

Н. Е. Демидова, Г. А. Демидов

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Постоянный ток

Учебное пособие

Нижний Новгород
2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Н. Е. Демидова, Г. А. Демидов

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Постоянный ток

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия для слушателей,
обучающихся по программам подготовки к поступлению в вуз

Нижний Новгород
ННГАСУ
2018

ББК 22.33
Д 30
УДК 537.2

Печатается в авторской редакции

Рецензенты:

- Г. А. Малиновская* – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры математики и системного анализа ФГБОУ ВО «Нижегородский институт управления. Филиал РАНХ и ГС»
- И. Ю. Демин* – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры акустики радиофизического факультета ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»

Демидова Н. Е. Электродинамика. Постоянный ток [Текст]: учеб. пособие / Н. Е. Демидова, Г. А. Демидов; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун - т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 34 с. ISBN 978-5-528-00306-1

В пособии кратко изложен теоретический материал, дан список задач с ответами для самостоятельного решения по разделу Постоянный ток.

Предназначено для слушателей, обучающихся по программам подготовки к поступлению в вуз. Рекомендуется использовать на занятиях по подготовке к сдаче единого государственного экзамена по физике, а также вступительного экзамена по физике. Пособие будет полезно также преподавателям, работающим со слушателями подготовительных курсов.

ISBN 978-5-528-00306-1

© Демидова Н. Е.,
Демидов Г. А., 2018
© ННГАСУ, 2018

1. Основные понятия и определения

По свойству проводить электрический ток – по *электропроводности* – все вещества делятся на три группы:

Проводники (металлы, электролиты, ионизированные газы);

Полупроводники;

Диэлектрики или изоляторы.

Электрический ток – упорядоченное движение электрических зарядов.

Ток проводимости – упорядоченное движение свободных электрических зарядов в проводнике.

Конвекционный ток – упорядоченное перемещение зарядов при движении в пространстве заряженного тела.

Направление электрического тока – направление упорядоченного движения положительных зарядов.

Сила тока – скалярная физическая величина I , равная количеству электричества Δq , которое за единицу времени t переносится сквозь некоторую площадь поперечного сечения проводника:

$$I = \Delta q / \Delta t. \quad (1)$$

Постоянный электрический ток – электрический ток, сила и направление которого сохраняются с течением времени. Для постоянного тока

$$I = q / t, \quad (2)$$

где q – заряд, который переносится за время t через поперечное сечение проводника.

Сила тока в металлическом проводнике:

$$I = en\bar{v} S, \quad (3)$$

где e – модуль заряда электрона; n – концентрация носителей заряда; \bar{V} – их средняя скорость; S – площадь поперечного сечения проводника.

Вектор средней плотности тока: \vec{j} – физическая величина, направленная вдоль тока, модуль которой равен:

$$j=I/S. \quad (4)$$

Плотность тока проводимости в металлах:

$$j = en\bar{V} \quad (5)$$

Для данного металла $n \approx const$.

Время установления тока в цепи:

$$t=L/c, \quad (6)$$

где L – длина цепи; c – скорость света в вакууме.

Существование электрического тока обнаруживается по его тепловым, химическим и магнитным свойствам.

2. Возникновение и поддержание электрического тока

Условия, необходимые для возникновения и поддержания электрического тока:

1. Напряжённость электрического поля в проводнике постоянна и не равна нулю ($\vec{E} = \overline{const} \neq 0$);
2. Цепь постоянного тока должна быть замкнута;
3. На свободные электрические заряды, кроме кулоновских, должны действовать *сторонние* силы (не электростатические).

Сторонние силы могут быть созданы источником тока. За счёт сторонних сил электрические заряды движутся внутри источника тока в направлении, противоположном действию электростатического поля, и на концах внешней цепи поддерживается разность потенциалов. В цепи идёт постоянный электрический ток.

Напряжённость стороннего электрического поля $\vec{E}^{\text{ст}}$ – физическая, векторная величина, численно равная сторонней силе $\vec{F}^{\text{ст}}$, действующей в стороннем поле на единичный, положительный заряд q , находящийся в данной точке внутри проводника:

$$\vec{E}^{\text{ст}} = \vec{F}^{\text{ст}}/q. \quad (7)$$

Работа тока A – работа, совершаемая электрическим полем при упорядоченном движении заряженных частиц:

$$A = qU, \quad (8)$$

где q – заряд, проходящий за время t через поперечное сечение проводника; U – разность потенциалов точек, в которых побывал заряд. С учётом выражения (2) $q = It$:

$$A = IUt, \quad (9)$$

где I – ток; t – время, в течение которого совершалась работа. Единица измерения работы тока в системе единиц СИ 1 джоуль: $[A]=1$ Дж.

Мощность электрического тока P – работа в единицу времени:

$$P = A/t. \quad (10)$$

Единица измерения мощности тока в системе единиц СИ 1 ватт: $[P]=1$ Вт.

Закон Джоуля–Ленца: количество теплоты Q , выделяющееся в проводнике в процессе прохождения по нему электрического тока I за время t равно:

$$Q = IUt, \quad (11)$$

где U – разность потенциалов на концах проводника.

3. Электродвижущая сила (ЭДС). Напряжение

Согласно принципу суперпозиции электрических полей:

$$\vec{E} = \vec{E}^{\text{кул}} + \vec{E}^{\text{ст}}, \quad (12)$$

где \vec{E} – напряженность электрического поля внутри проводника с постоянным электрическим током, $\vec{E}^{\text{кул}}$ и $\vec{E}^{\text{ст}}$ – соответственно напряженности кулоновского поля и поля сторонних сил.

Работа по перемещению заряда по проводнику в процессе протекания по нему электрического тока совершается кулоновскими и сторонними силами:

$$A = A^{\text{кул}} + A^{\text{ст}}. \quad (13)$$

Полная работа при перемещении единичного, положительного заряда на участке 1-2 электрической цепи с постоянным током:

$$\frac{A_{1-2}}{q} = \frac{A_{1-2}^{\text{кул}}}{q} + \frac{A_{1-2}^{\text{ст}}}{q}, \quad (14)$$

где q –единичный, положительный заряд, который переносится на участке 1-2.

