УТВЕРЖДАЮ
Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования
____________________Р.С.Сидоренко
«___» декабря 2015 г.

Республиканская физическая олимпиада 2016 год.
(III этап)

Теоретический тур

9 класс.

1. Полный комплект состоит из трех заданий.

2. При оформлении работы каждое задание начинайте с новой страницы. Первая половина тетради предназначена для чистовика, вторая - для черновика. При недостатке бумаги обращайтесь к оргкомитету!

3. Подписывать тетради и отдельные страницы запрещается.

4. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

5. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к представителям Жюри.

Постарайтесь внимательно прочитать условия задач!
Может вам покажется, что условия задач слишком длинные. Но мы сочинили их такими, чтобы Вам было легче решать. Поверьте, иногда решения короче таких условий! Не теряйте присутствия духа, смело беритесь за решение каждой задачи. Помните, оцениваются не только полные решения, но и их отдельные части и даже отдельные здравые мысли.

Задание 1. Разминка.

Это задание состоит из 3 не связанных между собой задач.

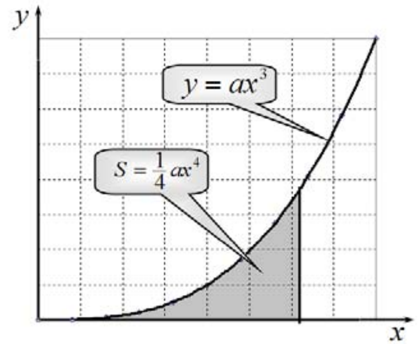
Задача 1.1 «Низкотемпературный тепловой контакт»

Теплоемкости веществ могут зависеть от температуры. Так при температурах, близких к абсолютному нулю удельная теплоемкость металлов пропорциональна третьей степени абсолютной температуры

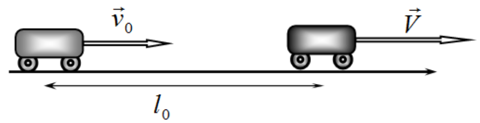
$$c = \alpha T^3 . \qquad (1)$$

Два одинаковых металлических бруска, находящихся при низких температурах $T_1 = 1{,}0°K$ и $T_2 = 3{,}0°K$, приводят в тепловой контакт. Пренебрегая потерями теплоты в окружающую среду, найдите температуру брусков T_x после установления теплового равновесия.

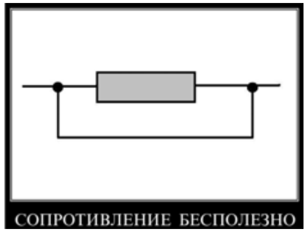
Подсказки.
1. Абсолютная шкала температур (шкала Кельвина) сдвинута «вниз» относительно шкалы Цельсия на $-273{,}15°$, а величина градуса Кельвина совпадает с величиной градуса Цельсия. (Для решения задачи это не существенно).
2. Если функция, определяется формулой $y = ax^3$, то площадь под графиком этой функции в интервале от 0 до некоторого значения x, рассчитывается по формуле $S = \frac{1}{4}ax^4$. (Эта формула может понадобиться при решении задачи).



Задача 1.2 «Локатор»



Милицейский автомобиль преследует нарушителя на длинной прямой дороге. Скорость милицейского автомобиля равна v_0, скорость автомобиля нарушителя равна V. Для измерения скорости автомобиля нарушителя на машине инспектора установлен локатор, который посылает короткие электромагнитные импульсы (сигналы) с фиксированным интервалом времени τ. Затем он регистрирует отраженные от машины нарушителя импульсы. Определите время τ' между приходами двух последовательных отраженных импульсов, регистрируемых локатором. Скорость распространения электромагнитных импульсов равна c и значительно больше скоростей автомобилей. Найдите зависимость времени между регистрируемыми импульсами τ' от скоростей автомобилей. Получите точную формулу, а затем упростите ее, считая, что $c >> V, v_0$.



Задача 1.3 «Ф – сопротивление»

Сидя дома, юный электротехник Федя, увлечённый Физикой, собрал электрическую схему из одинаковых резисторов R в виде заглавной буквы Ф (рис.1). Когда он подключил схему в точках A и B к источнику напряжения $U = 13\text{В}$, то тепловая мощность, выделяемая в цепи, при таком подключении оказалась равной $P_{AB} = 6{,}5\,\text{Вт}$.

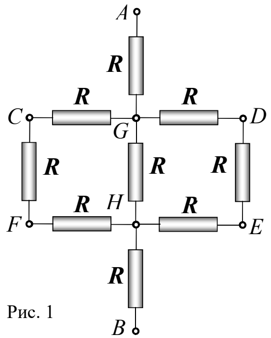


Рис. 1

1. Определите значение сопротивления R каждого из резисторов, которые использовал Федя.
2. Найдите мощность P_{CD} схемы при подключении того же источника напряжения между точками C и D цепи.
3. Подключим одновременно к клеммам $A-B$ и $C-D$ схемы Феди два одинаковых источника напряжения по $U = 13\text{В}$ каждый.

