



ПНИПУ

ММСП



Итоговая государственная аттестация по физике (ЕГЭ): о критериях проверки заданий с развернутым ответом. Практикум

П.С. Волегов
к.ф.-м.н., доц. каф. ММСП,
директор ЦНП ПНИПУ,
эксперт региональной предметной
комиссии по физике

Пермь, 2017



Критерии оценивания задач 28-32

Качественные задачи (№28) предполагают решение, состоящее из ответа на вопрос и объяснения с опорой на изученные физические закономерности или явления. Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:

- А. требование к формулировке ответа** — *«Как изменится ... (показание прибора, физическая величина)», «Опишите движение ...», «Постройте график ...», «Сделайте рисунок ...», «Определите значение (например, по графику)»* и т.п.
- В. требование привести развёрнутый ответ с обоснованием** — *«объясните ..., указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано»* или *«...поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения»*.

Критерии оценивания задачи

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	3
Дан правильный ответ , и приведено объяснение , но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:	2
В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)	2.1
И (ИЛИ)	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.	
И (ИЛИ)	2.2
В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).	2.3
И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2.4

Критерии оценивания задачи 28

Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.	1
Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.	1.1
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	1.2
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	1.3
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1.4
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

Критерии оценивания задачи 28

- Среди качественных задач встречаются задания с **дополнительными условиями**.
- Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить **схему электрической цепи** или сделать **рисунок с ходом лучей** в оптической системе.
- В этом случае в описание полного правильного решения вводится еще один пункт (верный рисунок или схема).
- Отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению оценки на 1 балл.
- С другой стороны, наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа дает возможность учащемуся получить 1 балл.



Критерии оценивания задач 29—32

Полное правильное решение каждой из задач 29-32 должно содержать законы и формулы, применение которых **необходимо и достаточно** для решения задачи, а также **математические преобразования**, расчеты с **численным ответом** и **при необходимости рисунок**, поясняющий решение.

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: перечисляются законы и формулы)¹;

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов)²;

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Критерии оценивания задач 29—32

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.	2
Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2.1
И (или)	
В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).	2.2
И (или)	
В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.	2.3
И (или)	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2.4

Критерии оценивания задач 29—32

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1
Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1.1
ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1.2
ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1.3
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

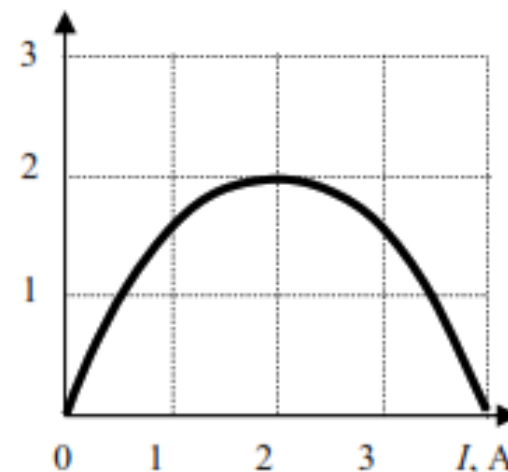
Практикум

Пример 1.

Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС ε и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением R . При изменении сопротивления нагрузки изменяется сила тока в цепи и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график изменения мощности, выделяющейся на нагрузке, в зависимости от силы тока в цепи.

Используя известные физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от силы тока является параболой. Чему равно ЭДС батареи?

$P, \text{Вт}$



Практикум

Пример 1.

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, имеющем сопротивление R , определяется законом Джоуля–Ленца $P = UI$, где I – сила тока в цепи, а U – напряжение на резисторе. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, а напряжение на резисторе – законом Ома для участка цепи $U = IR$.

На графике мощность в нагрузке зависит от силы тока I , поэтому сопротивление нагрузки $R = R(I) = \frac{\varepsilon}{I} - r$ и напряжение на резисторе $U(I) = IR = \varepsilon - Ir$ необходимо рассматривать как величины, зависящие от силы тока I и параметров батареи ε и r , которые не меняются. Мощность в нагрузке

$$P(I) = U(I)I = I(\varepsilon - Ir) \quad (1)$$

– квадратичная функция силы тока.

График этой функции – парабола, проходящая через точки $I_1 = 0$, $I_2 = I_{\max} = \varepsilon / r$. Следовательно, $\varepsilon = 2$ В.

Практикум

с1. По закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$. Значит сила тока увеличивается при уменьшении сопротивлений нагрузки.

По закону Джоуля-Ленца $Q = I \cdot U \cdot t$, тогда мощность $P = I \cdot U$. Напряжение U на нагрузке по закону Ома $U = \mathcal{E} - I \cdot r$, тогда $P = I(\mathcal{E} - I \cdot r) = I \cdot \mathcal{E} - I^2 \cdot r$. Графиком уравнения вида $y = kx^2 + bx$ является парабола.

Найдём ЭДС батареи: существует закономерность, по которой мощность максимальна при сопротивлении на резисторе, равном внутреннему сопротивлению источника тока, то есть $R = r = 0,5 \text{ Ом}$. $P_{\text{max}} = 2 \text{ Вт}$. при $I = 2 \text{ А}$, подставив данные значения в уравнение для мощности.

$$2 \text{ Вт} = 2 \text{ А} (\mathcal{E} - 2 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ Ом}) \Rightarrow \mathcal{E} - 2 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ Ом} = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{А}};$$

$$\mathcal{E} = 1 \text{ В} + 1 \text{ В} = 2 \text{ В}.$$

Ответ: 2 В.

Практикум

с1) Дано: $r = 0,5 \text{ Ом}$.

Решение:

$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ — ток для полной цепи

$\mathcal{U} = \mathcal{I}R = \frac{\mathcal{E}R}{R+r}$; $P = \mathcal{I}^2 R$.

Из закона Ома $R = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{I} - r}$

$P = -r\mathcal{I}^2 + \mathcal{E}\mathcal{I}$; таким образом $P(\mathcal{I})$ — парабол.