Первое слагаемое правой части в выражении (14) – разность потенциалов точек 1 и 2:

$$\frac{A_{1-2}^{\text{кул}}}{q} = (\varphi_1 - \varphi_2). \quad (15)$$

Второе слагаемое правой части в выражении (14) – электродвижущая сила (ЭДС) \mathcal{E} на участке 1-2:

$$\frac{A_{1-2}^{\text{ст}}}{q} = \mathcal{E}. \quad (15)$$

ЭДС на участке 1-2 – физическая величина, численно равная работе сторонних сил по перемещению единичного, положительного заряда на участке 1-2. Единица измерения ЭДС в системе единиц СИ 1 вольт: $[\mathcal{E}] = 1 \text{ В}$.

Левая часть (14) – напряжение на участке 1-2:

$$\frac{A_{1-2}}{q} = U. \quad (16)$$

Напряжение или падение напряжения на участке 1-2 – физическая величина, численно равная полной работе кулоновских и сторонних сил по перемещению единичного, положительного заряда из точки 1 в точку 2:

$$U = (\varphi_1 - \varphi_2) + \mathcal{E}. \quad (17)$$

Единица измерения напряжения в системе единиц СИ 1 вольт: $[U] = 1 \text{ В}$.

4. Закон Ома

Электрическое сопротивление R однородного проводника постоянного сечения – основная электрическая характеристика проводника:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (18)$$

где ρ – удельное сопротивление однородного проводника; l – длина проводника; S – площадь его поперечного сечения. Сопротивление проводника зависит от его геометрии и материала. Единица измерения сопротивления в системе единиц СИ 1 ом: $[\rho]=1$ Ом.

Закон Ома для произвольного участка цепи: напряжение на участке цепи равно произведению сопротивления R этого участка и силы тока I , текущего сквозь это сопротивление:

$$U = RI. \quad (19)$$

Так как, с учётом (17),

$$U = RI = (\varphi_1 - \varphi_2) + \mathcal{E}, \quad (20)$$

и если на участке $\mathcal{E}=0$, то

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}. \quad (21)$$

Закон Ома для полной цепи (состоящей из источника тока с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r , и внешнего сопротивления R_n , сопротивления нагрузки). Для полной цепи $\varphi_1 = \varphi_2$ и $R=R_n+r$ – полное сопротивление цепи. Согласно (20)

$$U = RI = \mathcal{E}. \quad (22)$$

Или

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R_H + r}. \quad (23)$$

Или

$$\mathcal{E} = R_H I + rI, \quad (24)$$

где $(R_H I)$ – падение напряжения на внешнем участке цепи; (rI) – падение напряжения на внутреннем участке цепи (внутри источника).

Если существует несколько последовательно включенных источников тока, то полная ЭДС равна алгебраической (с учётом знака) сумме всех ЭДС:

$$\mathcal{E}_{\text{полн.}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n, \quad (25)$$

где n – число источников. Значение \mathcal{E}_i считается положительным, если направление обхода контура, например, против часовой стрелки, совпадает с переходом внутри источника от отрицательного полюса к положительному.

ЭДС источника измеряется разностью потенциалов на клеммах при разомкнутой внешней цепи. При этом $I=0$ и согласно (20):

$$\mathcal{E} = \varphi_2 - \varphi_1. \quad (26)$$

5. Зависимость сопротивления проводников от температуры

Удельное сопротивление проводников ρ зависит от температуры t :

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t), \quad (27)$$

где ρ_0 – удельное сопротивление при $0\text{ }^\circ\text{C}$; t – температура по шкале Цельсия; α – температурный коэффициент сопротивления или относительное изменение сопротивления проводника при нагревании его на $1\text{ }^\circ\text{C}$. Обычно для чистых металлов $\alpha=(1/273)$ град⁻¹. Для электролитов $\alpha<0$. Единица измерения удельного сопротивления в системе единиц СИ 1 ом, умноженный на метр: $[\rho]=1\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

6. Разветвления токов. Соединения проводников

Электрическая цепь – совокупность проводников и источников тока. В общем случае электрическая цепь – сложная или разветвлённая и содержит узлы.

Узел разветвлённой электрической цепи – точка, в которой сходится не менее трёх проводников.

Правило узлов (1-е правило Кирхгофа): алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю:

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0, \quad (28)$$

где n – число проводников, сходящихся в узле. Токи, втекающие в узел, принимают за положительные, вытекающие – за отрицательные.

Правило контуров (2-е правило Кирхгофа): в любом замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма произведений сил токов I_i и сопротивлений R_i соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме имеющихся в контуре ЭДС \mathcal{E}_k :

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 + \dots + R_n I_n = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_m, \quad (28)$$

где n – число сопротивлений; m – число ЭДС в контуре.

Если направление тока I_i совпадет с выбранным направлением обхода контура, то ему приписывается знак плюс. ЭДС \mathcal{E}_k считается положительной, если создаёт ток, направленный в сторону обхода контура.

7. Соединения проводников

Последовательное соединение проводников:

$$I_{\text{общ.}} = \text{const}; U_{\text{общ.}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n; R_{\text{общ.}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (29)$$

где n – число последовательно соединённых проводников.

Параллельное соединение проводников:

$$I_{\text{общ.}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n; U_{\text{общ.}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n; 1/R_{\text{общ.}} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n, \quad (30)$$

где n – число параллельно соединённых проводников.

Электропроводность или *проводимость* – величина, обратная сопротивлению:

$$\sigma = 1/R. \quad (31)$$

Единица измерения электропроводности в системе единиц СИ 1 сименс:
 $[\sigma] = 1 \text{ См.}$

8. Задачи для самостоятельного решения

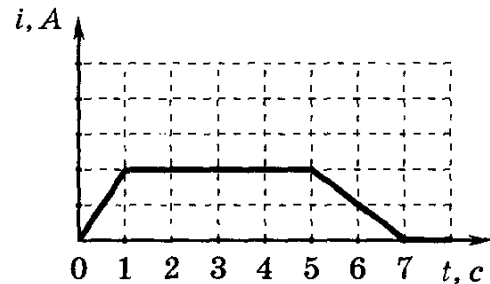
1. Сила тока, идущего по проводнику, равна 2 А. Какой заряд пройдет по проводнику за 10 с?

- 1) 0,2 Кл 2) 5 Кл 3) 20 Кл 4) 2 Кл

2. Сколько времени длится молния, если через поперечное сечение ее канала протекает заряд 30 Кл, а сила тока в среднем равна 24 кА?