Можно ли утверждать, что в этом случае тепловая мощность P_{AB+CD}, выделяемая в схеме, будет равна сумме мощностей P_{AB} и P_{CD} представленных ранее в условии задачи?

Задание 2. Автомобили и светофоры.

В небольшом городе на некоторой улице светофоры установлены на одинаковых расстояниях $l = 1{,}0\,км$ друг от друга, причем один из них стоит на въезде в город, один – на выезде из него. Общее число светофоров равно 8. Все светофоры «открыты» (горит зеленый свет) в течении времени $\tau = 1{,}0\,мин$, а затем в течении такого же промежутка времени «закрыты» (горит красный свет). Временем горения желтого света можно пренебречь. Светофоры включаются попеременно, т.е. зеленый свет каждого следующего светофора включается, когда загорается красный у предыдущего. Считайте, что временами разгона и торможения автомобилей у светофоров можно пренебречь.

2.1 Нарисуйте диаграмму «координата-время» для светофоров и отметьте на ней промежутки времени, когда светофоры закрыты.

2.2 Автомобили могут двигаться по городу со скоростями, которые лежат в интервале от $v_{\min} = 40\dfrac{км}{час}$ до $v_{\max} = 80\dfrac{км}{час}$. Укажите диапазон скоростей, двигаясь с которыми, автомобиль может пересечь город без остановок на светофорах.

2.3 Автомобилист решил двигаться все время со скоростью $V = 120\dfrac{км}{час}$ (грубо нарушая правила дорожного движения). За какое время он пересечет город, не проезжая светофоры на красный свет?

2.4 Скорость велосипедиста не превышает $v_{\min} = 40\dfrac{км}{час}$. Оцените, с какой скоростью он должен ехать, чтобы проехать город без остановок на светофорах?

Задание 3. Бареттер.

В данной задаче вам предстоит рассмотреть модель *бареттера* — электронного устройства, используемого для стабилизации тока. Рассматриваемый бареттер представляет собой заполненный водородом стеклянный баллон, внутрь которого помещена тонкая железная проволока радиуса $r = 5{,}00 \cdot 10^{-5}$ м и длины $l = 2{,}00 \cdot 10^{-1}$ м. Водород обладает достаточной теплопроводностью, чтобы отводить теплоту, выделяющуюся при прохождении тока по проволоке, к стенкам баллона и затем в окружающую среду. Температура водорода у стенок баллона постоянна и равна $t_0 = 0$℃. Количество теплоты, которое предается с единицы площади поверхности проволоки в единицу времени, определяется законом Ньютона-Рихмана

$$q = \alpha(t - t_0), \qquad (1)$$

где α — коэффициент теплоотдачи, t — температура поверхности проволоки, t_0 — температура стенок баллона, которая в нашем случае всегда равна нулю, поэтому можно использовать выражение$q = \alpha t$.

Удельное электрическое сопротивление металлов возрастает при увеличении температуры t по закону

$$\rho = \rho_0(1 + \gamma t), \qquad (2)$$

где ρ_0 — удельное сопротивление металла при температуре 0℃, γ — температурный коэффициент сопротивления.

Этот закон является приближенным, справедливым в небольшом диапазоне температур. В реальности удельное сопротивление зависит от температуры более сложным образом. В Частях 1 и 2 задачи используйте приближенный закон (2), в Части 3 используйте приведенный там график зависимости реальной зависимости.

Вам понадобятся следующие характеристики железа:

1) удельное сопротивление при 0℃ – $\rho_0 = 8{,}57 \cdot 10^{-8}$ Ом · м;
2) температурный коэффициент сопротивления $\gamma = 6{,}06 \cdot 10^{-3}$℃$^{-1}$;
3) коэффициент теплоотдачи $\alpha = 50{,}0\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ℃}$;
4) температура плавления $t_{пл} = 1538$℃.

При решении данной задачи рекомендуется выполнять промежуточные численные расчеты некоторых параметров и использовать их в дальнейшем.
В задаче рассматривается стационарный режим работы бареттера, после установления теплового равновесия, поэтому рассчитывать временные характеристики процессов не требуется!

Введение. Характеристики бареттера.

0.1. Рассчитайте значение сопротивления проволоки бареттера R_0 при температуре 0℃. Запишите формулу зависимости сопротивления проволоки от температуры.

0.2. Покажите, что мощность теплоотдачи бареттера определяется формулой $P_{отд.} = At$, рассчитайте значение коэффициента A.

Часть 1. Вольтамперная характеристика идеального бареттера

1.1. Получите зависимость температуры проволоки t от силы тока I через неё. Постройте схематический график этой зависимости.

1.2. Постройте вольтамперную характеристику (график зависимости силы тока I через проволоку от приложенного к ней напряжения U) рассматриваемого бареттера.

Этот график постройте на выданном вам бланке №1.

