



1945 2020
Великой Победе!

муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 31 со спортивным уклоном города Пятигорска Ставропольского края

357538 Россия, Ставропольский край, г. Пятигорск, улица Мира, 187
телефон (879 3) 98-11-25 факс (879 3) 98-11-25

Конспект урока

Предмет	Физика
Класс	11
Учитель	А.В.Гусева
Дата урока	12.05.2020
Тема урока	Электростатика
Основной вид учебной деятельности	Обобщение и систематизация пройденного материала

Ход урока

I. Организационный этап.

- Доброе утро, ребята!

II. Обобщение и систематизация материала

Опорный конспект по теме находится по ссылке

<https://yadi.sk/i/Y4SpFXwddjcelQ>

Задачи на тему «Электростатика»

Чтобы разобраться в решении таких задач, разделим их на группы:

- Задачи на электростатическую индукцию
- Задачи на напряженность и потенциал электростатического поля
- Задачи на электростатические силы
- Задачи о конденсаторах

Задачи на электростатическую индукцию

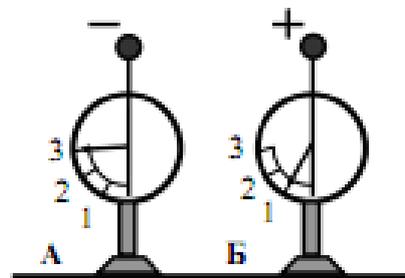
Данные задачи имеют качественный характер. Для их решения необходимо помнить, что в телах имеются электрически заряженные частицы, в проводниках – подвижные (в металлах – электроны), в диэлектриках - связанные, взаимодействующие между собой.

При поднесении к телу заряда, подвижные заряды противоположного знака скапливаются на поверхности тела вблизи поднесенного заряда, заряды того же знака удаляются как можно дальше, при возможности стекают на землю.

При поднесении заряда к диэлектрику, связанные в нём заряды ориентируются аналогичным образом.

Задача об электрометрах (базовый уровень)

На рисунке изображены два одинаковых электрометра, шары которых имеют заряды противоположных знаков. Если их шары соединить проволокой, то показания обоих электрометров



- 1) не изменятся
- 2) станут равными 1
- 3) станут равными 2
- 4) станут равными 0

Решение: Электрометры заряжены так, что на левом имеется избыток электронов, заряд которых «3 деления», а на правом – недостаток электронов, т.е. положительный заряд «1 деление». Если шары соединить проволокой, электроны рассредоточатся по обоим электрометрам, стараясь находиться дальше друг от друга. На каждом из одинаковых электрометров будет одинаковый заряд $(3-1)/2 = 1$ «деление»

Ответ 2.

Задача об электроскопе и заряженной палочке (базовый уровень)

К стержню положительно заряженного электроскопа поднесли, не касаясь его, стеклянную палочку. Листочки электроскопа опали, образуя гораздо меньший угол. Такой эффект может наблюдаться, если палочка

- 1) заряжена положительно
- 2) заряжена отрицательно
- 3) имеет заряд любого знака
- 4) не заряжена

Решение: Электрометр заряжен положительно, значит, на нем имеется недостаток электронов. При этом положительно заряжены его шар, стержень и листочки. Чем больше заряд, тем больше листочки отходят друг от друга.

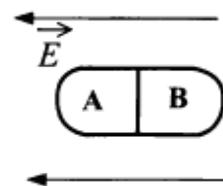
Когда к шару электроскопа подносят заряженную палочку, ее заряды создают электростатическое поле, действующее на заряды электроскопа. Если его листочки опали, то их положительный заряд стал меньше, значит на листочках появились дополнительные электроны, ушедшие как можно дальше от шара. Следовательно, создаваемое палочкой поле отталкивает электроны и палочка заряжена отрицательно.

Ответ 2.

Задача о теле в электростатическом поле (базовый уровень)

Незаряженное металлическое тело внесли в однородное электростатическое поле, а затем разделили на части А и В (см. рисунок). Какими электрическими зарядами обладают эти части после разделения?

- 1) А — положительным, В — останется нейтральным
- 2) А — останется нейтральным, В — отрицательным
- 3) А — отрицательным, В — положительным
- 4) А — положительным, В — отрицательным



Решение: Электростатическое поле действует на заряды. Сила, действующая на положительный заряд, совпадает по направлению с направлением линии поля. Сила, действующая на отрицательный заряд, направлена противоположно. Подвижные заряженные частицы внутри металлического тела будут двигаться под действием этой кулоновской силы: электроны сместятся направо, слева образуется

избыточный положительный заряд. При разделении тела на две части, они будут заряжены соответственно.

Если в электростатическое поле помещен диэлектрик (например, стекло), его связанные заряды смогут только ориентироваться по полю, но при разделении тела на части, они (части) останутся незаряженными.

Ответ 4.

Задачи на напряженность и потенциал электростатического поля

Решая такие задачи, нужно помнить, что

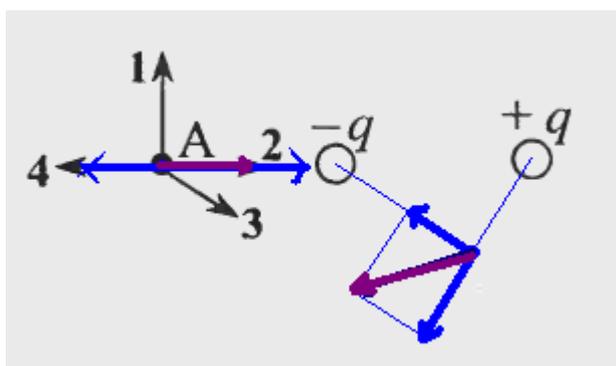
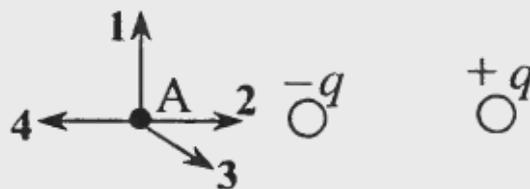
- Вектор напряженности – это силовая характеристика поля. Вектор направлен так же, как сила Кулона, действующая на пробный (малый) положительный заряд, помещенный в данную точку. Величина вектора напряженности численно равна силе Кулона, действующей на единичный положительный заряд.
- Потенциал – это энергетическая характеристика поля. Электростатическое поле потенциально, т.е. энергия заряда в нем определяется только его положением и равна
- Работа по перемещению заряда

$$A = W_{\Gamma_1} - W_{\Gamma_2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

- Принцип суперпозиции

Задача о направлении вектора напряженности (базовый уровень)

На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $-q$ и $+q$. Направлению вектора напряженности электрического поля этих зарядов в точке А соответствует стрелка



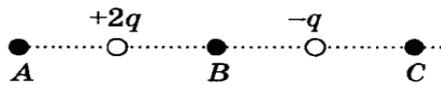
Решение.

