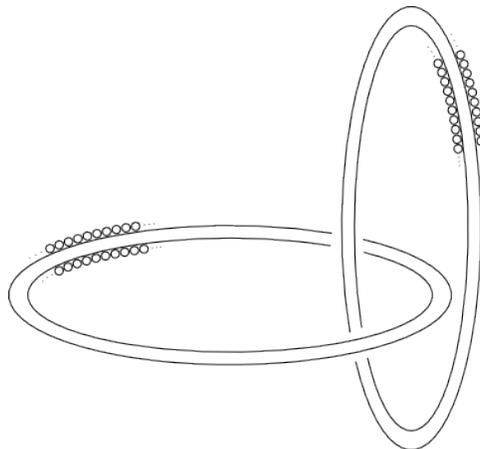
Задача 11.

Бесконечно длинный соленоид с площадью сечения A проходит вертикально ($\phi = 0$) через центр прямоугольной горизонтальной проволочной рамки. Плотность обмотки соленоида n . По рамке течёт ток $I(t)$. Найти ЭДС возникающую на концах соленоида. Как изменится ЭДС если $\phi \neq 0$?



Задача 12. *

Найти коэффициент взаимной индукции двух зацеплённых соленоидов. Площади сечения A_1 и A_2 , также как и плотности обмоток n_1 и n_2 обоих соленоидов считать известными.

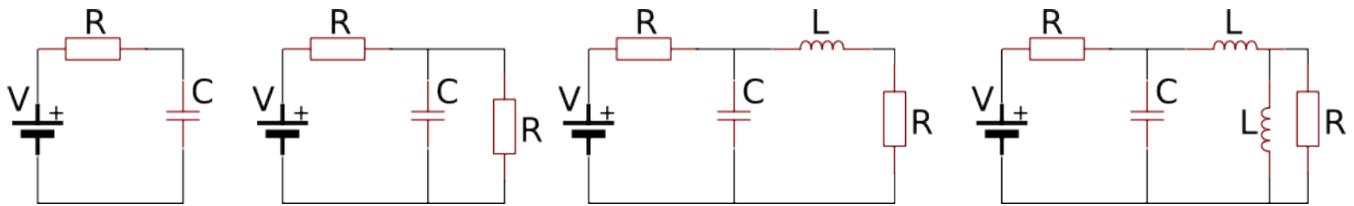


Занятие 6. ЦЕПИ С КОНДЕНСАТОРАМИ И ИНДУКТИВНОСТЯМИ. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК.

- Конденсатор
- Индуктивность
- Колебательный контур
- Колебательный контур с затуханием. Резонанс.
- Векторные диаграммы

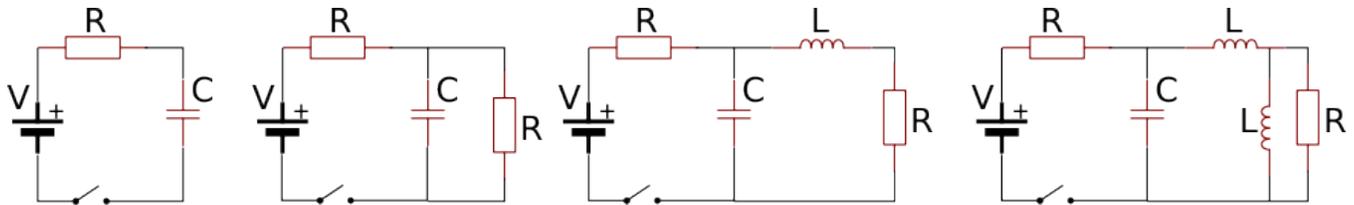
Задача 1.

Найти заряды и токи в цепях.



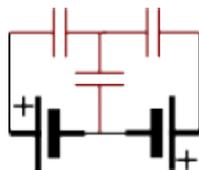
Задача 2.

Найти заряды и токи в цепях в первый момент после замыкания выключателя.