<u>Подсказка.</u> *Выберите, какую зависимость легче анализировать: $I(U)$ или $U(I)$.*

1.3. Найдите силу тока через бареттер и температуру проволоки при $U \to \infty$.

1.4. Найдите максимальное напряжение $U_{\max}$, при котором может работать данный бареттер.

1.5. Покажите, что при малых напряжениях сила тока пропорциональна приложенному напряжению, определите коэффициент пропорциональности этой зависимости.

Часть 2. Вольтамперные характеристики цепей с бареттером.

2.1. Постройте вольтамперную характеристику цепи, состоящей из бареттера с подключенным к нему параллельно резистором с сопротивлением $R_1 = 10$ Ом.

2.2. Постройте вольтамперную характеристику цепи, состоящей из бареттера с подключенным к нему последовательно резистором с сопротивлением $R_1 = 10$ Ом.

Эти графики так же постройте на Бланке №1.

Часть 3. Реальный бареттер

Реальный бареттер, в отличие от рассмотренной в данной задаче модели, не может стабилизировать ток при сколь угодно большом напряжении. Это объясняется тем, что при достаточно больших температурах зависимость сопротивления от температуры перестаёт быть линейной. Реальная зависимость $\rho(t)$ для железа приведена на бланке №2 (пунктиром показана использованная ранее приближенная зависимость).

Для удобства на том же бланке приведена таблица зависимости удельного сопротивления железа от температуры. В этой таблице есть свободные столбцы, в которых Вы можете привести результаты необходимых расчетов.

3.1. Используя приведенную реальную зависимость $\rho(t)$, постройте вольт амперную характеристику реального бареттера.

Построение проведите на Бланке №3.

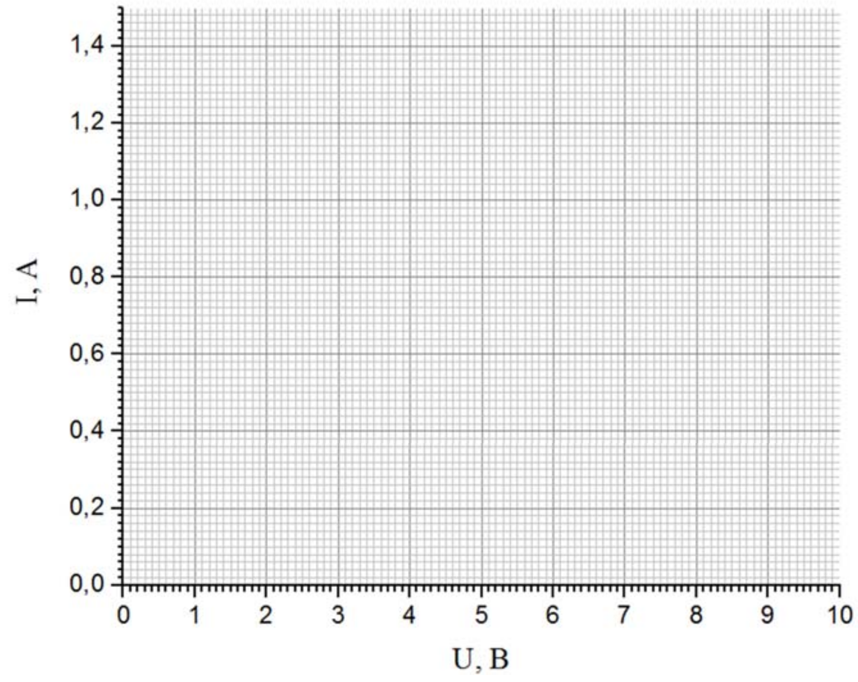
3.2. Укажите на графике (и запишите численные значения в тетради) напряжение стабилизации $\overline{U}_{ст}$, при котором изменение силы тока ΔI минимально при изменении напряжения ΔU.

3.3. Укажите диапазон напряжений $\left[U_{ст.\min}, U_{ст.\max}\right]$ в котором бареттер стабилизирует силу тока в цепи. Необходимо, что бы в этом диапазоне сила тока изменялась не более, чем на 2,5%.

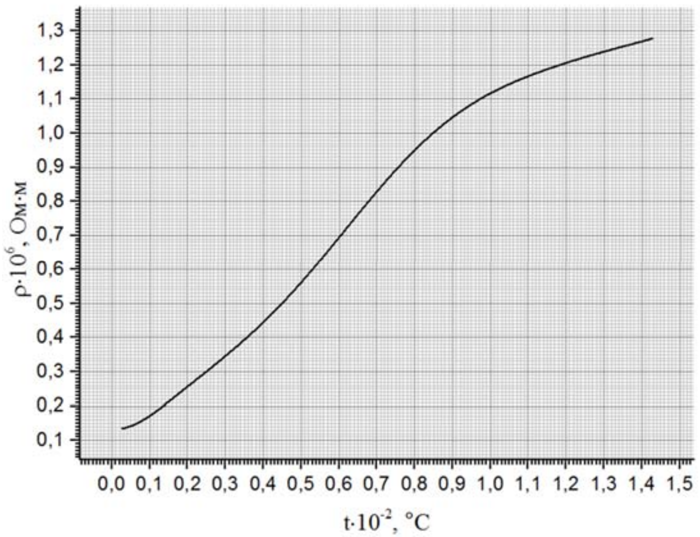
Не забудьте сдать выданные Вам бланки!

