



ГБУ ДПО «Кинельский РЦ» Самарской области

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
учителям физики
по организации обучения учащихся решению
задач по разделу "Электродинамика"

Авторы-составители: Кулагина О.Ю.,
руководитель ОМО, учитель
физики ГБОУ СОШ №8
п.г.т. Алексеевка г.о. Кинель;
Белова В.В. , зав.отделом
КОЭР «Кинельский РЦ»

Кинель, 2021.

Методические рекомендации учителям физики по организации обучения учащихся решению задач по разделу "Электродинамика".

Особенности электродинамики как раздела физической науки.

Раздел «Электродинамика» — один из наиболее сложных разделов школьного курса, где изучают электрические, магнитные явления, электромагнитные колебания и волны, вопросы волновой оптики и элементы специальной теории относительности. Под электродинамикой понимают науку о свойствах и закономерностях поведения особого вида материи — электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействия между электрически заряженными телами. Как известно, в природе существует единое электромагнитное поле, различными проявлениями которого являются электрическое и магнитное поля.

Если рассматривать логическую структуру раздела «Электродинамика», то в ней надо выделить: формирование понятия электромагнитного поля и электрического заряда; изучение взаимодействия поля и вещества, электрических и магнитных свойств вещества; изучение законов тока и электрических цепей; знакомство с элементами СТО; показ основных технических применений электродинамики.

В электродинамике рассматривают различные силы:

- 1) Силы, характеризующие взаимодействие покоящихся зарядов для вакуума. Они носят центральный характер, зависят от расстояния между взаимодействующими зарядами и не зависят от скорости.
- 2) Сила взаимодействия тока и магнитной стрелки (опыт Эрстеда) действует по линии, соединяющей их, зависит не только от расстояния между взаимодействующими объектами, но и от силы тока, которая, в свою очередь, зависит от скорости движения заряженных частиц и заряда.
- 3) Силы, возникающие между двумя параллельными проводниками с током, не являются центральными. Они пропорциональны силе тока в проводниках

(а значит, и заряду) и скорости его движения и обратно пропорциональны расстоянию между ними.

4) Сила, действующая на движущийся заряд со стороны магнитного поля. Она зависит от скорости движения заряда, но не является центральной.

Во всех случаях говорится о скорости частиц относительно какой-то системы отсчета, именно это и учитывают в электродинамике. В электродинамике рассматривают силы, которые не только зависят от расстояний, но и от скорости движения зарядов в выбранной системе отсчета. Подобные силы в механике Ньютона не рассматривали.

Эти особенности в основном сводятся к тому, что электромагнитные взаимодействия специфичны, для их объяснения надо исходить из принципа близкодействия и учитывать конечную скорость передачи действия.

Типичные ошибки, допущенные при сдаче ЕГЭ и рекомендации по их предотвращению.

Статистическая обработка результатов ЕГЭ позволяет выявить основные пробелы в общеобразовательной подготовке выпускников по физике.

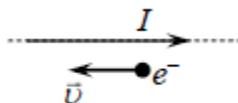
Отметим, что положительный вывод об овладении на базовом уровне проверяемыми элементами содержания и видами деятельности можно делать при условии, что соответствующие задания выполнили правильно более 60% участников экзамена (нормативный диапазон).

Задания 13–18 по электродинамике

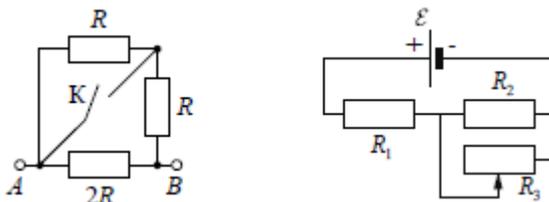
Отрабатывая умения определять направление векторов напряженности электрического поля, вектора магнитной индукции, силы Кулона, силы Ампера или силы Лоренца, нужно обратить внимание на определение направления сил взаимодействия между прямыми проводниками с током; на определение силы Лоренца для электрона, движущегося между полюсами магнита, и на определение направления силы Лоренца для заряженной частицы, движущейся вдоль проводника с током.

Пример 3.