Вектор напряженности направлен так же, как сила Кулона, действующая на пробный (малый) положительный заряд, помещенный в данную точку. Изображаем векторы напряженности поля, созданного каждым зарядом в точке А. Отрицательный заряд ближе, создает поле большей напряженности. Затем, в соответствии с принципом суперпозиции, складываем вектора. Суммарный вектор направлен вдоль 2 (изображен фиолетовой стрелкой).

Рассмотренный способ является универсальным. Например, в точке В вектора напряженности полей направлены вдоль прямых, соединяющих точку с каждым из зарядов, но непараллельно друг другу.

Задача о величине вектора напряженности (базовый уровень)

На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$. В какой из трех точек — A , B или C — модуль вектора напряженности электрического поля этих зарядов максимален?



- 1) в точке A
- 2) в точке B
- 3) в точке C
- 4) во всех трех точках модуль напряженности имеет одинаковые значения

Решение. Аналогично предыдущей задаче, но необходимо также оценить величину напряженности. Напряженность, созданная зарядом q на расстоянии r равна по величине

$E = \frac{kq}{r^2}$. Тогда в точке A суммарная напряженность (с учетом направления векторов

вдоль оси x): $E = -E_1 + E_2 = -\frac{k2q}{r^2} + \frac{kq}{(3r)^2} = -\frac{17kq}{9r^2}$

В точке B суммарная напряженность $E = E_1 + E_2 = \frac{k2q}{r^2} + \frac{kq}{r^2} = -\frac{3kq}{r^2}$

В точке C суммарная напряженность $E = E_1 - E_2 = \frac{k2q}{(3r)^2} - \frac{kq}{r^2} = -\frac{7kq}{9r^2}$

Модуль вектора напряженности максимален в точке B $\left(\frac{17kq}{9r^2} < \frac{3kq}{r^2}\right)$.

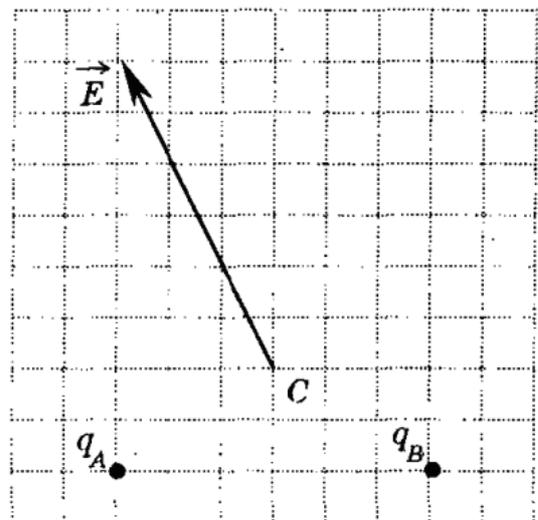
Ответ 2

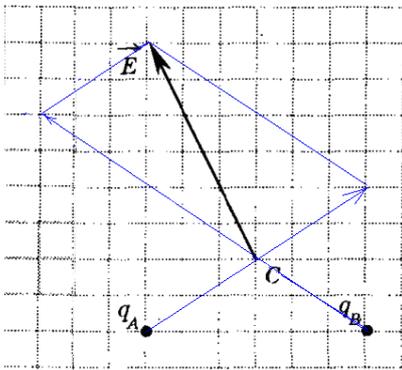
Здесь E_1 - вектор напряженности поля, созданный зарядом $+2q$, E_2 - вектор напряженности поля, созданный зарядом $-q$

Обратная задача о направлении вектора напряженности (повышенный уровень)

На рисунке изображен вектор напряженности \vec{E} электрического поля в точке C ; поле создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему примерно равен заряд q_B , если заряд q_A равен $+1$ мкКл?

- 1) $+1$ мкКл
- 2) $+2$ мкКл
- 3) -1 мкКл
- 4) -2 мкКл

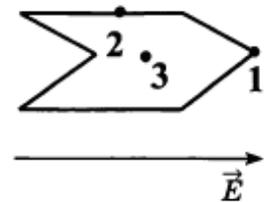




Решение. Построим вектора напряженности, создаваемые отдельными зарядами, так, что изображенный вектор являлся их суммой. Можно видеть, что при одинаковом расстоянии до точки С, правый заряд создает вектор напряженности вдвое больший по величине. Направление вектора указывает на положительный знак этого заряда. Следовательно, $q_B = +2 \text{ мкКл}$.
 Ответ 2

Задача о потенциале металлического проводника (базовый уровень)

Металлическому полому телу, сечение которого представлено на рисунке, сообщён отрицательный заряд. Каково соотношение между потенциалами точек 1, 2 и 3, если тело помещено в однородное электростатическое поле?



- 1) $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$
- 2) $\varphi_3 < \varphi_2 < \varphi_1$
- 3) $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$
- 4) $\varphi_2 > \varphi_1, \varphi_2 > \varphi_3$

Решение. Металлическое тело является эквипотенциальной поверхностью. Внутри полого тела напряженность равна нулю, потенциал одинаков и равен поверхностному вне зависимости от того, заряжено ли тело, есть ли внешнее поле.

Ответ 1

Задача о работе по перемещению заряда (базовый уровень)

В точке А потенциал электрического поля равен 200 В, потенциал в точке В равен 100 В. Какую работу совершают силы электрического поля при перемещении положительного заряда 5 мКл из точки А в точку В?