Бланки к задачам

Бланк №1 К заданию 9-3 «Бареттер»

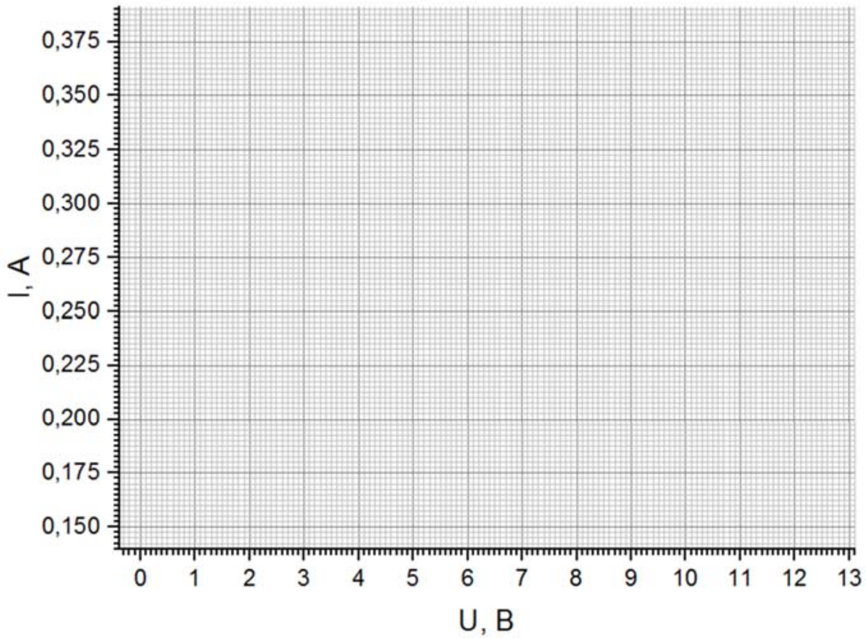


Бланк №2 к заданию 9-3 «Бареттер»



$t, °C$	$\rho \cdot 10^6, Ом \cdot м$			
100	0,173			
200	0,257			
300	0,346			
400	0,446			
500	0,563			
600	0,695			
700	0,831			
800	0,951			
900	1,047			
1000	1,118			
1100	1,168			
1200	1,207			
1300	1,240			
1400	1,270			
1500	1,310			

Бланк №3 к заданию 9-3 «Бареттер»



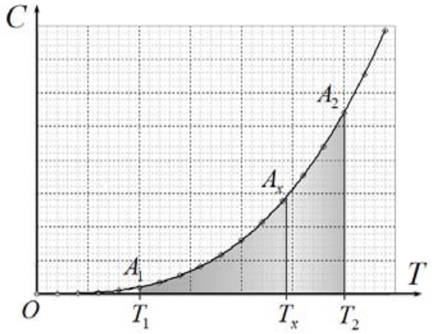
Решения задач.

9 класс

Задание 1. Разминка.

Задача 1.1 «Низкотемпературный тепловой контакт»

1.1 Для решения задачи следует сообразить, что площадь под графиком зависимости теплоемкости от температуры $C(T)$ численно равна количеству переданной теплоты. Изобразим схематически график зависимости теплоемкости брусков от температуры. Отметим на нем начальные температуры T_1, T_2, а также искомую температуру теплового равновесия T_x. Так как тепловые потери отсутствуют, то количество теплоты, отданное вторым (более «горячим») бруском, равно количеству теплоты, полученным первым бруском. Графически это означает, что площади криволинейных трапеций под графиком зависимости $C(T)$ в интервалах $[T_x, T_2]$ и $[T_1, T_x]$ должны быть равны:



$$S_{1x} = S_{x2}\,. \tag{1}$$

Эти площади могут быть представлены в виде

$$\begin{aligned} S_{1x} &= S_{0x} - S_{01} = \frac{1}{4}\alpha T_x^4 - \frac{1}{4}\alpha T_1^4 \\ S_{2x} &= S_{02} - S_{0x} = \frac{1}{4}\alpha T_2^4 - \frac{1}{4}\alpha T_x^4 \end{aligned}, \tag{2}$$

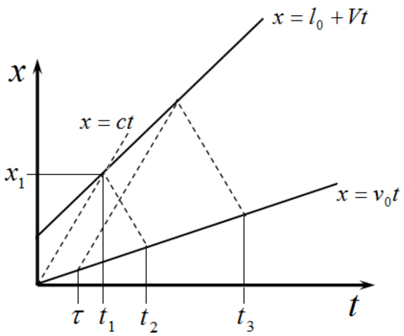
Здесь S_{01} площадь под графиков в интервале от нуля до T_1, которая согласно приведенной в условии подсказке равна $S_{01} = \frac{1}{4}\alpha T_1^4$. Остальные площади, входящие в формулы (2) определяются аналогично.