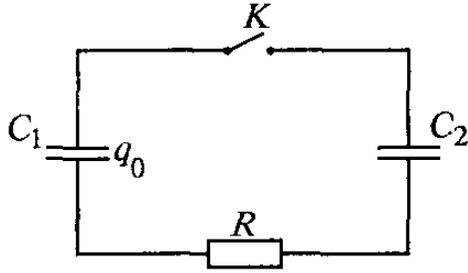
Задача 3.

Найти заряды на конденсаторах. Считать все конденсаторы и батарейки разными.



Задача 4.

Описать процесс разрядки конденсатора C_1 после замыкания ключа K , если его начальный заряд равен q_0 . Исследовать случай $R \rightarrow 0$, описать превращения энергии в контуре



Задача 5.

Пластины воздушного конденсатора с емкостью $C = 10^{-10}$ Ф соединены с сопротивлением R через батарею с ЭДС E . Пластины быстро сближаются в течение времени $\Delta t = 10^{-2}$ с, расстояние между ними при этом уменьшается вдвое. При каком условии за это время заряд конденсатора практически не изменится? Найти джоулево тепло $Q_{дж}$, которое выделится в сопротивлении R к моменту окончания перезарядки.

Задача 6.

Из конденсатора быстро извлекают пластину с диэлектрической проницаемостью ϵ так, что емкость скачкообразно изменяется до значения C . Найти зависимость тока в цепи от времени и нарисовать график $I(t)$. Диэлектрик заполняет весь объем конденсатора.

Задача 7.

Колебательный контур содержит индуктивность и емкость. В некоторый момент времени из конденсатора быстро извлекают пластину с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$. Как изменится частота колебаний контура? Во сколько раз изменятся максимальные величины заряда на конденсаторе и тока в катушке, если пластину извлекают в момент, когда заряд на конденсаторе 1) отсутствует и 2) максимален?

Занятие 7. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

- Ток смещения
- Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны
- Движение в скрещенных полях. Преобразования полей

Задача 1.

Заряженный и отключенный от источника электричества плоский конденсатор медленно разряжается объемными токами проводимости, возникающими в диэлектрике между обкладками из-за наличия слабой проводимости. Пренебрегая краевыми эффектами, вычислить напряженность магнитного поля внутри конденсатора.

Задача 2.

Заряженный и отключенный от источника электричества плоский конденсатор, состоящий из двух одинаковых дисков радиусом R , пробивается электрической искрой вдоль своей оси. Считая разряд квазистационарным и пренебрегая краевыми эффектами, вычислить мгновенное значение напряженности магнитного поля H внутри конденсатора (в зависимости от расстояния r до его оси), если сила тока в электрической искре в рассматриваемый момент времени равна I .

Задача 3.

В плоский конденсатор, состоящий из двух круглых дисков площадью S , помещена квадратная проволочная рамка со стороной a . Одна из сторон рамки совпадает с осью конденсатора, а две другие направлены по радиусу диска. Сопротивление рамки r (ее индуктивное сопротивление можно считать много меньше омического). Конденсатор заряжается от источника постоянной ЭДС до заряда Q_0 , причем постоянная времени $\tau = RC$. Найти джоулево тепло, выделяющееся в рамке при зарядке конденсатора. Откуда берется эта энергия? При каких условиях можно пренебречь индуктивностью рамки?

Задача 4.

По прямому проводу, обладающему сопротивлением, идет постоянный ток. 1) Указать для произвольной точки боковой поверхности провода направление составляющей вектора Пойнтинга \mathbf{S} , обусловленной тангенциальной составляющей \mathbf{E} . 2) Показать, что произведение модуля вектора Пойнтинга на величину боковой поверхности провода равно мощности, выделяемой током в проводе.

Список литературы

- [1] *Сборник задач по общему курсу физики. Часть 2.* С.М. Козел, В.Г. Лейман, Г.Р. Локшин, В.А. Овчинкин, Э.В. Прут.
- [2] *Лекции по основным курсам физики: Электромагнетизм.* А.П. Ершов