- 1) 0,5 Дж
- 2) -0,5 Дж
- 3) 1,5 Дж
- 4) -1,5 Дж

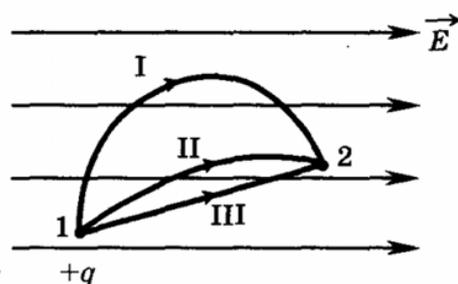
Решение.

$$A = W_{\text{п1}} - W_{\text{п2}} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

$$A = (200\text{В} - 100\text{В}) \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{Кл} = 0,5 \text{ Дж}$$

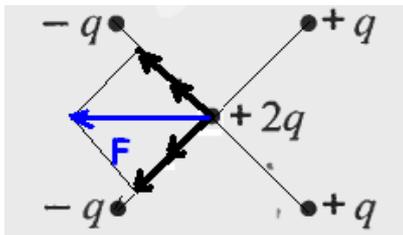
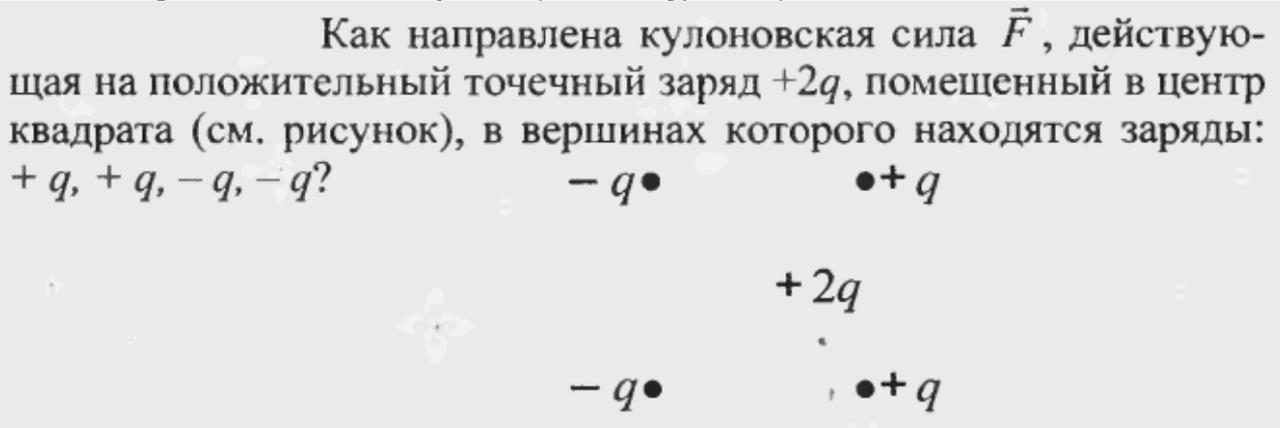
Кроме того, нужно понимать, что электростатическое поле потенциально, то есть работа не зависит от траектории, по которой перемещали заряд (см. рис. внизу).

Ответ 1



Задачи на электростатические силы

Задача о силе Кулона в системе зарядов (базовый уровень)



Решение. Сила Кулона действует вдоль прямой, соединяющей заряды, приложена к данному заряду $+2q$. Показываем направление силы от каждого из 4-х окружающих зарядов и находим векторную сумму – равнодействующую силу F .

Задача о перемещении частицы в электрическом поле (базовый уровень)

На какое расстояние по горизонтали переместится частица, имеющая массу 1 мг и заряд 0,02 нКл, за время 3 с в однородном горизонтальном электрическом поле напряжённостью 5000 В/м, если начальная скорость частицы равна нулю?

- 1) 0,09 м 2) 0,45 м 3) 0,75 м 4) 1,5 м

Решение: В горизонтальном направлении частица будет двигаться только под действием силы Кулона. В проекции на горизонтальную ось 2- закон Ньютона:

$$m \cdot a = q \cdot E. \text{ Ускорение } a = \frac{qE}{m}$$

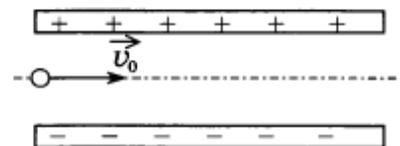
Перемещение в горизонтальном направлении

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{qEt^2}{2m} = \frac{0.02 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ В/м} \cdot 3^2 \text{ с}^2}{2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}} = 0,45 \text{ м}$$

Ответ 2

Задача об отклонении частицы в плоском конденсаторе (базовый уровень)

Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью \vec{v}_0 ($v_0 \ll c$) параллельно пластинам (см. рисунок), расстояние между которыми d . На какой угол отклонится при вылете из конденсатора вектор скорости электрона от первоначального направления, если конденсатор заряжен до разности потенциалов $\Delta\phi$? Длина пластин L ($L \gg d$).



Решение: На частицу в поле конденсатора действует сила Кулона, направленная вверх. Сила тяжести по сравнению с ней пренебрежимо мала. В горизонтальном направлении силы не действуют. Поэтому электрон участвует в двух независимых друг от друга движениях: в равномерном движении по горизонтали и равноускоренном движении по вертикали.

Проекции скорости при этом $v_x = v_0$; $v_y = a \cdot t$

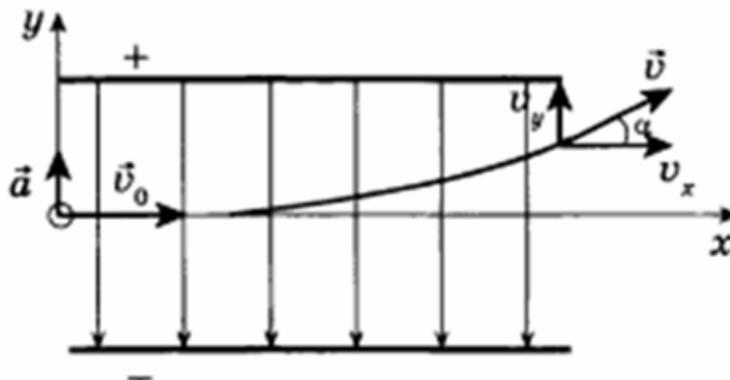
В момент вылета из конденсатора $x = L = v_0 t \rightarrow t = \frac{L}{v_0}$;

Под действием силы Кулона частица движется в соответствии со вторым законом Ньютона $m \cdot a_y = q \cdot E$. Тогда ускорение

$$a_y = \frac{qE}{m} = \frac{q\Delta\phi}{md}$$

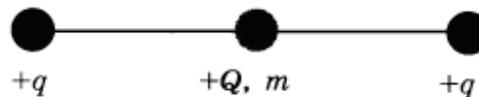
Отсюда $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{e\Delta\phi L}{mdv_0^2}$.