Из приведенных формул следует, что

$$\frac{1}{4}\alpha T_x^4 - \frac{1}{4}\alpha T_1^4 = \frac{1}{4}\alpha T_2^4 - \frac{1}{4}\alpha T_x^4 \quad \Rightarrow \quad T_x = \sqrt[4]{\frac{T_1^4 + T_2^4}{2}} = 2{,}5°K\,. \tag{3}$$

Задача 1.2. «Локатор»

Проще и нагляднее решить данную задачу, построив схематический график законов движения машин и сигналов. Эти законы движения имеют вид:



- машины инспектора (считаем, что первый сигнал послан в момент времени $t = 0$):

$$x = v_0 t\,; \tag{1}$$

- машины нарушителя (считаем, что начальное расстояние между машинами равно l_0):

$$x = l_0 + Vt\,; \tag{2}$$

- первого сигнала

$$x = ct\,. \tag{3}$$

Сигнал догонит машину нарушителя в момент времени t_1, удовлетворяющий уравнению

$$l_0 + Vt_1 = ct_1 \quad \Rightarrow \quad t_1 = \frac{l_0}{c - V}\,. \tag{4}$$

в точке с координатой

$$x_1 = ct_1 = \frac{c}{c - V} l_0 \tag{5}$$

Закон движения отраженного сигнала записывается в виде

$$x = x_1 - c(t - t_1) = 2x_1 - ct = 2\frac{c}{c - V} l_0 - ct\,. \tag{6}$$

Этот отраженный сигнал встретится с машиной ГАИ в момент времени t_2, удовлетворяющей условию

$$2\frac{c}{c - V} l_0 - ct_2 = v_0 t_2 \quad \Rightarrow \quad t_2 = 2\frac{c}{(c - V)(c + v_0)} l_0\,. \tag{7}$$

Второй сигнал послан в момент времени τ, когда расстояние между автомобилями стало равным $(l_0 + (V - v_0)\tau)$, поэтому он вернется к машине ГАИ в момент времени t_3, который может быть найден с помощью формулы (7):

$$t_3 = \tau + 2\frac{c}{(c - V)(c + v_0)}(l_0 + (V - v_0)\tau) = \tau + t_2 + 2\frac{c(V - v_0)}{(c - V)(c + v_0)}\tau\,. \tag{8}$$

Таким образом, время между возвращения двух последовательных импульсов равно

$$\tau' = t_3 - t_2 = \tau + 2\frac{c(V - v_0)}{(c - V)(c + v_0)}\tau\,. \tag{9}$$

Учитывая, что скорость сигнала значительно больше скорости автомобилей, формула (9) упрощается до

$$\tau' \approx \tau + 2\frac{(V - v_0)}{c}\tau\,. \tag{10}$$

Задача 1.3. «Ф – сопротивление»

1. Рассмотрим цепь Фёдора при подключении источника напряжения в точках *A* и *B* цепи (рис. 2). Полное сопротивление цепи при этом найдем из равенства

$$R_{AB} = R + R_{GH} + R\,. \tag{1}$$

Сопротивление участка цепи R_{GH} между точками *G* и *H* найдем из условия параллельного соединения проводников

$$\frac{1}{R_{GH}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} = \frac{5}{3R} \quad \Rightarrow \quad R_{GH} = \frac{3}{5}R\,. \tag{2}$$

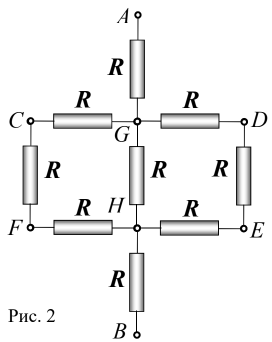


Рис. 2

Используя (1) и (2), находим полное сопротивление R_{AB} цепи в этом случае и мощность P_{AB}, выделяемую схемой в данном случае

$$R_{AB} = 2R + \frac{3}{5}R = \frac{13}{5}R\,, \tag{3}$$

$$P_{AB} = \frac{U^2}{R_{AB}} = \frac{5U^2}{13R}\,. \tag{4}$$

Из (4) находим номинал сопротивления, которое использовал Федя

$$R = \frac{5U^2}{13P_{AB}} = 10\,\text{Ом}\,. \tag{5}$$

2. При подключении цепи в точках C и D сопротивления AG и BH (см. рис. 2) оказываются «бесполезными», поскольку ток по ним не идёт. После их удаления схема для расчёта сопротивления упрощается и принимает вид, как на рисунке 3. Кроме того, сопротивление GH в этом случае также можно отбросить, поскольку оно подключено в точках равных потенциалов и ток по нему не идет. Окончательный вид схемы для расчёта сопротивления приведен на рисунке 3.