- 1) 0,00125 с 3) 0,05 с
2) 0,025 с 4) 1,25 с

3. Сила тока в лампочке менялась с течением времени так, как показано на графике. В каких промежутках времени напряжение на контактах лампы не менялось? Считать сопротивление лампочки неизменным.



- 1) 0-1 с и 5-7 с 3) 7-8 с
2) 1-5 с 4) 1-5 с и 7-8 с

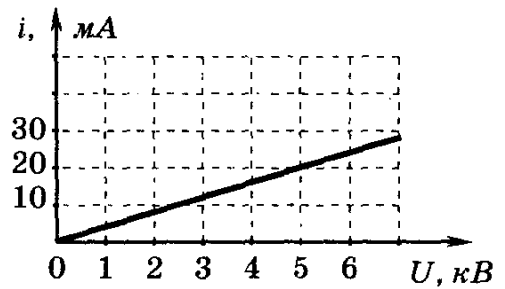
4. Как изменится сила тока, проходящего через проводник, если увеличить в 2 раза напряжение между его концами, а площадь сечения проводника уменьшить в 2 раза?

- 1) не изменится 3) увеличится в 2 раза
2) уменьшится в 2 раза 4) увеличится в 4 раза

5. Как изменится сила тока, проходящего через проводник, если уменьшить в 2 раза напряжение между его концами, а длину проводника увеличить в 2 раза?

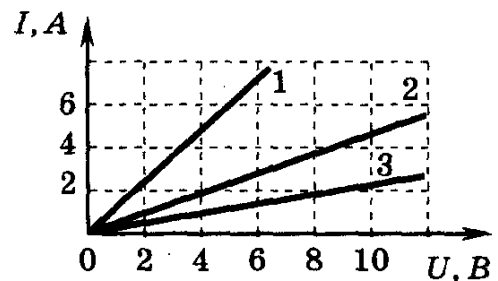
- 1) не изменится 3) увеличится в 2 раза
2) уменьшится в 2 раза 4) уменьшится в 4 раза

6. На рисунке изображен график зависимости силы тока от напряжения на одной из секций телевизора. Чему равно сопротивление этой секции?



- 1) 250 кОм
- 2) 0,25 Ом
- 3) 10 кОм
- 4) 100 Ом

7. На рисунке изображены графики зависимости силы тока в трех проводниках от напряжения на их концах. Сопротивление какого проводника равно 4 Ом?



- 1) проводника 1
- 2) проводника 2
- 3) проводника 3
- 4) для такого проводника нет графика

8. Медная проволока имеет электрическое сопротивление 6 Ом. Какое электрическое сопротивление имеет медная проволока, у которой в 2 раза больше длина и в 3 раза больше площадь поперечного сечения?

- 1) 36 Ом
- 2) 9 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 1 Ом

9. Как изменится сила тока, протекающего через медный провод, если увеличить в 2 раза напряжение на его концах, а длину этого провода уменьшить в 2 раза?

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза

4) увеличится в 4 раза

10. Если длину медного провода и напряжение между его концами увеличить в 2 раза, то сила тока, протекающего через провод

1) не изменится

2) уменьшится в 2 раза

3) увеличится в 2 раза

4) увеличится в 4 раза

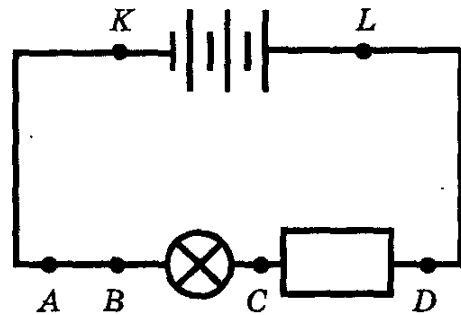
11. Для измерения напряжения на лампе (см. рисунок) вольтметр следует подключить к точкам

1) А и В

2) В и С

3) С и D

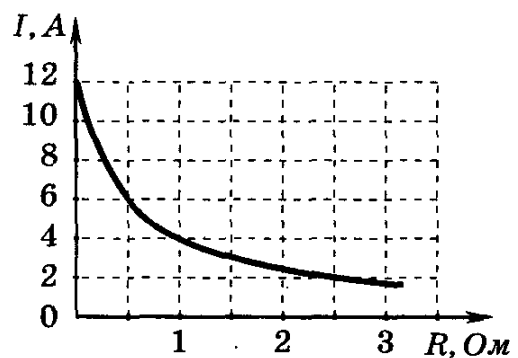
4) К и L



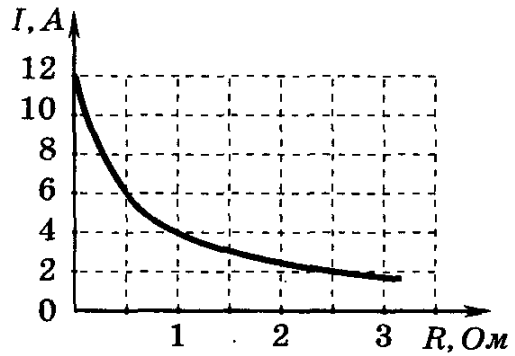
12. К источнику тока с внутренним сопротивлением 0,5 Ом подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Чему равна ЭДС источника тока?

1) 12 В 3) 4 В

2) 6 В 4) 2 В



13. К источнику тока с ЭДС 6 В подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?



- 1) 0 Ом 3) 0,5 Ом
2) 1 Ом 4) 2 Ом

14. Электрическая цепь состоит из источника тока с внутренним сопротивлением 1 Ом и ЭДС, равной 10 В, резистора с сопротивлением 4 Ом. Сила тока в цепи равна

- 1) 2 А 2) 2,5 А 3) 10 А 4) 50 А

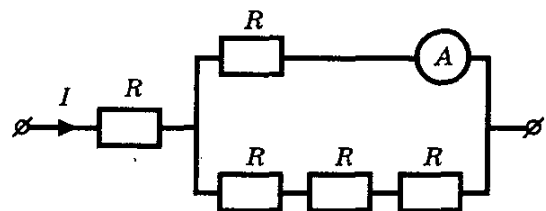
15. Резистор подключен к источнику тока с ЭДС 10 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Сила тока в электрической цепи равна 2 А. Чему равно сопротивление резистора?

- 1) 10 Ом 2) 6 Ом 3) 4 Ом 4) 1 Ом

16. Каково внутреннее сопротивление источника тока с ЭДС, равной 10 В, если при подключении к нему резистора с сопротивлением 4 Ом в электрической цепи идет ток 2 А?