$P = 2 \text{ Вт}$; $\mathcal{I} = 2 \text{ А} \Rightarrow R = 0,5 \text{ Ом}$.

$\mathcal{E} = \mathcal{I}(R+r)$; $\mathcal{E} = 2(0,5+0,5) = 2 \text{ В}$

Ответ. 2 В.

С₁.

1). Мощность на резисторе = $P = I^2 R$; так как $I = 2$; $P = 2 \Rightarrow R = 0,5 \text{ Ом}$
(Закон Ома)

$$E = I(R + r) = 2(0,5 + 0,5) = 2 \text{ В} \quad \text{Ответ: } E = 2 \text{ В.}$$

2).

при $\forall I \neq 0$; $R \geq R_{\text{мин}}$
то I будет $\frac{E}{R+r}$ $I = \frac{E}{R}$, при последовательном
увеличении R , I будет возрастать, и в момент
оптимального отношения R и I будет достигнута
максимальная мощность, при попытке сделать
 I еще больше, придется очень сильно уменьшить
 R , то мощность будет меньше, и в дальнейшем
при уменьшении R пойдет до $R_{\text{мин}}$ и тогда $I = I_{\text{макс}}$
 $P \approx 0$, так как P зависит от R .

Практикум

С1. Известно, что при $R=2$ будет достигаться P_{\max} .
Из графика $I_{\max} = 2A$. $2A = \frac{\mathcal{E}}{2R} = \frac{\mathcal{E}}{4\Omega}$
 $\mathcal{E} = 2B$
Ответ: $\mathcal{E} = 2B$

С1.

Дано:

$$\mathcal{E} = 0,5 \text{ В}$$

$$P_{\max} = 2 \text{ Вт}$$

$$I_{\max} = 2 \text{ А}$$

$$\mathcal{E} = ?$$

$$P_{\max} = \mathcal{E} \cdot I_{\max}$$

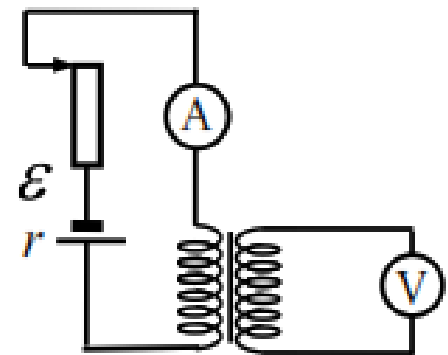
$$\mathcal{E} = \frac{P_{\max}}{I_{\max}} = 1 \text{ В}$$

$P = I^2 R$ - малый, парабола

Практикум

Пример 2.

На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен в крайнее верхнее положение и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вниз. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .



Практикум

Пример 2.

1. Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки. Примечание. Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем нижнем положении. (Когда движок придет в крайнее нижнее положение и его движение прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю.)
2. При перемещении ползунка вниз сопротивление цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$
 где R – сопротивление внешней цепи.
3. Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.
4. В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции
$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$
 во вторичной обмотке, а следовательно, напряжение U на её концах, регистрируемое вольтметром.

С) Сопр. пропорционально прямо пропорц. его длине. $R = \frac{\rho l}{S}$: т.к. l увеличивается, то S ~~увеличивается~~ и сопротивление увеличивается.

2) Это изменение R вызовет изменение силы тока в цепи. По закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ сила тока увеличится.

3) Изменение силы тока, в свою очередь, вызовет изменение вектора магнитной индукции \vec{B} . ⇒ в цепи будет изменяться и магнитный поток $\Delta\Phi = \Delta B \cdot S$. (возникнет значительная ЭДС самоиндукции, к-й по усл. задачи можно пренебречь)

4) По правилу Ленца, во второй катушке возникнет индукт. ток, к-й своим изменением магнитного потока будет препятствовать изменению магнитного потока в 1-ой катушке. ⇒

⇒ Вольтметр начнет фиксировать какое-то отклонение. (его стрелка отклонится).

5) Когда движение катушки прекратится, прекратится и изм. магнитного потока и индукт. ток во 2-ой катушке. Показания приборов снова примут своё начальное положение.

Практикум

Пока ток постоянный - Вольтметр показывает 0. При уменьшении сопротивления ток будет расти ($I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$), переменный ток наведет ЭДС индукции. Показания (A) будут расти, а (V) - сначала ноль, а потом - зафиксирует напряжение.

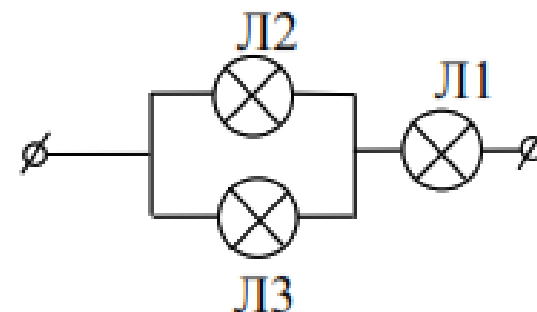
С1. При перемещении ползунка вниз, сопротивление на резисторе будет падать. При последовательном соединении $I_1 = I_2 = I_3 \Rightarrow$ показания амперметра будут увеличиваться ($I = \frac{U}{R}$). Показания вольтметра будут падать.

Практикум

Пример 3.

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 (см. рисунок).

Определите зависимость напряжения от силы тока, текущего через такой участок цепи, если токи через лампы таковы, что выполняются вышеуказанные квадратичные зависимости.



Практикум

Пример 3.

Пусть на концах участка цепи напряжение U , а сила тока через участок I .