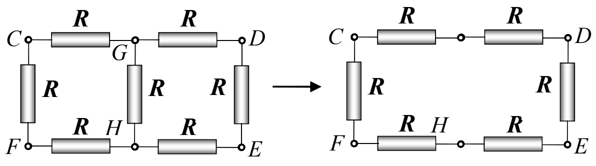


Рис. 3

В этом случае имеем

$$R_{CD} = \frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{4}{3}R\ . \qquad (6)$$

И для мощности, соответственно,

$$P_{CD} = \frac{U^2}{R_{CD}} = \frac{3U^2}{4R} = 13\text{Вт}\ . \qquad (7)$$

3. При одновременном подключении двух источников напряжения к клеммам $A - B$ и $C - D$ схемы Феди сила тока в каждой из ветвей схемы будет равна сумме сил токов, даваемых в данную ветвь каждым источником по отдельности

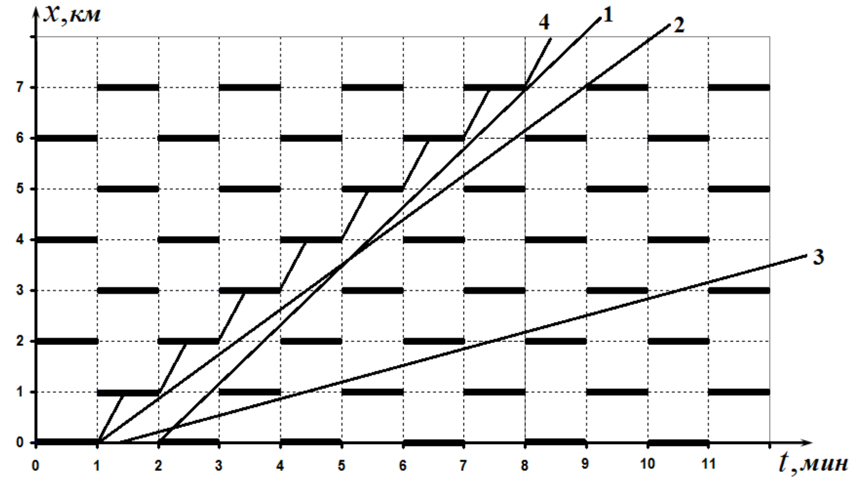
$$I_{AB+CD} = I_{AB} + I_{CD}. \qquad (8)$$

Это следует из того, что закон Ома носит линейный характер и «закреплено» соответствующим принципом суперпозиции для нескольких источников напряжения в одной цепи. Однако тепловая мощность в данной ветви пропорциональна квадрату силы тока в ней $P_{AB+CD} \sim I^2_{AB+CD}$, который не будет равен сумме квадратов токов ($I^2_{AB+CD} = I^2_{AB} + I^2_{CD} + 2I_{AB}I_{AD}$) от каждого источника напряжения по отдельности. Следовательно, утверждать, что в этом случае тепловая мощность P_{AB+CD}, выделяемая в схеме, будет равна сумме мощностей P_{AB} и P_{CD} нельзя. Для этого требуется отдельный пересчёт.

Задание 2. Автомобили и светофоры

2.1 На рисунке показана диаграмма, показывающая времена закрытых светофоров.

На этой же диаграмме можно строить законы движения автомобилей и велосипедистов, которые



представляют отрезки прямых линий. Понятно, что эти прямые не должны пересекать отрезки запрещающих сигналов светофоров.

2.2 Прямы 1 и 2 на диаграмме показывают возможные варианты движения автомобилей без остановок на светофорах. Прямая 1 соответствует максимальной скорости (автомобиль пресекает линию светофора на въезде в последний момент открытого интервала, а линию последнего – в момент зажигания зеленого). В этом случае он потратит на проезд время $t_1 = 6{,}0\,мин$, поэтому его скорость оказывается равной

$$v_1 = \frac{7{,}0\,км}{6{,}0\,мин} = 70\,\frac{км}{час}\,. \qquad (1)$$

Прямая 2 соответствует минимальной скорости, удовлетворяющей условию проезда без остановок. Ей соответствует скорость

$$v_2 = \frac{7{,}0\,км}{8{,}0\,мин} = 53\,\frac{км}{час}\,. \qquad (1)$$

2.3 Закон движения «нарушителя» показан ломанной линией 4. Очевидно, что при любой скорости превышающей $v_1 = 70\,\frac{км}{час}$ время движения будет лежать в интервале от 6 до 7 мин (в зависимости от момента времени подъезда к светофору на въезде в город.