- 1) 9 Ом 2) 5 Ом 3) 4 Ом 4) 1 Ом

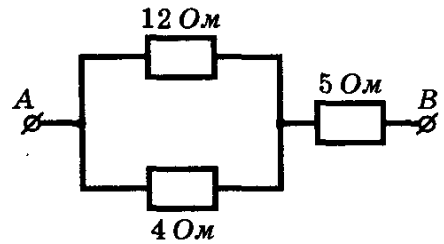
17. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток 4 А. Что показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



- 1) 1 А 2) 2 А 3) 3 А

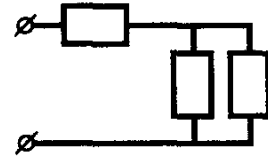
18. Сопротивление между точками А и В электрической цепи, представленной на рисунке, равно

- 1) 3 Ом
- 2) 5 Ом
- 3) 8 Ом
- 4) 21 Ом



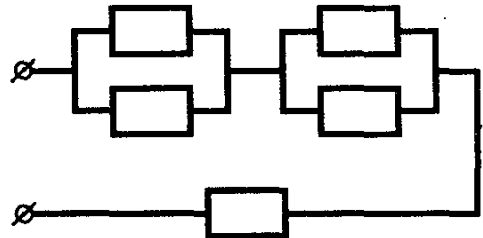
19. В участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого резистора 3 Ом. Чему равно общее сопротивление участка?

- 1) 6 Ом
- 2) 3 Ом
- 3) 4,5 Ом
- 4) 0 Ом



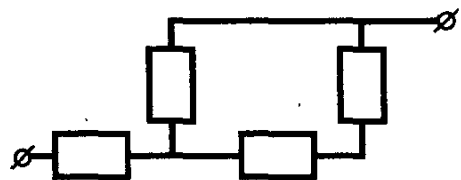
20. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого резистора равно 8 Ом. Найдите общее сопротивление участка.

- 1) 32 Ом
- 2) 16 Ом
- 3) 8 Ом
- 4) 4 Ом



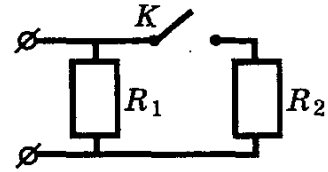
21. В цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивление каждого резистора равно 3 Ом. Полное сопротивление цепи равно

- 1) 12 Ом
- 2) 7,5 Ом
- 3) 5 Ом



4) 4 Ом

22. Как изменится сопротивление цепи, изображенной на рисунке, при замыкании ключа K ?



1) уменьшится

2) увеличится

3) не изменится

4) уменьшится или увеличится в зависимости от соотношения между сопротивлениями R_1 и R_2

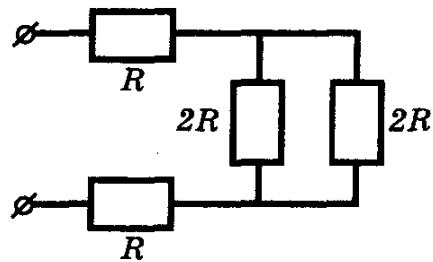
23. Общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, равно

1) $2,5R$

2) $3R$

3) $3,5R$

4) $4R$



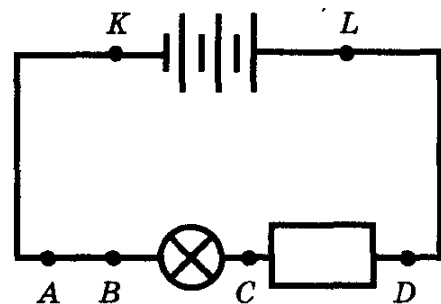
24. Для увеличения накала лампы (см. рисунок) следует подключить дополнительное сопротивление к точкам

1) А и В

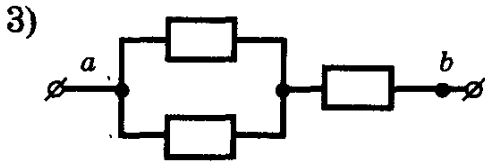
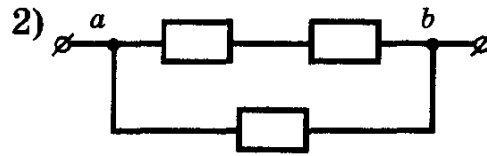
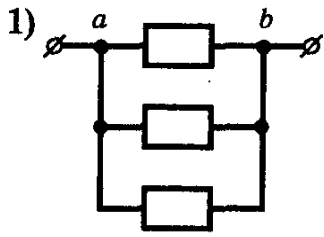
2) В и С

3) С и D

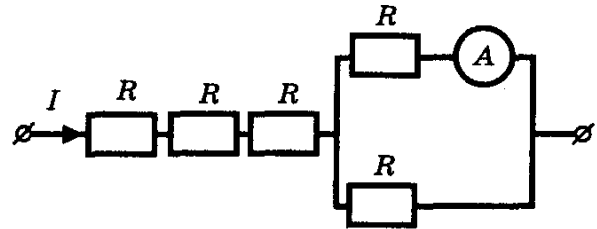
4) К и L



25. Три одинаковых резистора с сопротивлением R соединены четырьмя способами. В каком случае сопротивление 2 участка $a-b$ равно $\frac{2}{3}R$?



26. Через участок цепи (см. рисунок) идет постоянный ток 10 А. Какое значение силы тока показывает амперметр? Сопротивление амперметра мало.



- 1) 1 А
- 2) 2 А
- 3) 3 А
- 4) 5 А

27. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$ и $3r$. Каким должно быть сопротивление четвертого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым трем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 2 раза?