1. Напряжение на концах цепи из последовательно соединённых участков равно сумме напряжений на участках:

$$U = U_1 + U_2 = \alpha I^2 + 3\alpha I_2^2.$$

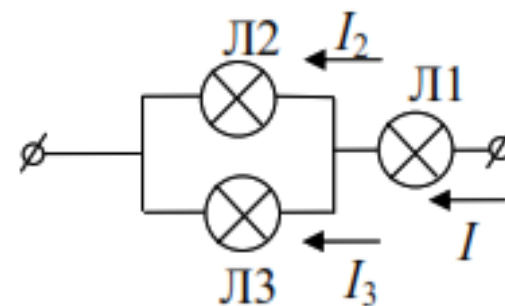
2. Для параллельно соединённых ламп Л2 и Л3

имеем $U_2 = U_3$, $I = I_2 + I_3$, или $3\alpha I_2^2 = 6\alpha I_3^2$, откуда $I_3 = \frac{I_2}{\sqrt{2}}$ и

$$I = I_2 + \frac{I_2}{\sqrt{2}} \approx 1,71I_2, \quad I_2 \approx \frac{I}{1,71}.$$

3. Тогда из п. 1 и 2 получим

$$U \approx \alpha I^2 + 3\alpha \frac{I^2}{(1,71)^2} \approx \alpha I^2 + 1,02\alpha I^2 \approx 2\alpha I^2.$$



Практикум

Пример 3.

С4

$U_2 = 3\delta\gamma^2$

$U_3 = 6\delta\gamma^2$

$U_1 = \delta\gamma^2$

$U_4 = U_3$

$3\delta\gamma^2 = 6\delta\gamma^2$

$\gamma^2 = 2\gamma^2$

$\gamma_{\text{об}} = \gamma_2 + \gamma_3 = \gamma_3 + \gamma_3\sqrt{2} = \gamma_3(1 + \sqrt{2})$

$\gamma_3 = \frac{\gamma}{1 + \sqrt{2}}$

$U_{\text{об}} = U_3 + U_1 = 6\delta\gamma^2 + \delta\gamma^2 = 6\delta\frac{\gamma^2}{1 + 1,4} + \delta\gamma^2 = 3,5\delta\gamma^2$

Ответ: $U = 3,5\delta\gamma^2$

Практикум

Пример 3.

с) $U_1 = 2I^2$
 $U_2 = 32I^2$
 $U_3 = 62I^2$

 $U_{\text{конт}}$

$\Gamma = \frac{dU}{dI}$ ~~$U = \frac{dU}{dI} \cdot I$~~ $U = 2I$
 $\Gamma_1 = \frac{dU_1}{dI} = \frac{d(2I^2)}{dI} = \frac{2 \cdot 2I \cdot dI}{dI} = 2 \cdot 2I$
аналогично: $\Gamma_2 = 62I$; $\Gamma_3 = 122I$.
далее вычисл $\Gamma_{23} = \frac{\Gamma_2 \cdot \Gamma_3}{\Gamma_2 + \Gamma_3} = \frac{62I \cdot 122I}{62I + 122I} = 42I$

$\Gamma_{123} = \Gamma_1 + \Gamma_{23} = 22I + 42I = 62I$
Потра $U_{\text{конт}} = \Gamma_{123} \cdot I = 62I \cdot I = 62I^2$
Ответ: $U_{\text{конт}} = 62I^2$.

Практикум

Дано

$$U_1 = 2I^2$$

$$U_2 = 32I^2$$

$$U_3 = 62I^2$$

$$U = IR_{\text{общ}}; \quad R_{\text{общ}} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + R_1, \text{ т.о. } U_2 \text{ и } U_3 \text{ соединены параллельно, а } U_1 \text{ последоват. с ними}$$

$$\text{т.о. } R = \frac{U}{I} \Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{2 \cdot I^2}{I} = 2I.$$

$$R_2 = \frac{32I^2}{I} = 32I;$$

$$R_3 = \frac{62I^2}{I} = 62I;$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{32I \cdot 62I}{62I + 32I} + 2I = \frac{1812I^2}{94I} + 2I = \underline{32I}.$$

$$U = I \cdot R_{\text{общ}}$$

$$U = 32I \cdot I = 32I^2.$$

$$\underline{\underline{Объем: } U = 32I^2}$$

Практикум

Катушка, обладающая индуктивностью L , соединена с источником питания с ЭДС E и двумя одинаковыми резисторами R . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

Пример 4.

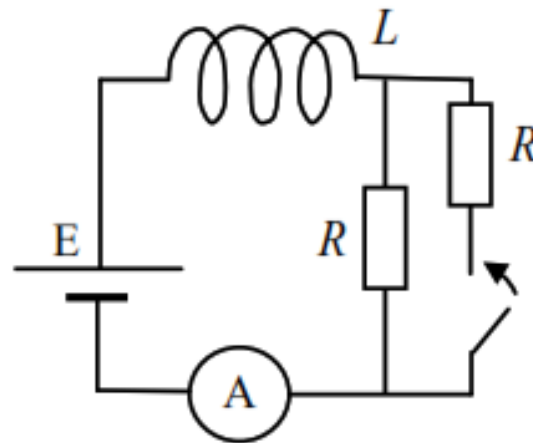


Рис. 1

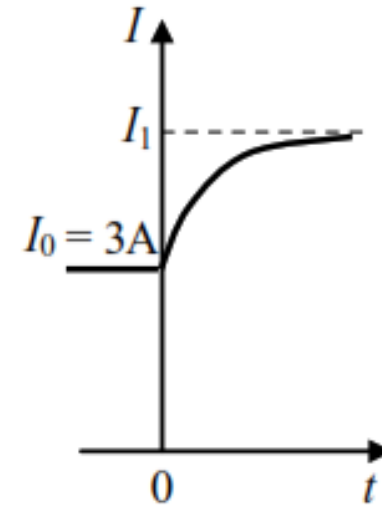


Рис. 2

В момент времени $t = 0$ ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2. Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно увеличивается до некоторого нового значения – I_1 . Определите значение силы тока I_1 . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Практикум

Пример 4.

1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи: $IR_{\text{общ}} = E + E_{\text{эи}}$, где I – сила тока в цепи, $R_{\text{общ}}$ – сопротивление цепи, а $E_{\text{эи}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ – ЭДС самоиндукции, возникающая только при изменении силы тока, и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца.