Электрон e^- имеет скорость \vec{v} , направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} ? Ответ запишите словом (словами).



При повторении материала по теме «Постоянный ток» следует разобрать задания на «закорачивание» одного из резисторов. Например: изменение общего сопротивления цепи на рисунке слева при замыкании ключа и изменение сопротивления цепи, напряжения на резисторах и тепловой мощности во внешней цепи при уменьшении сопротивления реостата до 0 (рисунок справа).



В заданиях повышенного уровня сложными являются ситуации с обсуждением плоских конденсаторов. Здесь нужно разделять две ситуации: конденсатор остаётся подключенным к источнику тока (напряжение между обкладками остаётся неизменным), или конденсатор после зарядки отключают от источника (неизменным остаётся заряд пластин конденсатора), а затем изменяют расстояние между пластинами или площадь пластин.

Пример 4.

Плоский воздушный конденсатор ёмкостью C_0 , подключённый к источнику постоянного напряжения, состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии d_0 друг от друга. Расстояние между пластинами медленно меняется со временем так, как показано на графике.

Как меняются в промежутке времени от t_1 до t_4 заряд конденсатора и напряжённость электрического поля между его пластинами?

Поскольку в описанном опыте конденсатор остается подключённым к источнику постоянного напряжения, то напряжение между обкладками конденсатора остается неизменным. График показывает, что расстояние между пластинами уменьшается в промежутке времени от t_1 до t_4 в 5 раз. Следовательно, емкость конденсатора увеличивается в 5 раз, значит, и заряд конденсатора при неизменном напряжении увеличивается тоже в 5 раз. Напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора также увеличивается.

Задания 25–32

Особого внимания в этом разделе заслуживают задания 27–32 с развёрнутым ответом. Перед экзаменом необходимо изучить критерии оценивания этих заданий, особенно требования к полному верному ответу.

Начнем с задания 27 (качественная задача). Как правило, в любой качественной задаче рассматривается один или несколько процессов. Решение такой задачи представляет собой доказательство, в котором присутствует несколько логических шагов. Каждый логический шаг – это описание изменений физических величин (или других характеристик), происходящих в данном процессе, и обоснование этих изменений. Обязательным является указание на законы, формулы или известные свойства явлений, на основании которых были сделаны заключения о тех или иных изменениях величин или характеристик.

Общий план решения качественных задач состоит из следующих этапов.

1. Работа с текстом задачи (внимательное чтение текста, определение значения всех терминов, встречающихся в условии, краткая запись условия и выделение вопроса).
2. Анализ условия задачи (выделение описанных явлений, процессов, свойств тел и т.п., установление взаимосвязей между ними, уточнение существующих ограничений (чем можно пренебречь)).

3. Выделение логических шагов в решении задачи.

4. Осуществление решения:

4.1. Построение объяснения для каждого логического шага.

4.2. Выбор и указание законов, формул и т.п. для обоснования объяснения для каждого логического шага.

5. Формулировка ответа и его проверка (при возможности).

В процессе тренировки решения качественных задач целесообразно использовать «вопросный» метод. При этом на каждом логическом шаге объяснения (доказательства) в самом общем случае можно задавать следующие вопросы:

- ✓ Что происходит?
- ✓ Почему это происходит?
- ✓ Чем это можно подтвердить (на основании какого закона, формулы, свойства сделан этот вывод)?

В ситуации конкретной задачи перечень вопросов может меняться. Например, первый вопрос может разбиваться на несколько «подвопросов». Но эти базовые вопросы помогут не совершать ошибок при выстраивании объяснения: не пропускать логических шагов и всегда давать указания на используемые законы и формулы.

При решении расчётных задач 28–32 целесообразно выделять следующие элементы.

- ✓ Работа с условием задачи: запись «Дано», представление рисунка, если это необходимо для понимания физической ситуации; описание физической модели, т.е. указание на то, какие явления или процессы рассматриваются, какие закономерности можно использовать для решения задачи и чем можно пренебречь, чтобы ситуация отвечала выбранной модели.
- ✓ Запись всех необходимых для решения задачи законов и формул; описание используемых физических величин, которые не вошли в «Дано».
- ✓ Проведение математических преобразований и расчётов, получение ответа.
- ✓ Проверка ответа одним из выбранных способов.