- 1) $12r$
- 2) $2r$
- 3) $3r$
- 4) $6r$

28. Участок цепи состоит из четырех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$, $3r$ и $4r$. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

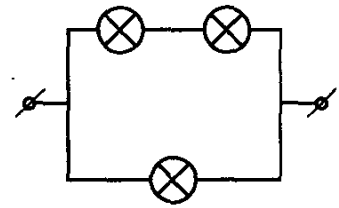
- 1) $10r$
- 2) $20r$
- 3) $30r$
- 4) $40r$

29. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$ и $3r$. Сопротивление участка уменьшится в 1,5 раза, если убрать из него

- 1) первый резистор 3) третий резистор
2) второй резистор 4) первый и второй резисторы

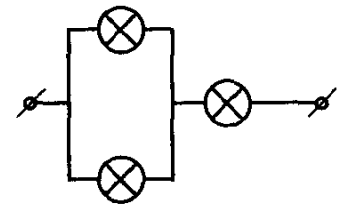
30. На рисунке показан участок цепи постоянного тока, содержащий 3 лампочки накаливания. Если сопротивление каждой лампочки 21 Ом, то сопротивление всего участка цепи

- 1) 63 Ом 2) 42 Ом 3) 14 Ом 4) 7 Ом



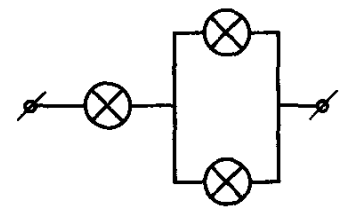
31. На рисунке показан участок цепи постоянного тока, содержащий 3 лампочки накаливания. Если сопротивление каждой лампочки 24 Ом, то сопротивление всего участка цепи

- 1) 72 Ом 2) 48 Ом 3) 36 Ом 4) 8 Ом



32. На рисунке показан участок цепи постоянного тока, содержащий 3 лампочки накаливания. Если сопротивление каждой лампочки 12 Ом, то сопротивление всего участка цепи

- 1) 4 Ом 2) 18 Ом 3) 24 Ом 4) 36 Ом



33. Перемещая заряд в первом проводнике, электрическое поле совершает работу 20 Дж. Во втором проводнике при перемещении такого же заряда электрическое поле совершает работу 40 Дж. Отношение $\frac{U_1}{U_2}$ напряжений на концах первого и второго проводников равно

- 1) 1 : 4 3) 4 : 1

2) 1 : 2

4) 2 : 1

34. При прохождении по проводнику электрического тока силой 5 A в течение 2 мин. совершается работа 150 кДж . Чему равно сопротивление проводника?

1) $0,02\text{ Ом}$ 3) 3 кОм 2) 50 Ом 4) 15 кОм

35. Чему равно время прохождения тока по проводнику, если при напряжении на его концах 120 В совершается работа 540 кДж ? Сопротивление проводника 24 Ом .

1) $0,64\text{ с}$ 3) 188 с 2) $1,56\text{ с}$ 4) 900 с

36. В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если силу тока и время t увеличить вдвое, то количество теплоты, выделившейся в нагревателе, будет равно

1) Q 3) $8Q$ 2) $4Q$ 4) Q

37. В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если силу тока увеличить вдвое, а время t в 2 раза уменьшить, то количество теплоты, выделившейся в нагревателе, будет равно

1) $\frac{Q}{2}$ 2) $2Q$ 3) $4Q$ 4) Q

38. В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если сопротивление нагревателя и время t

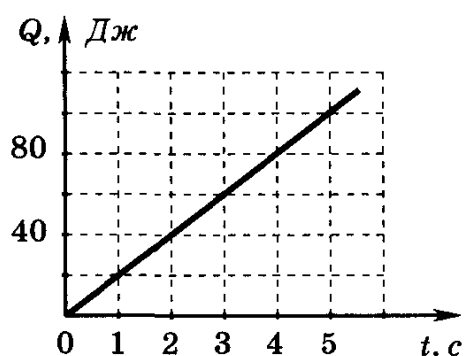
увеличить вдвое, не изменяя силу тока, то количество выделившейся теплоты будет равно

- 1) $8Q$ 2) $4Q$ 3) $2Q$ 4) Q

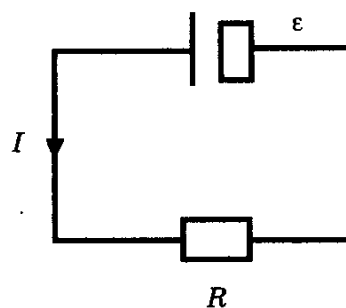
39. Две проволоки одинаковой длины из одного и того же материала включены последовательно в электрическую цепь. Сечение первой проволоки в 3 раза больше сечения второй. Количество теплоты, выделяемое в единицу времени в первой проволоке

- 1) в 3 раза больше, чем во второй
 2) в 3 раза меньше, чем во второй
 3) в 9 раз больше, чем во второй
 4) в $\sqrt{3}$ раз меньше, чем во второй

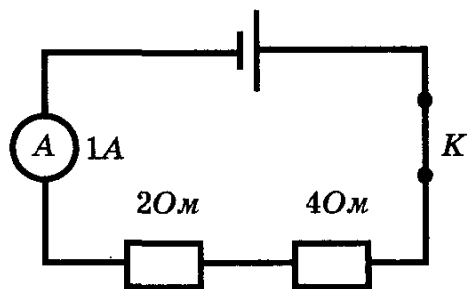
40. Через резистор идет постоянный ток. На рисунке приведен график зависимости количества теплоты, выделяемого в резисторе, от времени. Сопротивление резистора 5 Ом. Чему равна сила тока в резисторе?



41. В схеме известны ЭДС источника $\mathcal{E} = 1$ В, ток в цепи $I = 0,8$ А, сопротивление внешнего участка цепи $R = 1$ Ом. Определите работу сторонних сил за 20 секунд.



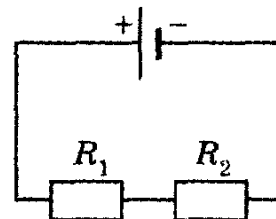
42. Изучая закономерности соединения резисторов, ученик собрал электрическую цепь, изображенную на рисунке. Какая энергия выделится во внешней части цепи при протекании тока в течение 10 минут? Необходимые данные указаны на схеме. Амперметр считать идеальным.



43. Два резистора, имеющие сопротивления $R_1=3$ Ом и $R_2=6$ Ом, включены параллельно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение мощностей $\frac{P_1}{P_2}$ электрического тока, выделяющихся на этих резисторах?