Ответ: $\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{e\Delta\phi L}{mdv_0^2} \right)$.



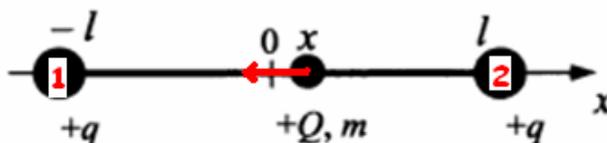
Задача о колебаниях заряженной бусинки (высокий уровень)

По гладкой горизонтальной направляющей длиной $2l$ скользит бусинка с положительным зарядом $Q > 0$ и массой m . На концах направляющей закреплены положительные заряды $q > 0$ (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия, период которых равен T .



Чему будет равен период колебаний бусинки, если ее заряд увеличить в 2 раза?

Решение. Рассмотрим случайное отклонение бусины на малое расстояние x вправо. При ее смещении появляется равнодействующая электрических сил, направленная влево. Если бы бусина отклонилась влево, то возникшая равнодействующая была бы направлена вправо. Таким образом, при смещении бусины, возникает возвращающая сила, которая и вызывает колебания.



Эта равнодействующая сила по величине равна

$$\begin{aligned} F_x &= F_1 - F_2 = \\ &= k \frac{qQ}{(l+x)^2} - k \frac{qQ}{(l-x)^2} \\ &\approx -k \frac{4qQ}{l^3} x \end{aligned}$$

В выражении выше нужно честно сложить две дроби, раскрыть скобки в числителе. Затем нужно упростить дробь, учтя, что $x \ll l$.

Сила пропорциональна смещению, как при колебании пружины. Поэтому, по аналогии можно записать:

Пружина

$$ma = -k \cdot x$$

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

Бусинка

$$ma = -k \frac{4qQ}{l^3} x$$

$$T = \pi \sqrt{\frac{m}{kqQ}} l^3$$

$$\frac{T_1}{T} = \sqrt{\frac{Q}{Q_1}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Домашнее задание на 21.05: Выписать и выучить основные определения и формулы

Решить задачи:

1(А) При трении пластмассовой линейки о шерсть, шерсть заряжается положительно. Это объясняется тем, что ...

- 1) электроны переходят с линейки на шерсть
- 2) протоны переходят с линейки на шерсть
- 3) электроны переходят с шерсти на линейку
- 4) протоны переходят с шерсти на линейку

2(А) Незаряженная цинковая пластина при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пластины?

- 1) + 4 Кл
- 2) - 4 Кл
- 3) + 6,4 · 10⁻¹⁹ Кл
- 4) - 6,4 · 10⁻¹⁹ Кл

3(А) От капли, имеющей электрический заряд + 2 е, отделилась капля с зарядом + е. Модуль заряда оставшейся части капли ...

- 1) увеличился
- 2) уменьшился
- 3) не изменился
- 4) мог увеличиться или уменьшиться в зависимости от размера отделившейся капли.

Указание: применить закон сохранения электрического заряда.

4(А) Сила кулоновского взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов ...

- 1) прямо пропорциональна расстоянию между ними.
- 2) обратно пропорциональна расстоянию между ними.
- 3) прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними.
- 4) обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

5(А) Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных электрических зарядов, если расстояние между ними уменьшить в **n** раз?

- 1) увеличится в **n** раз
- 2) уменьшится в **n** раз
- 3) увеличится в **n**² раз
- 4) уменьшится в **n**² раз

Указание: применить закона Кулона.

6(А) С какой силой взаимодействуют два маленьких заряженных шарика, находящиеся в вакууме на расстоянии 9 см друг от друга? Заряд каждого шарика равен 3 · 10⁻⁶ Кл.

- 1) 0,09 Н
- 2) 1 Н
- 3) 10 Н
- 4) 3,3 · 10⁶ Н

Указание: применить закона Кулона.

Фото/или скриншот домашнего задания высылайте на почту: guseva_klass2020@mail.ru



муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 31 со спортивным уклоном города Пятигорска Ставропольского края

357538 Россия, Ставропольский край, г. Пятигорск, улица Мира, 187
телефон (879 3) 98-11-25 факс (879 3) 98-11-25

Конспект урока

Предмет	Физика
Класс	11
Учитель	А.В.Гусева
Дата урока	21.05.2020
Тема урока	Законы постоянного тока
Основной вид учебной деятельности	Обобщение и систематизация пройденного материала

Ход урока

I. Организационный этап.

- Доброе утро, ребята!

II. Обобщение и систематизация пройденного материала

1. Основные понятия и законы электростатики

Закон Кулона:

сила взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

Коэффициент пропорциональности в этом законе

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}.$$

В СИ коэффициент k записывается в виде

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0},$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ (электрическая постоянная).

Точечными зарядами называют такие заряды, расстояния между которыми гораздо больше их размеров.

Электрические заряды взаимодействуют между собой с помощью электрического поля. Для качественного описания электрического поля используется силовая характеристика, которая называется «напряжённостью электрического поля» (E). *Напряжённость электрического поля* равна отношению

силы, действующей на пробный заряд, помещённый в некоторую точку поля, к величине этого заряда:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}.$$

Направление вектора напряжённости совпадает с направлением силы, действующей на положительный пробный заряд. $[E]=\text{В/м}$. Из закона Кулона и определения напряжённости поля следует, что напряжённость поля точечного заряда

$$E = k \frac{q}{r^2},$$

где q — заряд, создающий поле; r — расстояние от точки, где находится заряд, до точки, где создаётся поле.