Необходимо учитывать, что в качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе, при этом форма записи формулы значения не имеет, но имеют значение используемые обозначения физических величин. Если используются отличные от кодификатора обозначения, то их нужно отдельно оговаривать.

Следует не только проверять размерность полученной величины по конечной формуле, но и обращать внимание на корректность числового ответа. В ЕГЭ числовой ответ задачи обязательно проверяется экспертами, при этом допускаются округления с учётом того числа значащих цифр, которые указаны в условии задачи.

В начале варианта КИМ приведены справочные данные: константы и все необходимые справочные величины для выполнения работы. Обратите внимание, что все ответы в заданиях соответствуют расчётам с использованием именно тех значений констант, которые приведены в начале варианта. Поэтому не забывайте использовать предложенные справочные данные, это поможет избежать лишних сложностей при записи ответов.

В первой части работы содержится 10 заданий с кратким ответом, в которых ответ необходимо записать в виде числа. Они проверяют умение применять законы и формулы, и для их выполнения, как правило, необходимо провести несложные вычисления. Записать полученное значение физической величины нужно с учётом указанных единиц измерения. Они указаны после слова «Ответ». Поэтому после расчётов нужно обязательно проверить не только число, но и единицы измерения.

В варианте есть задания и с другой формой записи ответа. На позиции 13 стоит задание базового уровня с ответом в виде слова (двух слов), которое проверяет умение определять направление векторной величины (вектора напряженности электрического поля, вектора магнитной индукции, силы Ампера или силы Лоренца). Как видно из приведённого примера 11, возможный набор слов для ответа указан в тексте задания.

В расчётных задачах 25 и 26 (где ответом также является число) встречаются случаи, когда полученный ответ необходимо округлить. В этом случае требования к округлению указываются в тексте задания (см. пример 7).

Пример 7.

В таблице показано, как менялся ток в катушке идеального колебательного контура при свободных электромагнитных колебаниях в этом контуре.

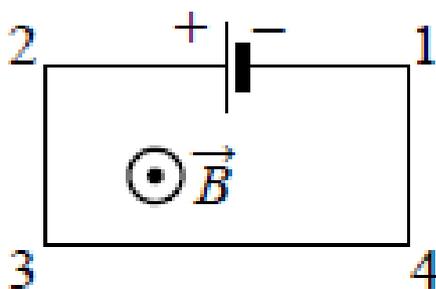
$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$I, 10^{-3} \text{ А}$	4,0	2,83	0	-2.83	-4,0	-2.83	0	2.83	4.0

Вычислите по этим данным энергию катушки в момент времени $5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$, если ёмкость конденсатора равна 405 нФ . Ответ выразите в наноджоулях (нДж), округлив до целого.

Ответ: 16 нДж.

Пример 11

Электрическая цепь, состоящая из трёх прямолинейных горизонтальных проводников (2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, у которого вектор магнитной индукции \vec{B} направлен так, как показано на рисунке. Куда направлена относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 4–1? Ответ запишите словом (словами).



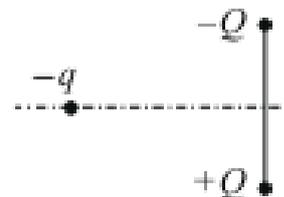
Ответ: вправо .

Задания ЕГЭ по разделу «Электродинамика» прошлых лет.

Для отработки с выпускниками предлагаем подборку заданий разного уровня сложности по разделу «Электродинамика», которые встречались на едином государственном экзамене в прошлые года.

13-2018

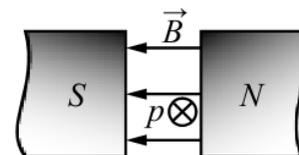
- 13** Отрицательный заряд $-q$ находится в поле двух неподвижных зарядов: положительного $+Q$ и отрицательного $-Q$ (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда $-q$ в этот момент времени, если на него действуют только заряды $+Q$ и $-Q$? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: _____.