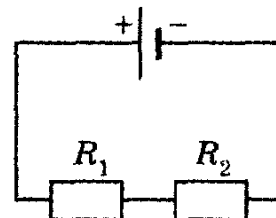
- 1) 1 : 1 2) 1 : 2 3) 2 : 1 4) 4 : 1

44. В электрической цепи, представленной на рисунке, тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе $R_1=20$ Ом, равна 2 кВт. Мощность, выделяющаяся на резисторе $R_2=30$ Ом, равна



- 1) 1 кВт
2) 2 кВт
3) 3 кВт
4) 4 кВт

45. В электрической цепи, представленной на рисунке, сопротивления резисторов равны $R_1=20$ Ом и $R_2=30$ Ом. Отношение выделяющихся на резисторах мощностей

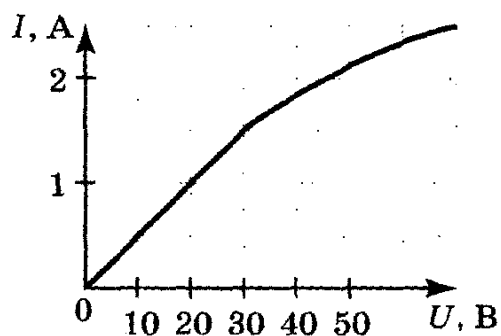


$\frac{P_2}{P_1}$ равно

- 1) 1 2) 2 3) 1,75 4) 1,5

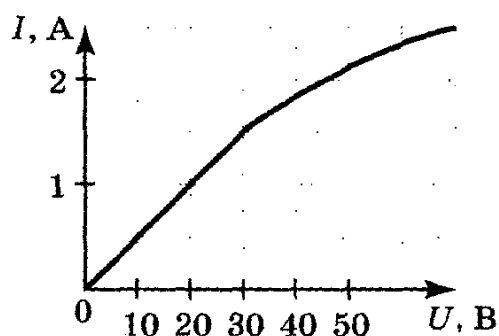
46. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При напряжении 30 В мощность тока в лампе равна

- 1) 135 Вт
- 2) 67,5 Вт
- 3) 45 Вт
- 4) 20 Вт



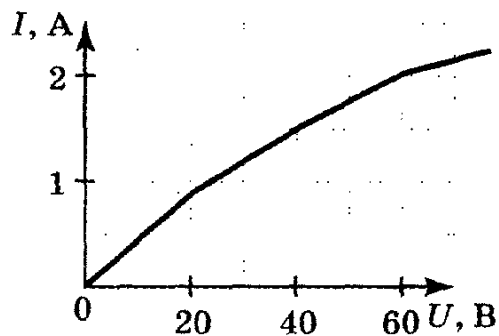
47. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 1,5 А мощность тока в лампе равна

- 1) 135 Вт
- 2) 67,5 Вт
- 3) 45 Вт
- 4) 20 Вт



48. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 2 А ток в лампе за 3 с совершает работу

- 1) 90 Дж
- 2) 10,8 кДж
- 3) 270 Дж
- 4) 360 Дж



Ответы

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	3	14	1	26	4	38	2	50	4
2	1	15	3	27	4	39	2	51	1
3	4	16	4	28	2	40	2	52	4
4	1	17	3	29	2	41	16	53	4
5	4	18	3	30	3	42	3600	54	3
6	1	19	3	31	3	43	3	55	1
7	3	20	2	32	2	44	3	56	4
8	3	21	3	33	2	45	4	57	2
9	4	22	1	34	2	46	3	58	1
10	1	23	2	35	4	47	3	59	4
11	2	24	3	36	3	48	4	60	1
12	2	25	2	37	2	49	3	61	2
13	3								

Задания с развернутым ответом

1. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 40 м приложили разность потенциалов 10 В. Каким будет изменение температуры проводника ΔT через 15 с? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.

Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Ответ: $\Delta T \approx 16$ К.

2. К однородному медному цилиндрическому проводнику на 15 с приложили разность потенциалов 1 В. Какова длина проводника, если его температура при этом повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.

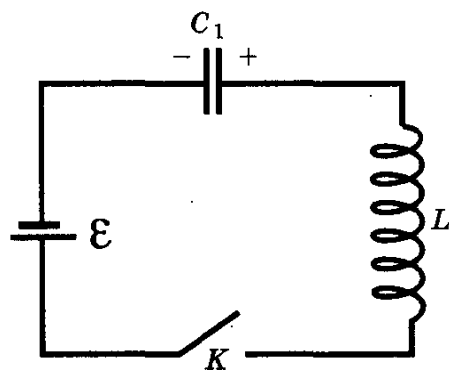
Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Ответ: $l \approx 5,1$ м.

3. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

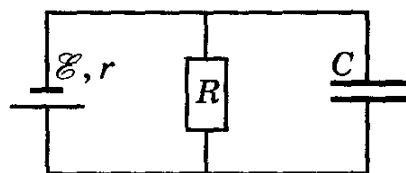
Ответ: $t \approx 57$ с.

4. В изображенной на рисунке схеме ЭДС батареи $\mathcal{E} = 10$ В, емкость конденсатора $C = 2$ мкФ, индуктивность катушки L неизвестна. При разомкнутом ключе K конденсатор заряжен до напряжения $U_0 = 0,5\mathcal{E}$. Пренебрегая омическим сопротивлением цепи, определите максимальный заряд на конденсаторе после замыкания ключа.



Ответ: $q_{\max} \approx 30$ мкКл

5. К источнику тока с ЭДС 9 В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением $R = 8$ Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 0,002$ м. Какова напряженность электрического поля между пластинами конденсатора?



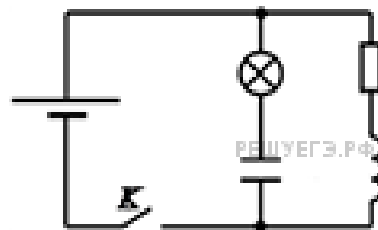
Ответ: $E = 4$ кВ/м.

6. Два тонких медных проводника одинаковой длины l соединены последовательно. Диаметр первого равен d_1 , второго — d_2 . Определите отношение

напряженности электростатического поля первого проводника к напряженности поля второго проводника $\frac{E_1}{E_2}$ при протекании по ним тока.

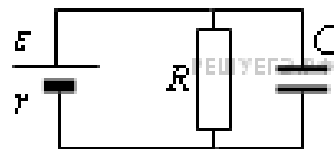
Ответ: $\frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$.

7. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 12 В, ёмкость конденсатора 2 мФ, индуктивность катушки 5 мГн, сопротивление лампы 5 Ом и сопротивление резистора 3 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Сопротивлением катушки и проводов пренебречь.



Ответ: $W_{\text{л}} = 0,115$ Дж

8. К источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 9$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением $R = 8$ Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 0,002$ м. Какова напряженность электрического поля между пластинами конденсатора?