Если электрическое поле создаётся не одним, а несколькими зарядами, то для нахождения напряжённости результирующего поля используется принцип суперпозиции электрических полей: напряжённость результирующего поля равна векторной сумме напряжённостей полей, созданных каждым из зарядов — источников в отдельности:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n.$$

Работа электрического поля при перемещении заряда: найдём работу перемещения положительного заряда силами Кулона в однородном электрическом поле. Пусть поле перемещает заряд q из точки 1 в точку 2:

$$A = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1).$$

В электрическом поле работа не зависит от формы траектории, по которой перемещается заряд. Из механики известно, что если работа не зависит от формы траектории, то она равна изменению потенциальной энергии с противоположным знаком:

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}).$$

Отсюда следует, что

$$W_p = qEd.$$

Потенциалом электрического поля называют отношение потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}.$$

Запишем работу поля в виде

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}) = -q(\varphi_2 - \varphi_1) = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU.$$

Здесь $U = \varphi_1 - \varphi_2$ — разность потенциалов в начальной и конечной точках траектории. Разность потенциалов называют также *напряжением*

Часто наряду с понятием «разность потенциалов» вводят понятие «потенциал некоторой точки поля». Под потенциалом точки подразумевают разность потенциалов между данной точкой и некоторой заранее выбранной точкой поля. Эту точку можно выбирать в бесконечности, тогда говорят о потенциале относительной бесконечности.

Потенциал поля точечного заряда подсчитывается по формуле

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}.$$

Проекция напряжённости электрического поля на какую-нибудь ось и потенциал связаны соотношением

$$E_x = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}.$$

2. Электроёмкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля

Электроёмкостью тела называют величину отношения

$$C = \frac{q}{\varphi}; \quad [C] = \Phi; \quad 1 \Phi = 10^6 \text{ мк}\Phi = 10^{12} \text{ пк}\Phi.$$

Формула для подсчёта ёмкости плоского конденсатора имеет вид:

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

где S — площадь обкладок, d — расстояние между ними.

Конденсаторы можно соединять в батареи. При параллельном соединении ёмкость батареи C равна сумме ёмкостей конденсаторов:

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

Разности потенциалов между обкладками одинаковы, а заряды прямо пропорциональны ёмкостям. При последовательном соединении величина, обратная ёмкости батареи, равна сумме обратных ёмкостей, входящих в батарею:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$

Заряды на конденсаторах одинаковы, а разности потенциалов обратно пропорциональны ёмкостям. Заряженный конденсатор обладает энергией. Энергию заряженного конденсатора можно подсчитать по любой из следующих формул:

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}.$$

3. Основные понятия и законы постоянного тока

Электрический ток — направленное движение электрических зарядов. В разных веществах носителями заряда выступают элементарные частицы разного знака. За положительное направление тока принято направление движения положительных зарядов. Количественно электрический ток характеризуют его силой. Это заряд, прошедший за единицу времени через поперечное сечение проводника:

$$I = \frac{q}{t}.$$

Закон Ома для участка цепи имеет вид:

$$I = \frac{1}{R}U.$$

Коэффициент пропорциональности R , называемый электрическим сопротивлением, является характеристикой проводника $[R]=\text{Ом}$. Сопротивление проводника зависит от его геометрии и свойств материала:

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

где l — длина проводника, ρ — удельное сопротивление, S — площадь поперечного сечения. ρ является характеристикой материала и его состояния. $[\rho] = \text{Ом}\cdot\text{м}$.

Проводники можно соединять последовательно. Сопротивление такого соединения находится как сумма сопротивлений:

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

При параллельном соединении величина, обратная сопротивлению, равна сумме обратных сопротивлений:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Для того чтобы в цепи длительное время протекал электрический ток, в составе цепи должны содержаться источники тока. Количественно источники тока характеризуют их *электродвижущей силой* (ЭДС). Это отношение работы, которую совершают сторонние силы при переносе электрических зарядов по замкнутой цепи, к величине перенесённого заряда:

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q}.$$

Если к зажимам источника тока подключить нагрузочное сопротивление R , то в получившейся замкнутой цепи потечёт ток, силу которого можно подсчитать по формуле

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}.$$

Это соотношение называют *законом Ома для полной цепи*.

Электрический ток, пробегая по проводникам, нагревает их, совершая при этом работу

$$A = W = qU = UIt,$$

где t — время, I — сила тока, U — разность потенциалов, q — прошедший заряд.

Закон Джоуля-Ленца:

$$W = I^2 Rt.$$

4. Основные понятия и законы магнитостатики

Характеристикой магнитного поля является *магнитная индукция* \vec{B} . Поскольку это вектор, то следует определить и направление этого вектора, и его модуль. Направление вектора магнитной индукции связано с ориентирующим действием магнитного поля на магнитную стрелку. За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного полюса S к северному N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле.

Направление вектора магнитной индукции прямолинейного проводника с током можно определить с помощью *правила буравчика*:

если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения рукоятки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции.

Модулем вектора магнитной индукции назовём отношение максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока на длину этого участка:

$$B = \frac{F_m}{I \Delta l}.$$

Единица магнитной индукции называется тесла (1 Тл)

Магнитным потоком Φ через поверхность контура площадью S называют величину, равную произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь этой поверхности и на косинус угла между вектором магнитной индукции \vec{B} и нормалью к поверхности \vec{n} :

$$\Phi = BS \cos \alpha.$$

Единицей магнитного потока является вебер (1 Вб).

На проводник с током, помещённый в магнитное поле, действует *сила Ампера*

Закон Ампера:

на отрезок проводника с током силой I и длиной l , помещённый в однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} , действует сила, модуль которой равен произведению модуля вектора магнитной индукции на силу тока, на длину участка проводника, находящегося в магнитном поле, и на синус угла

между направлением вектора \vec{B} и проводником с током:

$$F = BIl \sin \alpha.$$

Направление силы Ампера определяется с помощью правила *левой руки*:

если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная проводнику составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали бы направление тока, то отогнутый на 90° большой палец укажет направление силы Ампера.