13-2019

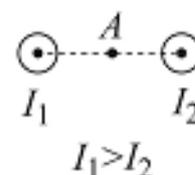
- 13** Протон p влетел в зазор между полюсами магнита со скоростью \vec{v} , перпендикулярной вектору индукции \vec{B} магнитного поля (см. рисунок, значком \otimes показано направление движения протона). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на протон сила Лоренца \vec{F} ? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: _____.

13-2020

- 13** На рисунке показаны сечения двух параллельных прямых длинных проводников и направления токов в них. Сила тока I_1 в первом проводнике больше, чем сила тока I_2 во втором. Куда направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор индукции созданного проводниками магнитного поля в точке A , расположенной на равном расстоянии от проводников? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: _____.

14-2018

- 14** Плавкий предохранитель счётчика электроэнергии в квартирной сети напряжением 220 В снабжён надписью: «6 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: _____ Вт.

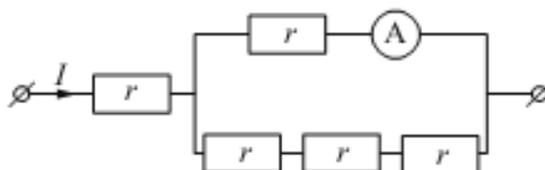
14-2019

- 14** Расстояние между двумя точечными зарядами увеличили в 3 раза и каждый из зарядов уменьшили в 3 раза. Во сколько раз уменьшился модуль сил взаимодействия между ними?

Ответ: в _____ раз(а).

14-2020

- 14** По участку электрической цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток $I = 4$ А. Какую силу тока показывает амперметр, если сопротивление $r = 1$ Ом? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: _____ А.

15-2018

- 15** Проволочная рамка площадью $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, изменяется по закону $\Phi = 4 \cdot 10^{-6} \cos 10\pi t$, где все величины выражены в СИ. Чему равен модуль магнитной индукции?

Ответ: _____ мТл.

15-2020

- 15 За $\Delta t = 3$ с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно уменьшается от некоторого значения Φ до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 5 мВ. Определите начальный магнитный поток Φ через рамку.

Ответ: _____ мВб.

16-2018

- 16 На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите два верных утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.

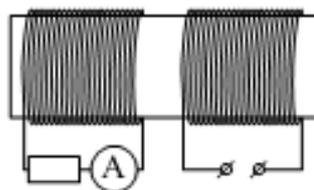


Рис. 1

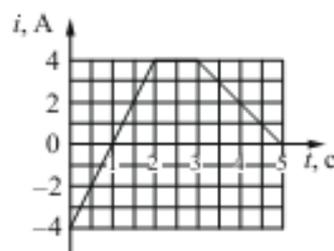


Рис. 2

- 1) В промежутках 0–1 и 1–2 с направления тока в правой катушке различны.
- 2) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.
- 3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
- 4) В промежутке 0–2 с модуль магнитной индукции в сердечнике минимален.
- 5) В промежутке 1–2 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.

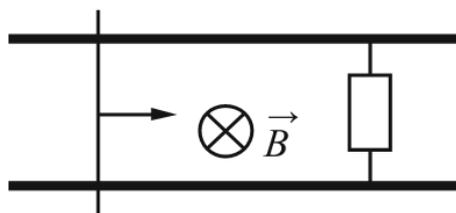
Ответ:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

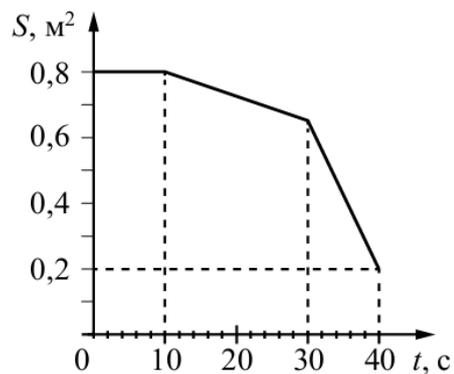
16

По гладким параллельным рельсам, замкнутым на резистор, перемещают лёгкий тонкий проводник. Рельсы, резистор и проводник образуют контур, который находится в однородном магнитном поле, как показано на рисунке *a*. При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на графике *б*.