2. До замыкания ключа $R_{\text{общ}} = R$, сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи: $I_0 = \frac{E}{R}$.

3. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком уменьшается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку при замыкании ключа не претерпевает скачка.

4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через катушку плавно возрастает до стационарного значения: $I_1 = 2 \frac{E}{R} = 2I_0 = 6 \text{ А}$

Практикум

В данной схеме ток протекает по одному резистору, когда переключают ключ, то ток течет по двум параллельным резисторам ($R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$) поэтому сила тока увеличивается в два раза из-за параллельного соединения и равна $I = 6$.

$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{R}$, $I_0 = \frac{2\mathcal{E}_0}{R}$; $\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$; $\mathcal{E}(\text{ФЭДС})$ - прилагается изменению тока и когда ток перестает изменяться (увеличиваться), то \mathcal{E} пропадает.

Практикум

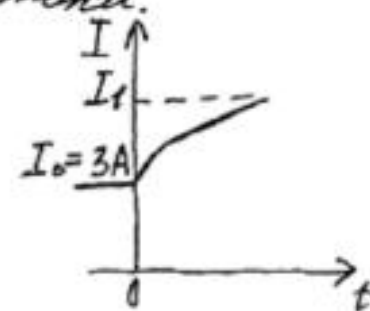
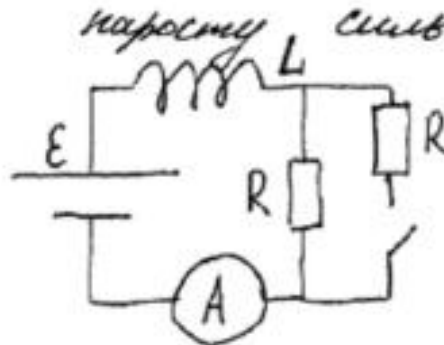
Сила тока в цепи увеличивается постоянно, т.к. в цепи находится катушка. При замыкании ключа сопротивление цепи уменьшается в 2 раза. Следовательно, сила тока начинает возрастать, и при увеличении I , в катушке происходит изменение магнитного потока, создаваемой этим током. Появляется ЭДС индукции в катушке.

ЭДС препятствует

$$I = \frac{\epsilon}{R} = 3 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{2\epsilon}{R} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ A}$$

Ответ: $I_1 = 6 \text{ A}$.



Практикум

С1. По правилу Ленца при уменьшении или увеличении силы тока в цепи, в катушке возникает индукционный ток, который противодействует тому изменению магнитного потока, на который он возникает.

При замыкании ключа ток катушки будет протекать через оба резистора, в результате чего общая сила тока будет равна $2I_0$, а сила тока

$$I_{\text{общ}} = 2I_0, \text{ т.е. } I_{\text{общ}} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ А.}$$

Ответ: 6 А.

При замыкании ключа I (сила тока) начинает возрастать. Это происходит из-за того, что когда ключ замкнут, установилось некоторое сопротивление (R) следовательно оно уменьшилось в два раза. т.к. резисторы одинаковы. Из закона Ома для полной цепи следует: $\mathcal{E} = \frac{I_0}{R+r}$

т.к. r - принимается, а R уменьшено в два ($\frac{1}{2}R$) $\mathcal{E} = \frac{I_0 \cdot 2}{R} \Rightarrow$

$$I_1 = I_0 \cdot 2 = 3 \text{ А} \cdot 2 = 6 \text{ А.}$$

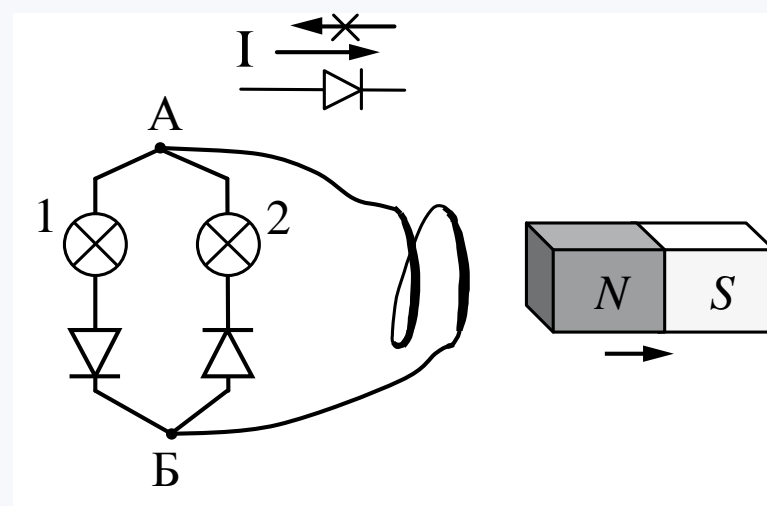
Ответ: 6 А.

Практикум

Задание 1. Электрическая цепь состоит из двух лампочек, двух диодов и витка провода, соединённых, как показано на рисунке.

(Диод пропускает ток только в одном направлении, как показано в верхней части рисунка.)

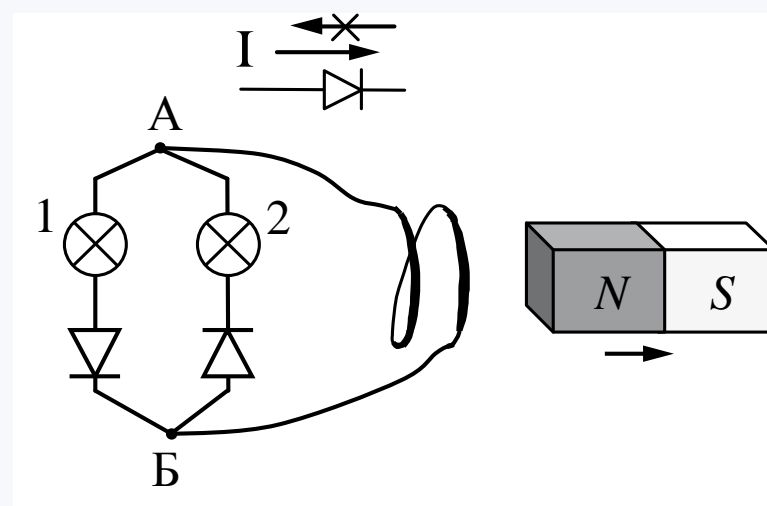
- Какая из лампочек загорится, если отодвигать от витка северный полюс магнита?
- Ответ объясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