На электрический заряд, движущийся в магнитном поле, действует *сила Лоренца*. Модуль силы Лоренца, действующей на положительный заряд, равен произведению модуля заряда на модуль вектора магнитной индукции и на синус угла между вектором магнитной индукции и вектором скорости движущегося заряда:

$$F = qvB \sin \alpha.$$

Направление силы Лоренца определяется с помощью *правила левой руки*: если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции, перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре пальца были направлены по движению положительного заряда, то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы Лоренца, действующей на заряд. Для отрицательно заряженной частицы сила Лоренца направлена против направления большого пальца.

5. Основные понятия и законы электромагнитной индукции

Если замкнутый проводящий контур пронизывается меняющимся магнитным потоком, то в этом контуре возникает ЭДС и электрический ток. Эту ЭДС называют *ЭДС электромагнитной индукции*, а ток — индукционным. Явление их возникновения называют электромагнитной индукцией. ЭДС индукции можно подсчитать по основному закону электромагнитной индукции или по *закону Фарадея*:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(\Phi)'$$

Знак «-» связан с направлением индукционного тока. Оно определяется по правилу Ленца: индукционный ток имеет такое направление, что его действие противодействует причине, вызвавшей появление этого тока.

Магнитный поток, пронизывающий контур, прямо пропорционален току, протекающему в этом контуре:

$$\Phi = LI.$$

Коэффициент пропорциональности L зависит от геометрии контура и называется индуктивностью, или коэффициентом самоиндукции этого контура. $[L] = 1 \text{ Гн}$

Энергию магнитного поля тока можно подсчитать по формуле

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

где L — индуктивность проводника, создающего поле; I — ток, текущий по этому проводнику

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задача №1

Условие

Какова длина медного цилиндрического проводника, если при его подключении в цепь с напряжением 1 В на 15 секунд его температура увеличилась на 10 К?

Решение

Так как ничего не сказано о каком либо другом действии тока, значит, считаем, что вся энергия тока идет в выделение тепла. Пользуясь знаниями из раздела молекулярной физики, запишем, какое количество теплоты требуется для нагревания указанного количества меди на указанное количество градусов:

$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ Здесь: c – удельная теплоемкость меди (табл. 1); m – масса провода; ΔT – прирост температуры.

Удельная теплоёмкость некоторых веществ, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$					
Золото	130	Железо	460	Масло раст.	1700
Ртуть	140	Сталь	500	Лёд	2100
Свинец	140	Чугун	540	Керосин	2100
Олово	230	Графит	750	Эфир	2350
Серебро	250	Стекло лаб.	840	Дерево (дуб)	2400
Медь	380	Кирпич	880	Спирт	2500
Цинк	400	Алюминий	920	Вода	4200

Табл. 1. Удельная теплоемкость некоторых веществ

С другой стороны запишем то же самое количество теплоты, но с учетом того, что именно столько выделилось в проводах в результате протекания тока. То есть воспользуемся законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Но с учетом того, какие данные нам известны по условию, целесообразнее будет записать эту формулу в виде:

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

Так как эти две величины являются одним и тем же, только записанным в разном виде (сколько тепла выделилось при прохождении тока, столько и пошло на нагревание медных проводов, потерями в окружающую среду можем пренебречь), приравняем их:

$$c \cdot m \cdot \Delta T = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

Распишем теперь все неизвестные множители на известные или табличные величины.

Распишем массу меди как:

$m = d \cdot V$ Здесь: d – плотность меди (табл. 2); V – объем проводника.

Плотность d некоторых твёрдых тел

Твёрдое тело	$d, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Твёрдое тело	$d, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Золото	19 300	Бетон	2300
Свинец	11 300	Кирпич	1800
Серебро	10 500	Сахар-рафинад	1600
Медь	8900	Оргстекло	1200
Латунь	8500	Капрон	1100

Табл. 2. Плотность некоторых твердых тел

Так как проводник цилиндрический, можем расписать объем:

$$V = S \cdot L \quad \text{Здесь: } S \text{ – площадь сечения проводника; } L \text{ – его длина.}$$

Также следует расписать сопротивление цилиндрического проводника по соответствующей формуле:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad \text{Здесь: } \rho \text{ – удельное сопротивление меди (табл. 3).}$$

Удельное сопротивление ρ (при 20 °С)

Вещество	$\rho, \times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$	Вещество	$\rho, \times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$
Алюминий	2,8	Нихром	110
Вольфрам	5,5	Свинец	21
Латунь	7,1	Серебро	1,6
Медь	1,7	Сталь	12
Никелин	42	Константан	50

Табл. 3. Удельное сопротивление некоторых веществ

Подставим теперь все формулы в главное уравнение:

$$c \cdot d \cdot S \cdot L \cdot \Delta T = \frac{U^2 \cdot S}{\rho \cdot L} \cdot t$$

Сократив площадь сечения и выразив длину из этого выражения, мы получим формулу для финального подсчета:

$$L = \sqrt{\frac{U^2 \cdot t}{d \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta T}}$$

Подставив данные из условия и табличные данные, получаем:

$$L = \sqrt{\frac{15}{8900 \cdot 380 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10}} \approx 5,1 \text{ (м)}$$

Ответ: $L = 5,1 \text{ м}$.

Задача № 2

Условие

В схеме, указанной на рисунке, ключ переключается между двумя резисторами, сопротивления которых равны $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$. Причем известно, что выделяемая мощность в одном и другом случае одинакова. Найти внутреннее сопротивление источника.