Выберите **два** верных утверждения, соответствующих приведённым данным и описанию опыта.



а)



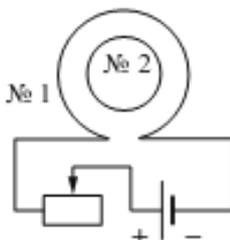
б)

- 1) Поскольку рельсы гладкие, для перемещения проводника в любой момент времени силу прикладывать не надо.
- 2) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале от 10 до 30 с.
- 3) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, максимальна в интервале времени от 30 до 40 с.
- 4) В течение первых 15 с ток течёт через резистор непрерывно.
- 5) В интервале времени от 15 до 25 с через резистор течёт ток.

Ответ:

--	--

- 16** Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1, и её обмотка замкнута. Вид с торца катушек представлен на рисунке.



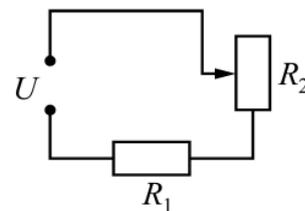
Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата *влево*.

- 1) Вектор магнитной индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2 в её центре, направлен от наблюдателя.
- 2) Модуль вектора индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, увеличивается.
- 3) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.
- 4) В катушке № 2 индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 5) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, уменьшается.

Ответ:

--	--

- 17** Резистор R_1 и реостат R_2 подключены последовательно к источнику напряжения U (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и мощность, выделяющаяся на резисторе R_1 , если ползунок реостата переместить до конца вверх? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом прежним.



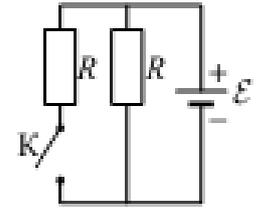
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Мощность, выделяющаяся на резисторе R_1

18 На рисунке показана цепь постоянного тока. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (\mathcal{E} – ЭДС источника тока; R – сопротивление резистора). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сила тока через источник при замкнутом ключе К
- Б) сила тока через источник при разомкнутом ключе К

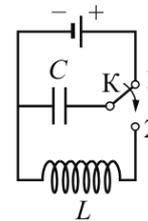
ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{\mathcal{E}}{4R}$
- 2) $\frac{2\mathcal{E}}{R}$
- 3) $\frac{\mathcal{E}}{R}$
- 4) $\frac{\mathcal{E}}{2R}$

Ответ:

А	Б

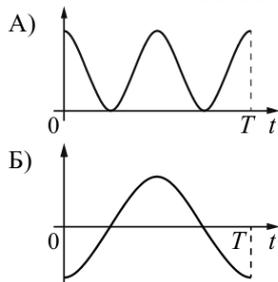
18 Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого. (T – период колебаний.)



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд правой обкладки конденсатора

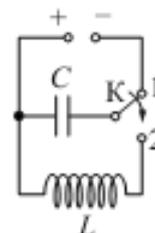
Ответ:

А	Б

18-2020 год

18

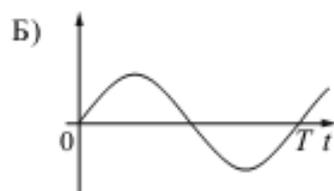
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого (T – период электромагнитных колебаний в контуре).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) заряд левой обкладки конденсатора
- 4) энергия электрического поля конденсатора

Ответ:

А	Б

27-2019

27

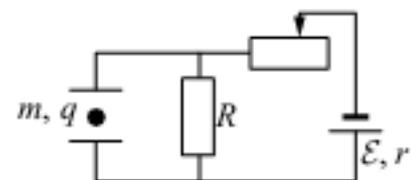
Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{8}$ движутся в однородных магнитных полях, перпендикулярных их скоростям: первая – в поле с индукцией B_1 ; вторая – в поле с индукцией B_2 . Найдите отношение радиусов траекторий частиц $\frac{R_2}{R_1}$, если их импульсы одинаковы, а отношение модулей индукции $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

Ответ: _____.