Практикум

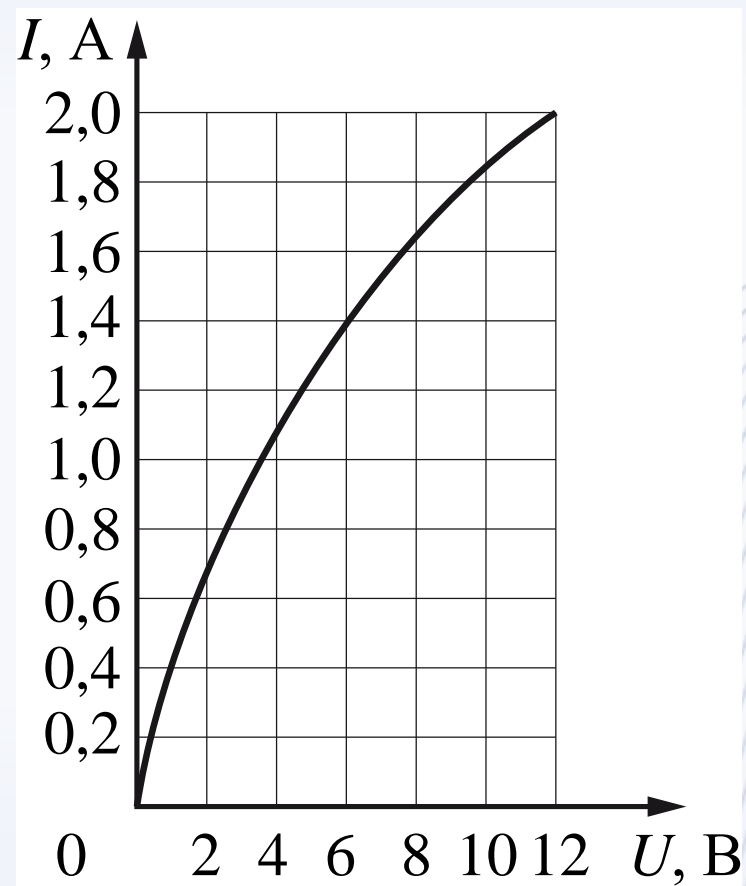
Задание 1. Решение

1. Загорится лампочка 2.
2. При приближении магнита к витку будет меняться магнитный поток сквозь виток, и в витке возникнет индукционный ток. Согласно правилу Ленца магнитное поле этого тока должно препятствовать движению магнита, поэтому выходящие из витка линии индукции этого поля будут направлены в сторону магнита. Для создания такого поля согласно правилу «буравчика» индукционный ток в цепи, содержащей виток, должен быть направлен по часовой стрелке, а в цепи ламп – от Б к А. Ток такого направления пропускает только диод на участке цепи лампочки 2, она и будет гореть



Практикум

Задание 2. Вольт-амперная характеристика лампы накаливания изображена на рисунке. При напряжении источника 12 В температура нити лампы равна 3100 К. Сопротивление нити прямо пропорционально её температуре. Какова температура нити накала при напряжении источника 6 В?



Практикум

Задание 2. Решение

1. При напряжении источника $U_1 = 12$ В сила тока через лампу определяется из графика: $I_1 = 2$ А.

2. Сопротивление нити накала при этом определяется законом Ома: $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 6$

Ом.

3. При уменьшении напряжения на лампе в 2 раза $U_2 = 6$ В, сила тока через неё станет $I_2 = 1,4$ А (см. вольт-амперную характеристику).

4. Сопротивление нити накала при этом напряжении $R_2 = \frac{U_2}{I_2} \approx 4,3$ Ом.

5. Так как сопротивление нити пропорционально температуре $R = \beta T$, то

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{R_2}{R_1}, \text{ и } T_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = T_1 \frac{U_2 I_1}{I_2 U_1} = 3100 \cdot \frac{6 \cdot 2}{1,4 \cdot 12} \approx 2214 \text{ К.}$$

Ответ: $T_2 \approx 2214$ К

Практикум

Задание 3. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным металлическим поршнем находится идеальный газ. В первоначальном состоянии 1 поршень опирается на жёсткие выступы на внутренней стороне стенок цилиндра (рис. 1), а газ занимает объём V_0 и находится под давлением p_0 , равным внешнему атмосферному. Его температура в этом состоянии равна T_0 . Газ медленно нагревают, и он переходит из состояния 1 в состояние 2, в котором давление газа равно $2p_0$, а его объём равен $2V_0$ (рис. 2). Количество вещества газа при этом не меняется. Постройте график зависимости объёма газа от его температуры при переходе из состояния 1 в состояние 2. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

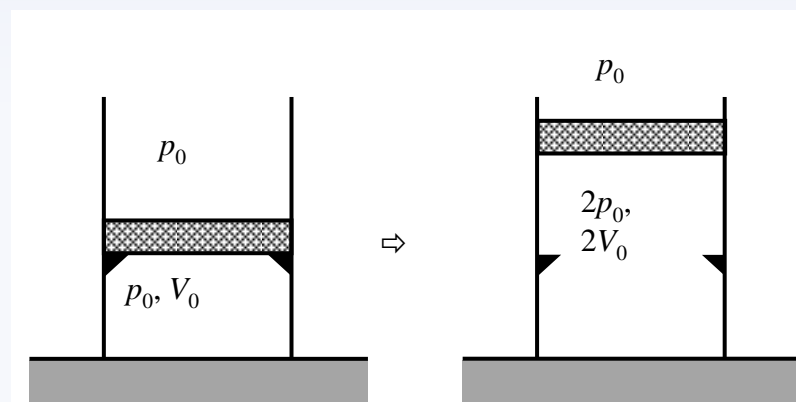
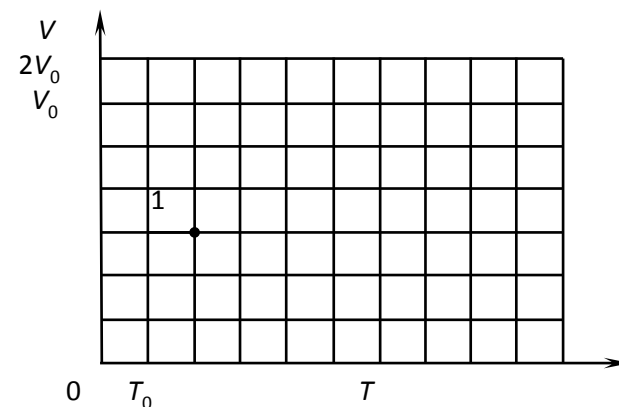