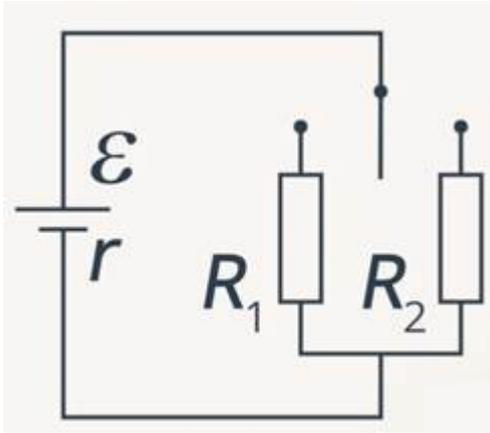


Рис. 4. Схема к задаче № 2

Решение

Для составления базового уравнения воспользуемся тем фактом, что мощность на каждом резисторе одна и та же:

$$P_1 = P_2$$

И воспользуемся формулой для мощности в удобном для нас виде:

$$I_1^2 \cdot R_1 = I_2^2 \cdot R_2$$

Теперь воспользуемся законом Ома для полной цепи, чтобы расписать силу тока:

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

$$\frac{\varepsilon^2 \cdot R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{\varepsilon^2 \cdot R_2}{(R_2 + r)^2}$$

После сокращения одинаковой ЭДС получим уравнение с одним неизвестным:

$$\frac{R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{R_2}{(R_2 + r)^2}$$

Далее решаем математическое уравнение любым удобным способом:

$$\frac{(R_2 + r)^2}{(R_1 + r)^2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{20}{5} = 4$$

$$\frac{(R_2 + r)}{(R_1 + r)} = 2$$

$$r = R_2 - 2 \cdot R_1 = 20 - 10 = 10 \text{ (Ом)}$$

Ответ: $r = 10 \text{ Ом}$.

Задача № 3

Электрическая цепь, содержащая емкость

Условие

В цепи, указанной на рисунке, между обкладками конденсатора наблюдается электрическое поле напряженностью $4 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$. Определить ЭДС источника, если расстояние между пластинами конденсатора 2 мм, сопротивление резистора 8 Ом, а внутреннее сопротивление источника 1 Ом.

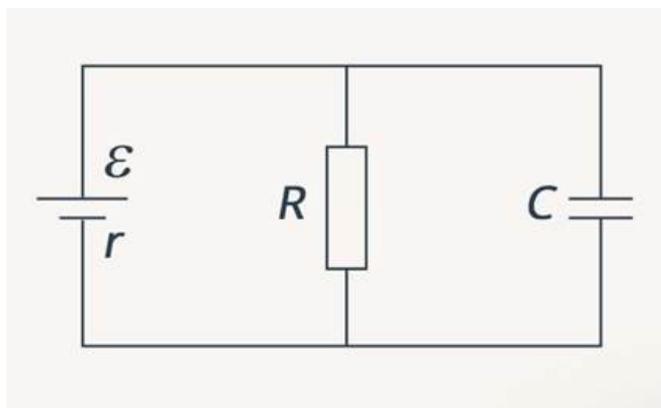


Рис. 5. Схема к задаче

Самое главное – помнить, что, так как на схеме показан источник постоянного тока, конденсатор на схеме эквивалентен обрыву и через него ток не идет.

Для нахождения ЭДС запишем закон Ома для полной цепи:

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

Из имеющихся данных становится понятно, что для нахождения ЭДС обязательно нужно знать значение силы тока в цепи. Для его нахождения мы теперь уже рассмотрим только внешнюю цепь и запишем закон Ома для участка цепи:

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

Так как конденсатор и резистор соединены параллельно, то на резисторе такое же напряжение, как и на конденсаторе. Последнее мы можем найти, воспользовавшись формулой из электростатики для однородного поля (которое и создается между обкладками конденсатора):

$$U = E \cdot d$$

Подставим теперь все выражение в закон Ома для полной цепи:

$$\frac{E \cdot d}{R} = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Выразим теперь ЭДС из этого уравнения:

$$\varepsilon = \frac{E \cdot d \cdot (R + r)}{R} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot (8 + 1)}{8} = 9 \text{ (В)}$$

Ответ: $\varepsilon = 9 \text{ В}$.

Задача № 4

Задача на правила Кирхгофа

Условие

В схеме, изображенной на рисунке, источники обладают следующими характеристиками: $\varepsilon_1 = 8 \text{ Ом}$, $r_1 = 1 \text{ Ом}$, $\varepsilon_2 = 4 \text{ Ом}$, $r_2 = 0,5 \text{ Ом}$. Сопротивление резистора равно 5 Ом. Найти силу тока, протекающего через резистор.

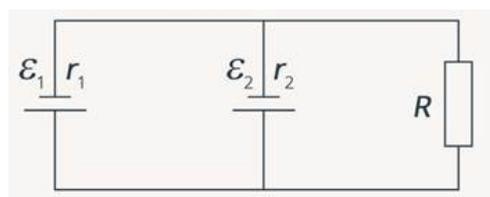


Рис. 6. Схема к задаче

Решение

Для того чтобы решить задачу методом Кирхгофа, необходимо для удобства отметить направление течения токов (рис. 7).

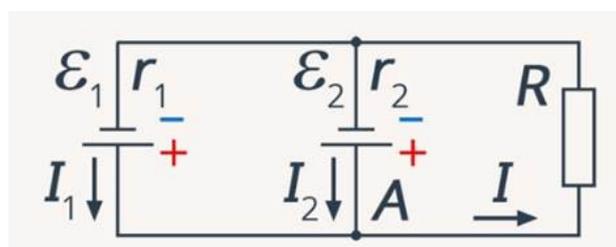


Рис. 7. Направление течения токов

Вспользуемся первым правилом Кирхгофа для узла А:

$$I_1 + I_2 - I = 0$$

Так как токи I_1 и I_2 в узел входят, а ток I выходит из него.

Для нахождения токов I_1 и I_2 воспользуемся теперь дважды вторым правилом Кирхгофа.

Рассмотрим контур, включающий в себя сопротивление R и источник 1. Согласно правилу сумма падений напряжения в контуре равна сумме ЭДС:

$$I \cdot R + I_1 \cdot r_1 = \varepsilon_1$$

Для левой части уравнения $+$ ставится, если направление обхода совпадает с направлением тока, $-$ если нет. Для правой $+$ если обход совершается от отрицательного полюса источника к положительному.