2.4 Закон движения велосипедиста отражается прямой 3 на диаграмме. Ей соответствует скорость

$$v_3 = \frac{1{,}0\,км}{3{,}0\,мин} = 20\,\frac{км}{час}\,. \qquad (3)$$

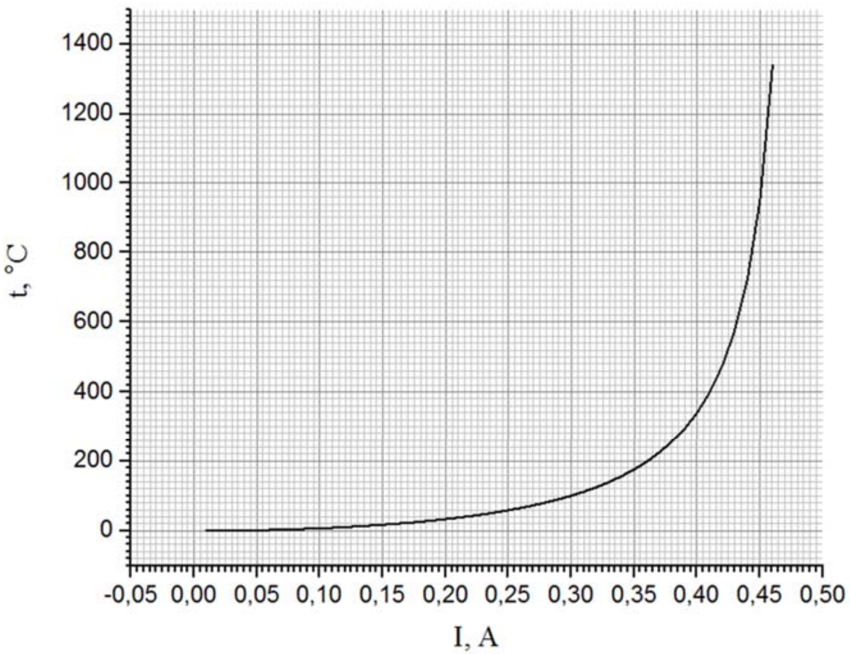
Задание 3. Бареттер.

0.1. Сопротивление проволоки бареттера R_0 при температуре 0°C равно $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S} = \frac{\rho_0 l}{\pi r^2} = 2{,}18$ Ом.

Формула зависимости сопротивления проволоки от температуры имеет вид $R = \rho \frac{l}{S} = \frac{\rho_0 l}{\pi r^2}(1+\gamma t) = R_0(1+\gamma t)$.

0.2. Мощность теплоотдачи бареттера определяется формулой $P_{\text{отд}} = \alpha S_{\text{пов}}(t - t_0)$, где $S_{\text{пов}} = 2\pi r l$ —площадь поверхности нити. Учитывая, что $t_0 = 0$,получаем, что $P_{\text{отд}} = At$, где $A = 2\pi r l \alpha = 3{,}14 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{Вт}}{{}^\circ\text{C}}$.

1.1. При протекании тока I по проволоке бареттера в ней выделяется теплота с мощностью, определяемой законом Джоуля-Ленца. В тепловом равновесии выполняется условие $P_{\text{эл}} = P_{\text{отд}}$ или $I^2 R_0(1+\gamma t) = At$. Отсюда для зависимости $t(I)$ получаем следующее выражение $t = \frac{I^2 R_0}{A - I^2 R_0 \gamma}$.



1.2. Согласно закону Ома напряжение на проволоке $U = IR = IR_0(1+\gamma t) = IR_0\left(1 + \frac{I^2 R_0 \gamma}{A - I^2 R_0 \gamma}\right) = \frac{IR_0}{1 - \frac{\gamma R_0}{A} I^2}$. Чтобы получить отсюда зависимость $I(U)$ можно разрешить полученное здесь квадратное уравнение, однако этого не требуется: чтобы построить вольтамперную характеристику, можно сначала построить зависимость $U(I)$, а затем обратить полученный график.

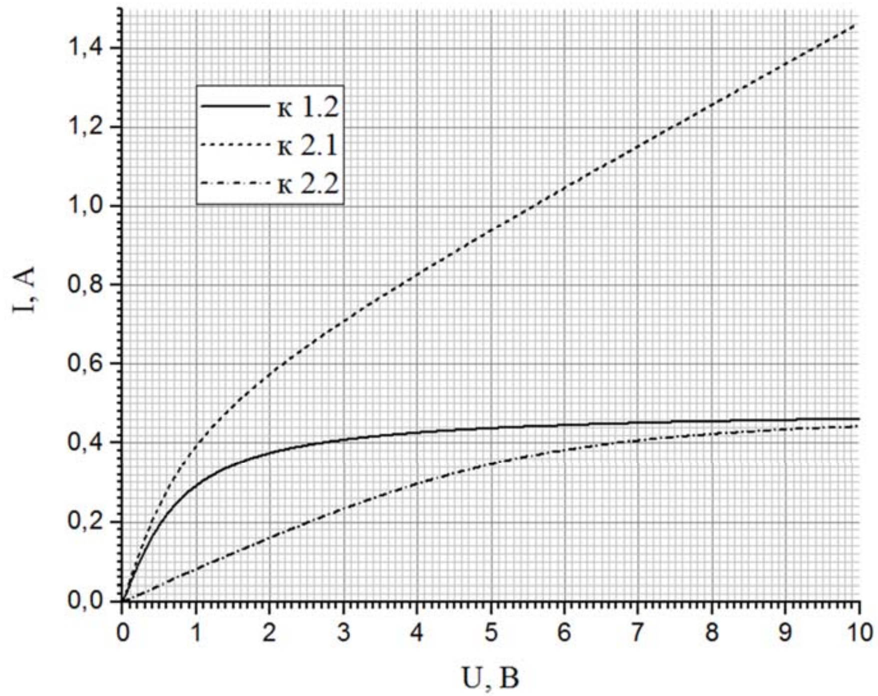
1.3. $U \to \infty$, когда $1 - \frac{\gamma R_0}{A} I^2 \to 0$, то есть когда $I \to \sqrt{\frac{A}{R_0 \gamma}} = 0{,}487$ А. Однако такой ток через бареттер недостижим, так как из (5) следует, что при $I \to \sqrt{\frac{A}{R_0 \gamma}}$ $t \to \infty$.