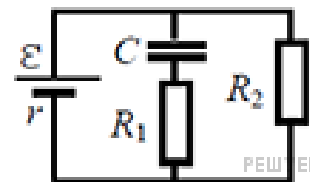
Ответ: $E = 4$ кВ/м.

9. При коротком замыкании клемм аккумулятора сила тока в цепи равна 20 А. При подключении к клеммам аккумулятора электрической лампы с электрическим сопротивлением нити 5,4 Ом сила тока в цепи равна 2 А. По

этим результатам измерений определите ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора.

Ответ: $\mathcal{E}=12\text{ В}$, $r=0,6\text{ Ом}$.

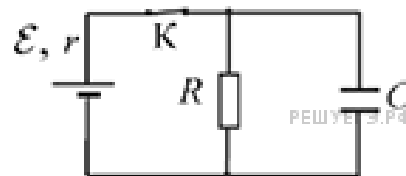
10. Напряженность электрического поля плоского конденсатора (см. рисунок) равна 24 кВ/м . Внутреннее сопротивление источника 10 Ом , ЭДС 30 В , сопротивления резисторов $E_1=20\text{ Ом}$, $E_2=40\text{ Ом}$.



Найдите расстояние между пластинами конденсатора.

Ответ: $d=1\text{ мм}$.

11. В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ K замкнут. Заряд конденсатора 2 мкКл , ЭДС батарейки 24 В , ее внутреннее сопротивление 5 Ом , сопротивление резистора 25 Ом . Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа K в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.

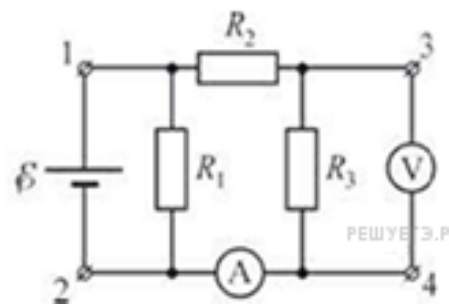


Ответ: $Q=20\text{ мкДж}$.

12. Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника 6 В , его внутреннее сопротивление 2 Ом . Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом . Чему равна максимальная мощность тока, выделяемая на реостате?

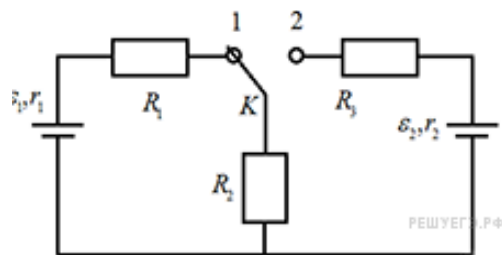
Ответ: $P=4,5\text{ Вт}$.

13. Если между контактами 1 и 2 схемы, изображённой на рисунке, включить источник напряжения с ЭДС 50 В и малым внутренним сопротивлением, то идеальный вольтметр, подключённый к контактам 3 и 4, показывает напряжение 20 В, а идеальный амперметр — силу тока, равную 1 А. Если теперь поменять местами источник и вольтметр, то он показывает напряжение 14 В. Какой ток показывает теперь амперметр?



Ответ: 1,2 А.

14. Как и во сколько раз изменится мощность, выделяющаяся на резисторе в цепи, схема которой изображена на рисунке, если перевести ключ К из положения 1 в положение 2? Параметры цепи $\mathcal{E}_1=1,5$ В, $r_1=1$ Ом, $\mathcal{E}_2=1,5$ В, $r_2=1$ Ом, $R_1=R_2=R_3=4$ Ом.

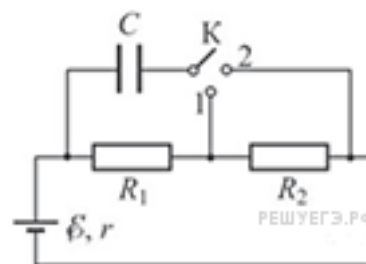


Ответ: $\frac{P_2}{P_1}=4,5$ Вт.

15. Два одинаковых воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения. Затем один из них, не разрывая цепь, опустили в масло с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$. Как и во сколько раз при этом изменится энергия второго конденсатора, который остался не погружённым в масло?

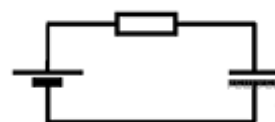
Ответ: энергия увеличится в 2,25 раза.

16. В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор изначально не заряжен. Ключ K переводят в положение 1. Затем, спустя очень большое время, переключают его в положение 2, и снова ждут в течение достаточно большого промежутка времени. В результате перевода ключа в положение 2 энергия конденсатора увеличивается в 9 раз. Найдите сопротивление резистора R_2 , если $R_1=10$ Ом.



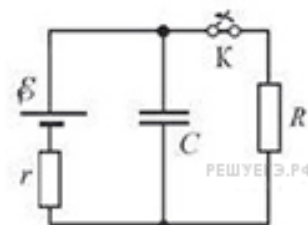
Ответ: $R_2 = 20$ Ом.

17. Источник постоянного напряжения с ЭДС 100 В подключён через резистор к конденсатору, расстояние между пластинами которого можно изменять (см. рисунок). Пластины раздвинули, совершив при этом работу 90 мкДж против сил притяжения пластин. На какую величину изменилась ёмкость конденсатора, если за время движения пластин на резисторе выделилось количество теплоты 40 мкДж? Потерями на излучение пренебречь.



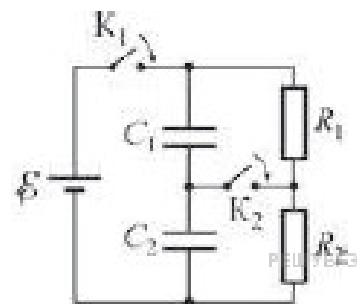
Ответ: $\Delta C = -10^{-8}$ Ф.

18. Какое количество теплоты выделится в схеме, изображённой на рисунке, после размыкания ключа K ? Параметры цепи: $\mathcal{E} = 2$ В, $r = 100$ Ом, $C = 0,1$ мкФ, $R = 4$ кОм.



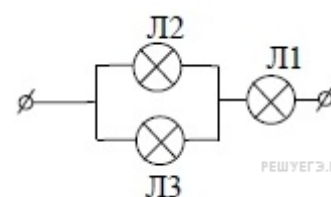
Ответ: $\Delta Q = 1,2 \cdot 10^{-10}$ Дж.