Второе правило запишем и для контура с сопротивлением R и источником 2:

$$I \cdot R + I_2 \cdot r_2 = \varepsilon_2$$

Теперь из уравнений, полученных путем записывания второго правила, выразим силы тока на каждом источнике:

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1 - I \cdot R}{r_1}$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2 - I \cdot R}{r_2}$$

Теперь подставим полученные результаты в уравнение первого правила Кирхгофа:

$$I = \frac{\varepsilon_1 - I \cdot R}{r_1} + \frac{\varepsilon_2 - I \cdot R}{r_2}$$

Полученное уравнение – линейное уравнение с одной неизвестной:

$$I = \frac{\frac{\varepsilon_2}{r_2} + \frac{\varepsilon_1}{r_1}}{1 + R \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)} = \frac{\frac{4}{0,5} + \frac{8}{1}}{1 + 5 \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{0,5}\right)} = 1 \text{ (A)}$$

Ответ: $I = 1 \text{ A}$.

Задача № 5

Условие: Батарейка карманного фонаря, замкнутая на проводник сопротивлением 17,5 Ом создает ток 0,2А. Если ее замкнуть проводником сопротивлением 0,3 Ом то будет ток 1А. Чему равны ЭДС и внутреннее сопротивление этой батарейки.

Дано:	Решение:
$J_1 = 0,2 \text{ A}$	$J_1 = E / (R_1 + r); E = J_1(R_1 + r) = J_1 R_1 + J_1 r$
$R_1 = 17,5 \text{ Ом}$	$J_2 = E / (R_2 + r); E = J_2(R_2 + r) = J_2 R_2 + J_2 r$
$J_2 = 1 \text{ A}$	$J_1 R_1 + J_1 r = J_2 R_2 + J_2 r$
$R_2 = 0,3 \text{ Ом}$	$J_1 R_1 - J_2 R_2 = J_2 r - J_1 r$
$r = ? \quad E = ?$	$J_1 R_1 - J_2 R_2 = r(J_2 - J_1)$

$$r = \frac{J_1 R_1 - J_2 R_2}{J_2 - J_1};$$

$$r = \frac{(0,2 \text{ A} \cdot 17,5 \text{ Ом} - 1 \text{ A} \cdot 0,3 \text{ Ом})}{1 \text{ A} - 0,2 \text{ A}} = 4 \text{ Ом}$$

$$E = 0,2 \text{ A} \cdot 17,5 \text{ Ом} + 0,2 \text{ A} \cdot 4 \text{ Ом} = 4,3 \text{ В}$$

Ответ: $r=4$ Ом, $E=4,3$ В.

Задача № 6

Условие: При подключении лампочки к батарейки элементов с ЭДС 4,5В вольтметр показал напряжение на лампочке 4В, а амперметр силу тока 0,25А. Какого внутреннее сопротивление батарейки?

Дано:

$$\begin{array}{l} E=4,5\text{В} \\ U=4\text{В} \\ J=0,25\text{А} \\ r=? \end{array} \left\{ \begin{array}{l} J = \frac{E}{R+r} ; R = \frac{U}{J} ; R = \frac{4\text{В}}{0,25\text{А}} = 16\text{ Ом} \\ R+r = \frac{E}{J} \\ r = \frac{E}{J} - R ; r = \frac{4,5\text{В}}{0,25\text{А}} - 16\text{ Ом} = 2\text{ Ом} \end{array} \right.$$

Ответ: $r=2$ Ом.

Задача № 7

Условие. Электрическую лампу сопротивлением 240 Ом рассчитанную на напряжение 120 В, надо питать от сети с напряжением 220 В. Какой длины нихромовый проводник надо включить последовательно?

$$\begin{array}{l} R_1=240\text{ Ом} \\ U_1=120\text{ В} \\ U=220\text{ В} \\ \rho=110 \cdot 10^{-2}\text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} \\ S=0,55\text{ мм}^2 \\ \ell=? \end{array} \left\{ \begin{array}{l} U=U_1+U_2; U_2=U-U_1; U_2=220\text{В}-120\text{В}=100\text{В} \\ J_1=U_1/R_1; J_1 = \frac{120\text{В}}{240\text{ Ом}} = 0,5\text{ А} \\ J_1=J_2=J, R_2=U^2/J = \frac{100\text{В}}{0,5\text{ А}} = 200\text{ Ом} \\ R_2=\rho \frac{L}{S}; \ell=R_2 S/\rho; \ell = \frac{200\text{ Ом} \cdot 0,55}{1,1} = 100\text{ м} \end{array} \right.$$

Ответ: $\ell=100\text{ м}$

III. Контроль и коррекция знаний

Домашнее задание на 26.05: Сделать опорный конспект по теме. Решить Задачи

1. Сопротивление одного резистора в 4 раза больше другого. Сравните мощности тока в резисторах, соединенных а) параллельно; б) последовательно.
2. Три одинаковые лампы рассчитаны на напряжение 36 В и силу тока 1,5 А, нужно соединить их параллельно и включить в сеть с напряжением 45 В. Какой дополнительный резистор необходимо включить последовательно лампам, чтобы они работали в нормальном режиме?
3. * Из одинаковых резисторов по 10 Ом необходимо составить схему на 6 Ом. Какое наименьшее количество резисторов необходимо для этого?
4. Батарейка карманного фонаря, замкнутая на проводник сопротивлением 17,5 Ом создает ток 0,2А. Если ее замкнуть проводником сопротивлением 0,3 Ом то будет ток 1А. Чему равны ЭДС и внутреннее сопротивление этой батарейки.
5. При подключении лампочки к батарейки элементов с ЭДС 4,5В вольтметр показал напряжение на лампочке 4В, а амперметр силу тока 0,25А. Какого внутреннее сопротивление батарейки?

6. Электрическую лампу сопротивлением $240\ \Omega$ рассчитанную на напряжение $120\ \text{В}$, надо питать от сети с напряжением $220\ \text{В}$. Какой длины нихромовый проводник надо включить последовательно?
7. В электрической плитке рассчитанной на напряжение $202\ \text{В}$, имеются две спирали на $120\ \Omega$ каждая. С помощью переключателя можно включить в сеть одну спираль, две спирали последовательно или параллельно. Найдите мощность в каждом случае.
8. При прохождении $20\ \text{Кл}$ электричества по проводнику сопротивлением $0,5\ \Omega$ совершается работа $100\ \text{Дж}$. Найдите время существования тока в проводнике.

Фото/или скриншот классной работы и домашнего задания высылайте на почту:
guseva_klass2020@mail.ru