1.4. Максимально возможным током через бареттер является ток, при котором начинает плавится проволока бареттера. Отсюда получаем для I_{max} уравнение $\frac{I^2 R_0}{A - I^2 R_0 \gamma} = t_{\text{пл}}$. Разрешая его, получаем, что $I_{max} = \sqrt{\frac{A}{R_0}\frac{t_{\text{пл}}}{1+\gamma t_{\text{пл}}}} = 0{,}463$ А. Тогда $U_{max} = I_{max} R_0(1+\gamma t) = \sqrt{A R_0 t_{\text{пл}}(1+\gamma t_{\text{пл}})} = 10{,}4$ В.

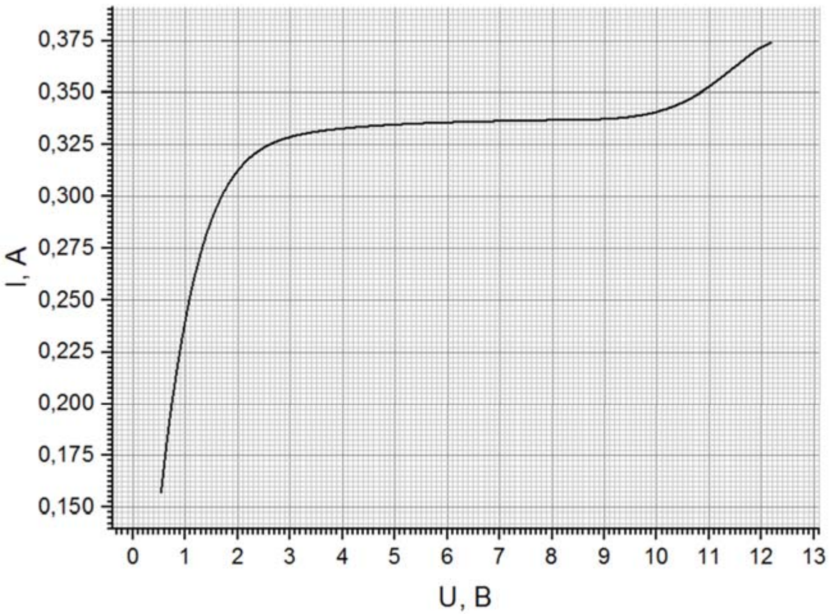
1.5. При $U \to 0$ также и $I \to 0$, а значит $I^2 \approx 0$. Следовательно, как и следовало ожидать, $U = IR_0$ при малых напряжениях.

2.1. При параллельном подключении бареттера и резистора напряжение в цепи равно напряжению на бареттере, а полный ток в цепи определяется как сумма тока через бареттер и тока через резистор, равного $\frac{U}{R_1}$. Соответственно вольтамперная характеристика цепи может быть получена прибавлением к вольтамперной характеристике бареттера линейной функции $I = \frac{U}{R_1}$.

2.2. При последовательном подключении бареттера и резистора ток в цепи равно току на бареттере, а напряжение в цепи определяется как $U = \frac{IR_0}{1 - \frac{\gamma R_0}{A} I^2} + IR_1$. Чтобы получить зависимость $I(U)$, необходимо соответственно решить кубическое уравнение, однако этого не требуется: чтобы построить вольтамперную характеристику, можно сперва построить зависимость $U(I)$, а затем обратить полученный график.



3.1. Для произвольной зависимости $\rho(t)$ $I^2 \frac{\rho(t)}{\rho_0} R_0 = At$. Отсюда $I(t) = \sqrt{\frac{\rho_0 At}{\rho(t) R_0}}$. Кроме того, из закона Ома следует, что $U(t) = \sqrt{\frac{\rho(t) R_0 At}{\rho_0}}$. Таким образом, получена параметрическая зависимость $I(U)$ с температурой в качестве параметра.



3.2. Напряжение стабилизации составляет около $U_{ст} = 7{,}5$ В.

3.3. В точке стабилизации ток равен $I_{ст} = 0{,}337$ А.

Соответственно области стабилизации соответствуют токи от 0,329 А до 0,345 А и напряжения от 3,0 до 10,5 В.