19. В цепи, схема которой изображена на рисунке, вначале замыкают ключ K_1 , а затем, спустя длительное время, ключ K_2 . Какой заряд и в каком направлении протечёт после этого через ключ K_2 , если $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $\varepsilon = 10$ В? Источник считайте идеальным.



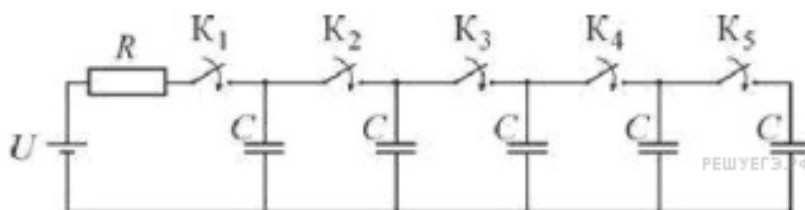
Ответ: $\Delta q = 8$ мкКл.

20. Вольтамперные характеристики газовых ламп Л1, Л2 и Л3 при достаточно больших токах хорошо описываются квадратичными зависимостями $U_1 = \alpha I^2$, $U_2 = 3\alpha I^2$, $U_3 = 6\alpha I^2$, где α – некоторая известная размерная константа. Лампы Л2 и Л3 соединили параллельно, а лампу Л1 последовательно с ними. Определите зависимость напряжения от силы тока, текущего через такой участок цепи, если токи через лампы таковы, что выполняются вышеуказанные квадратичные зависимости.



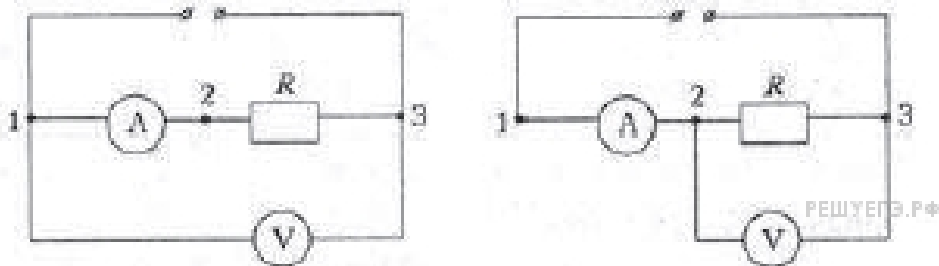
Ответ: $U \approx 2\alpha I^2$.

21. В цепи, схема которой изображена на рисунке, по очереди замыкают ключи $K_1 - K_5$, выжидая каждый раз достаточно длительное время до окончания процессов зарядки конденсаторов. Какое количество теплоты выделится в резисторе после замыкания ключа K_5 ? До его замыкания все остальные ключи уже были замкнуты. Параметры цепи: $R = 100$ Ом, $C = 2$ мкФ, $U = 10$ В.



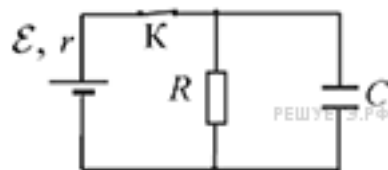
Ответ: 0,1 мДж.

22. Схема подключена к идеальному источнику постоянного напряжения. Амперметр показывает ток $I_1=0,9$ А, а вольтметр напряжение $U_1=20$ В. После переключения одного из проводов вольтметра от точки 1 к точке 2, вольтметр стал показывать напряжение $U_2=19$ В, а амперметр ток $I_2=1$ А. Во сколько раз сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра?



Ответ: $\frac{R_V}{R_A} \approx 181,5$ раза.

23. В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ K замкнут. ЭДС батареи 12 В, ёмкость конденсатора 0,2 мкФ. Отношение внутреннего сопротивления батареи к сопротивлению резистора равно 0,2. Найдите количество теплоты, которое выделится на резисторе после размыкания ключа K в результате разряда конденсатора.



Ответ: 10^{-5} Дж.

Справочный материал

Десятичные приставки

<i>Наименование</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Множитель</i>	<i>Наименование</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Множитель</i>
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	Д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

Число π	$\pi \approx 3,14$
Ускорение свободного падения у поверхности Земли	$g \approx 10 \text{ м/с}^2$
Коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Элементарный заряд	$e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Список использованной литературы

1. Политехнический словарь изд-во сов. Энциклопедия М:1980 гл.ред. А.Ю. Ишлинский
2. Демидова, М. Ю. ЕГЭ 2010. Физика: экзаменационные задания / М. Ю. Демидова, И.И. Нурминский. – М.: Эксмо, 2010. – 304 с.
3. Самое полное издание типовых вариантов заданий ЕГЭ: 2012 : Физика / авт.-сост. В.А. Грибов. – М.: АСТ: Астрель, 2012. – 138 с.
4. Самое полное издание типовых вариантов заданий ЕГЭ: 2013 : Физика / авт.-сост. В.А. Грибов. – М.: АСТ: Астрель, 2013. – 186 с.
5. Яворский, Б.М. Физика. Справочное руководство для поступающих в вузы / Б.М. Яворский, Ю.А. Селезнёв. – М.: Физматлит, 2004. – 592 с.
6. Кухлинг, Х. Справочник по физике / Х. Кухлинг. – М.: Мир, 1985. – 520 с.
7. Демидова, М. Ю. ЕГЭ 2018. Физика: экзаменационные задания / М. Ю. Демидова, А.И. Гиголо, В.А. Грибов. – М.: Национальное образование, 2018. – 144 с.
8. Решу ЕГЭ [Электронный ресурс] // Решу ЕГЭ Образовательный портал для подготовки к экзаменам : офиц. сайт. – Режим доступа : <https://phys-ege.sdamgia.ru>.

Содержание

1. Основные понятия и определения.....	3
2. Возникновение и поддержание электрического тока.....	4
3. Электродвижущая сила (ЭДС). Напряжение.....	6
4. Закон Ома	8
5. Зависимость сопротивления проводников от температуры	9
6. Разветвления токов. Соединения проводников.....	10
7. Соединения проводников	11
8. Задачи для самостоятельного решения	12
Ответы	24
Задания с развернутым ответом.....	24
Справочный материал.....	32
Список использованной литературы.....	33

Демидова Наталия Евгениевна
Демидов Григорий Андреевич

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Постоянный ток

Учебное пособие

Подписано в печать Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная.
Уч. изд. л. 1,9. Усл. печ. л. 2,1. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65
<http://www.nngasu.ru>, srec@nngasu.ru