Рис. 1

Рис. 2



Практикум

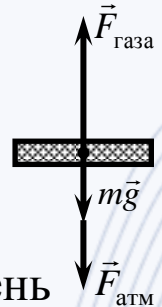
Задание 3. Решение

1. Определим температуру T_2 конечного состояния газа. Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в состояниях 1 и 2:

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 \cdot 2V_0 = \nu R T_2, \end{cases}$$

откуда $T_2 = 4T_0$.

2. Покажем силы, приложенные к поршню, когда он уже не опирается на выступы на стенках цилиндра. Сила тяжести $m\vec{g}$ и сила давления на поршень со стороны атмосферы $\vec{F}_{\text{атм}}$ постоянны. Поскольку поршень перемещается медленно, сумму приложенных к нему сил считаем равной нулю. Отсюда следует, что сила давления на поршень со стороны газа $\vec{F}_{\text{газа}}$ тоже постоянна. Значит, её модуль $F_{\text{газа}} = pS = \text{const}$ (S – площадь горизонтального сечения поршня) при любом положении поршня выше первоначального. Таким образом, $p = 2p_0 = \text{const}$ при $V_0 < V \leq 2V_0$, процесс



Практикум

Задание 3. Решение

нагревания газа изобарный ($\frac{V}{T} = \text{const}$). Определим температуру начала этого процесса T_H :

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 \cdot V_0 = \nu R T_H, \end{cases}$$

откуда $T_H = 2T_0$.

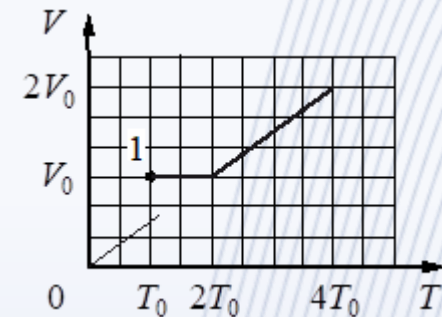
3. На отрезке температур $T_0 \leq T \leq 2T_0$ процесс нагревания газа изохорный ($V = V_0$), давление газа с ростом его температуры при нагревании увеличивается от p_0 до $2p_0$.

4. Ответ: а) при $T_0 \leq T \leq 2T_0$ $V = V_0 = \text{const}$;

б) при $2T_0 \leq T \leq 4T_0$ объём газа меняется от V_0 до $2V_0$ по закону

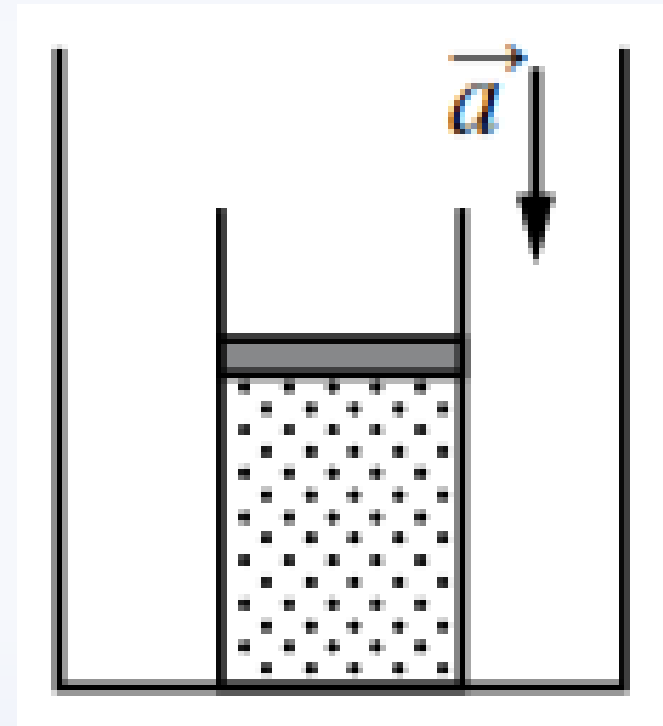
$$\frac{V}{T} = \text{const}.$$

График, изображающий зависимости из п. а) и б), представляет собой ломаную линию



Практикум

Задание 4. На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.