27-2020

27

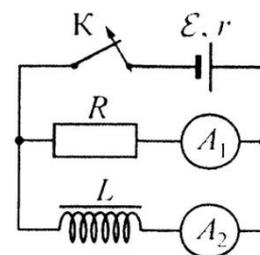
Две параллельные металлические пластины, расположенные горизонтально, подключены к электрической схеме, приведённой на рисунке. Между пластинами находится в равновесии маленькое заряженное тело массой m и зарядом q . Электростатическое поле между пластинами считать однородным. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как и в каком направлении начнёт двигаться тело, если сдвинуть ползунок реостата вправо.



28-2018

28

Резистор R и катушка индуктивности L с железным сердечником подключены к источнику тока, как показано на схеме. Первоначально ключ K замкнут, показания амперметров A_1 и A_2 равны, соответственно, $I_1 = 1$ А и $I_2 = 0,1$ А. Что произойдёт с величиной и направлением тока через резистор после размыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие явления и законы Вы использовали для объяснения.



28-2019

28

В сосуд наливают воду при комнатной температуре. В воду погружают нагревательные элементы с сопротивлениями R_1 и R_2 , подключённые к источнику постоянного напряжения так, как показано на рис. а. Оставив ключ в положении 1, доводят воду до кипения. Затем кипяток выливают, сосуд охлаждают до комнатной температуры, вновь наполняют таким же количеством воды при комнатной температуре и, повернув ключ K в положение 2 (рис. б), повторяют опыт. Напряжение источника в опытах одинаково. Опираясь на законы электродинамики и молекулярной физики, объясните, в каком из приведённых опытов вода закипит быстрее.

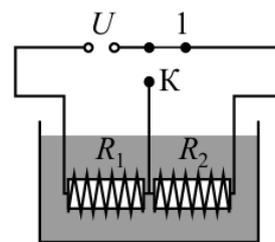


Рис. а

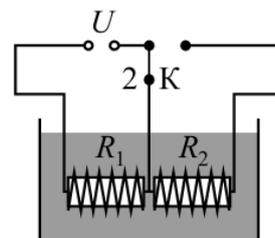
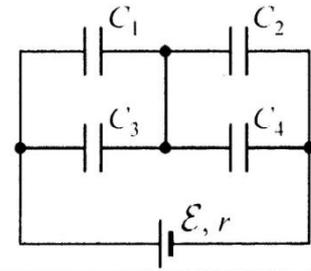


Рис. б

31-2018

31

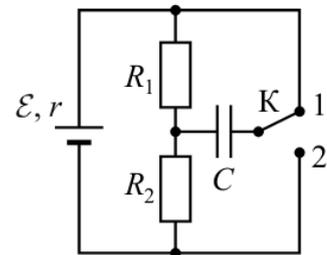
Батарея из четырёх конденсаторов электроёмкостью $C_1 = 2C$, $C_2 = C$, $C_3 = 4C$ и $C_4 = 2C$ подключена к источнику постоянного напряжения с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r (см. рисунок). На сколько и как изменится общая энергия, запасённая в батарее, если в конденсаторе C_3 возникнет пробой?



31-2019

31

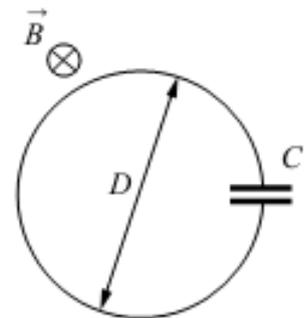
В электрической цепи, показанной на рисунке, $r = 1$ Ом, $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 7$ Ом, $C = 0,2$ мкФ, ключ К длительное время находится в положении 1. За длительное время после перевода ключа К в положение 2 изменение заряда на правой обкладке конденсатора $\Delta q = -0,55$ мкКл. Найдите ЭДС источника \mathcal{E} .



31-2020

31

Кольцо диаметром $D = 11$ см из тонкой медной проволоки и конденсатор с электрической ёмкостью $C = 2,5$ мкФ соединены параллельно. Кольцо помещается в однородное магнитное поле, равномерно изменяющееся со скоростью $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 2$ Тл/с. Вектор индукции магнитного поля направлен вдоль оси кольца. Найдите заряд, образующийся на конденсаторе.



Желаем успеха!