Практикум

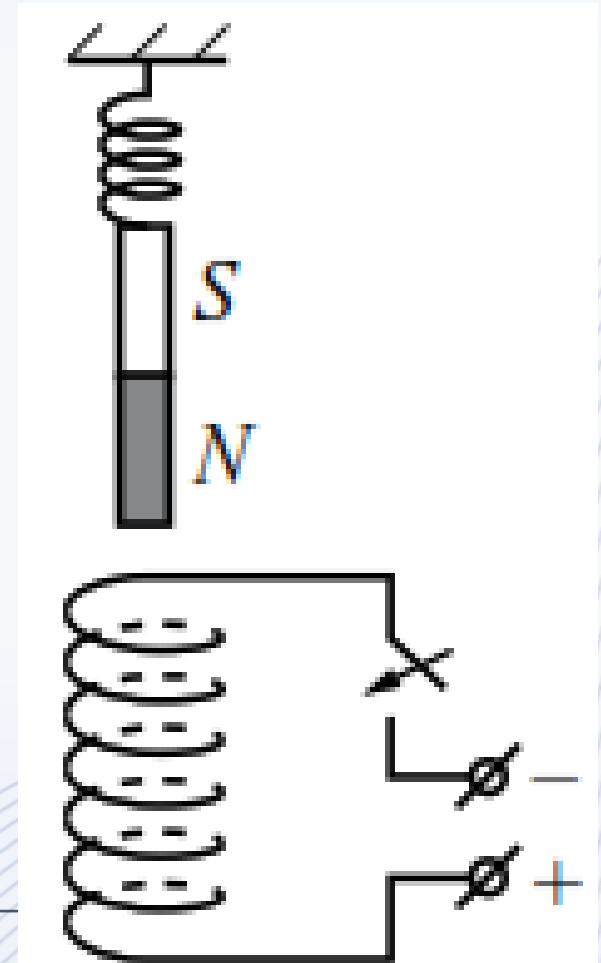
Задание 4. Решение

1. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.
2. Пусть масса поршня M , а площадь его основания S . Атмосферное давление над поршнем равно $p_{\text{атм}}$, первоначальное давление газа в сосуде равно p_1 . Поскольку поршень первоначально находится в равновесии, $p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$.
3. При движении лифта с ускорением \vec{a} , направленным вниз, поршень сдвинется и займёт относительно сосуда новое положение равновесия, в котором давление газа в сосуде станет равным $p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g - a)}{S} < p_1$.
Поскольку сосуд теплоизолирован и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счёт расширения газа. При этом газ совершает работу $A > 0$.
4. Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счёт уменьшения внутренней энергии.
5. Уменьшение внутренней энергии газа повлечёт за собой понижение его температуры ($\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$)

Практикум

Задание 5. Непосредственно над неподвижно закреплённой проволочной катушкой вдоль её оси на пружине подвешен полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа?

Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



Практикум

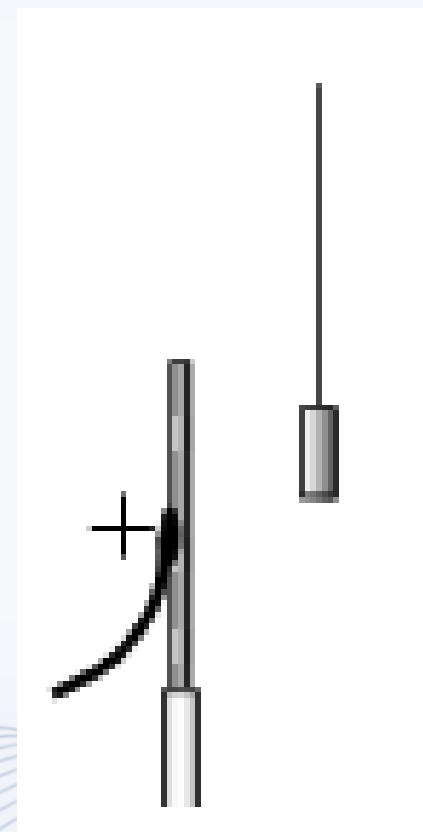
Задание 5. Решение

1. Когда ключ разомкнут, тока в катушке нет, магнит висит неподвижно и пружина растянута.
2. После замыкания ключа в катушке потечёт ток и индукция магнитного поля катушки (вблизи её оси) будет направлена вниз.
3. Катушка с током аналогична полосовому магниту, северный полюс которого в данном случае расположен у её нижнего торца, а южный – у верхнего. Значит, магнит будет притягиваться к катушке и опускаться вниз

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: *направление движения магнита*) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: *определено направление тока через катушку после замыкания ключа и направление индукции магнитного поля вблизи верхнего торца катушки, проведена аналогия с взаимодействием двух магнитов, определено направление движения магнита*)

Практикум

Задание 6. Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на длинной шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.



Практикум

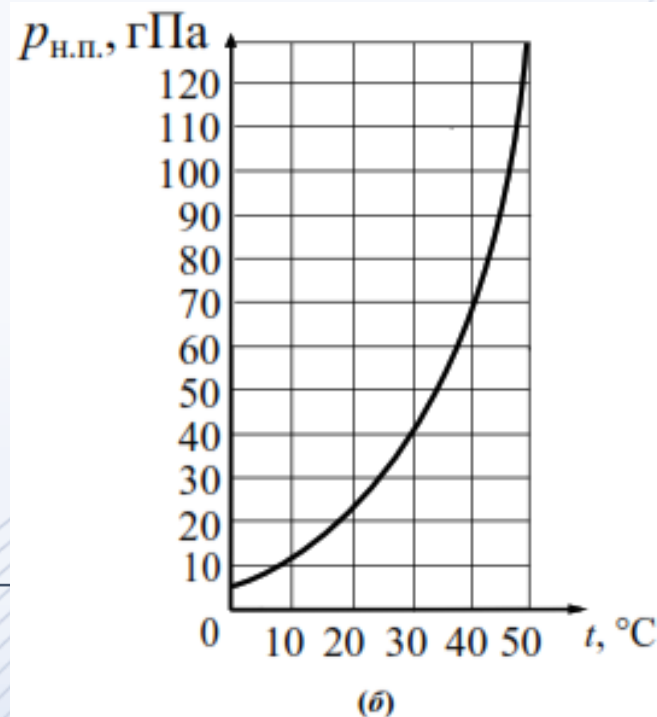
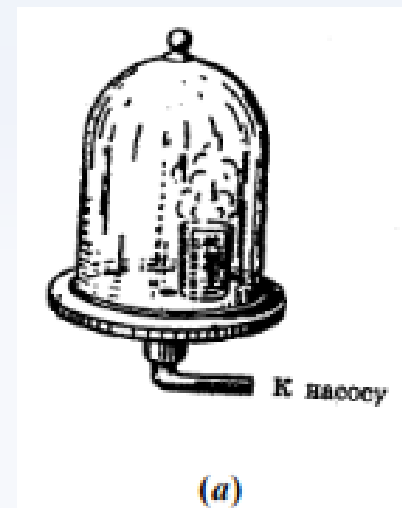
Задание 6. Решение

- 1) Гильза притянется к пластине, коснется ее, а потом отскочит и зависнет в отклоненном состоянии.
- 2) Под действием электрического поля пластины изменится распределение электронов в гильзе и произойдет ее электризация: та ее сторона, которая ближе к пластине (левая), будет иметь отрицательный заряд, а противоположная сторона (правая) – положительный. Поскольку сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с ростом расстояния между ними, притяжение к пластине левой стороны гильзы будет больше отталкивания правой стороны гильзы. Гильза будет притягиваться к пластине и двигаться, пока не коснется ее.
- 3) В момент касания часть электронов перейдет с гильзы на положительно заряженную пластину, гильза приобретет положительный заряд и оттолкнется от теперь уже одноименно заряженной пластины.
- 4) Под действием силы отталкивания гильза отклонится вправо и зависнет в положении, когда равнодействующая силы электростатического отталкивания, силы тяжести и силы натяжения нити станет равна нулю.

Практикум

Задание 7. В опыте, иллюстрирующем зависимость температуры кипения от давления воздуха (рис. а), кипение воды под колоколом воздушного насоса происходит уже при комнатной температуре, если давление достаточно мало.

Используя график зависимости давления насыщенного пара от температуры (рис. б), укажите, какое давление воздуха нужно создать под колоколом насоса, чтобы вода закипела при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



Практикум

Задание 7. Решение

1. Кипением называется парообразование, которое происходит не только с поверхности жидкости, граничащей с воздухом, но и с поверхности пузырьков насыщенного пара, образующихся в толще жидкости, что резко увеличивает количество испарившейся жидкости. Всплывающие пузырьки вызывают интенсивное перемешивание жидкости.

2. Образование пузырьков пара в жидкости возможно только в том случае, когда давление этого пара p равно давлению столба жидкости: $p = p_{атм} + \rho gh$. В сосуде $p_{атм} \gg \rho gh$, поэтому условие возникновения кипения $p = p_{атм}$. Следовательно, чтобы вода закипела при 40°C , в соответствии с графиком давление воздуха под колоколом необходимо снизить до 70 гПа .

Практикум

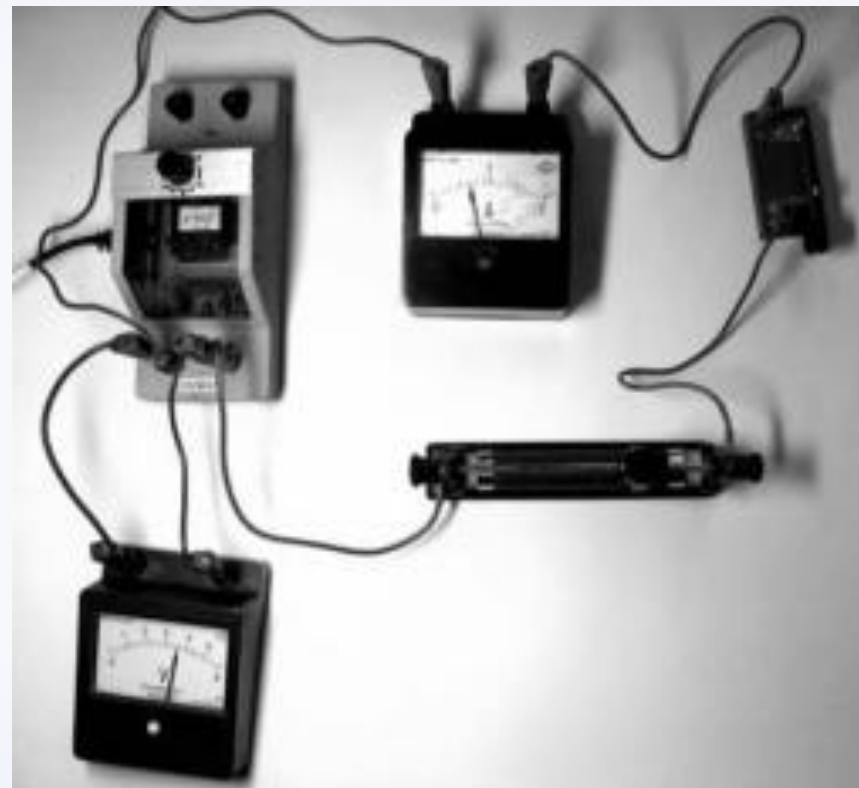
Задание 8.

При изучении закона Ома для полной электрической цепи ученик исследовал зависимость напряжения на полюсах источника тока от силы тока во внешней цепи (см. рисунок).

Внутреннее сопротивление источника не зависит от силы тока. Сопротивление вольтметра велико, сопротивление амперметра пренебрежимо мало.

При силе тока в цепи 1 А вольтметр показывал напряжение 4,4 В, а при силе тока 2 А – напряжение 3,3 В.

Определите, какую силу тока покажет амперметр при показаниях вольтметра, равных 1,0 В.



Практикум

Задание 8. Решение

1. В соответствии с законами Ома для полной электрической цепи и её участка напряжение на полюсах источника линейно зависит от силы тока:

$$U = \varepsilon - I r.$$

2. Запишем закон Ома для двух случаев измерений:

$$\begin{cases} U_1 = \varepsilon - I_1 r, \\ U_2 = \varepsilon - I_2 r. \end{cases}$$

Подставим значения токов и напряжений и получим $\varepsilon = 5,5$ В; $r = 1,1$ Ом.

Силу тока при напряжении $U_0 = 1,0$ В можно найти из уравнения

$$U_0 = \varepsilon - I_0 r. \text{ Отсюда } I_0 = \frac{\varepsilon - U_0}{r} = \frac{5,5 - 1,0}{1,1} \approx 4,1 \text{ А.}$$