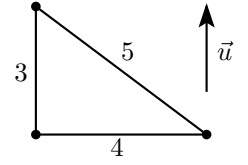
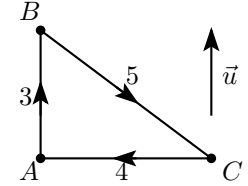


Задача 9.1. Утки в треугольнике. Три утки находятся в небе в вершинах прямоугольного треугольника со сторонами 300 м, 400 м, 500 м на плоскости. Вдоль меньшего катета по направлению движения дует ветер с постоянной скоростью u . Утки летят только вдоль сторон треугольника по часовой стрелке и могут обгонять друг друга, их собственная скорость $v > u$. Утка, вылетевшая из какой вершины, первая пройдёт весь треугольник и вернётся в исходную точку? За какое время T это произойдёт, если скорость утки в два раза больше скорости ветра и равна 25 м/с? Плоскость треугольника горизонтальна, ветер горизонтален и утки умеют летать только горизонтально.



Решение. Обозначим стороны треугольника AB , CA и BC , как показано на рисунке. Для того, чтобы утка двигалась вдоль одной из сторон треугольника, ей необходимо направить собственную скорость \vec{V} под определённым углом к этой стороне, следовательно, скорость движения вдоль каждой из сторон не будет зависеть от порядка облёта сторон, и все утки вернутся в начальные вершины одновременно.



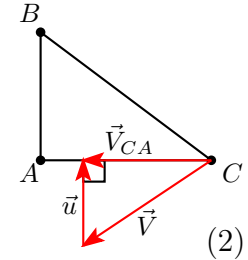
Рассмотрим движение вдоль каждой из сторон отдельно. Для описания движения будем пользоваться законом сложения скоростей. Введём вектора скоростей \vec{V}_{AB} , \vec{V}_{CA} , \vec{V}_{BC} , с которыми утки будут двигаться относительно земли вдоль каждой из сторон треугольника.

Для стороны AB (меньший катет), учитывая, что направление собственной \vec{V} вдоль AB совпадает с направлением скорости ветра \vec{u} , получим:

$$\vec{V}_{AB} = \vec{V} + \vec{u} \Rightarrow |\vec{V}_{AB}| = V + u = 3u. \quad (1)$$

При движении вдоль стороны CA (большой катет) направления векторов \vec{V}_{CA} и \vec{u} перпендикулярны, поэтому

$$\vec{V}_{CA} = \vec{V} + \vec{u} \Rightarrow |\vec{V}_{CA}| = \sqrt{V^2 - u^2} = \sqrt{3}u.$$

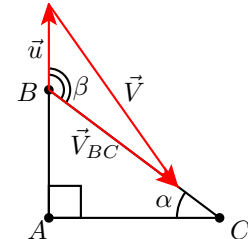


Для стороны BC (гипотенуза) необходимо аналогично применить закон сложения скоростей. Воспользуемся теоремой косинусов для скорости \vec{V} для треугольника скоростей:

$$V^2 = u^2 + V_{BC}^2 - 2uV_{BC} \cos \beta. \quad (3)$$

Косинус угла β между \vec{u} и \vec{V}_{BC} можно выразить следующим образом

$$\cos \beta = \cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha = -\frac{AB}{BC} = -\frac{3}{5}. \quad (4)$$



Приведём выражение (3) к стандартному виду квадратного уравнения:

$$V_{BC}^2 - 2u \cos \beta V_{BC} + (u^2 - V^2) = 0. \quad (5)$$

Решаем это квадратное уравнение и получаем:

$$V_{BC} = u \cos \beta \pm \sqrt{u^2(\cos^2 \beta - 1) + V^2}. \quad (6)$$

Учитывая, что $\cos \beta < 0$ и $V_{BC} = |\vec{V}_{BC}| > 0$, оставляем V_{CB} со знаком плюс:

$$V_{BC} = -\frac{3}{5}u + \sqrt{u^2 \left(\frac{9}{25} - 1 \right) + 4u^2} = \frac{2\sqrt{21} - 3}{5}u \quad (7)$$

Теперь найдём время движения на каждом из участков:

$$\begin{aligned} t_{AB} &= \frac{300}{V+u} = \frac{300}{3u} = 8 \text{ с}, \\ t_{CA} &= \frac{400}{\sqrt{V^2-u^2}} = \frac{400}{\sqrt{3}u} \approx 18,48 \text{ с}, \\ t_{BC} &= \frac{500}{u \cos \beta \pm \sqrt{u^2(\cos^2 \beta - 1) + V^2}} = \frac{500 \cdot 5}{(2\sqrt{21} - 3)u} \approx 32,44 \text{ с}. \end{aligned} \quad (8)$$

Время T , за которое каждая из уток вернётся в начальную точку:

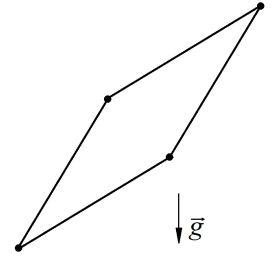
$$T = t_{AB} + t_{CA} + t_{BC} = 58,92 \text{ с} \approx 59 \text{ с}. \quad (9)$$

Ответ: 1) Утки вернутся в одно время. 2) $T = 59 \text{ с}$.

Критерии оценивания задачи 9.1. Утки в треугольнике.

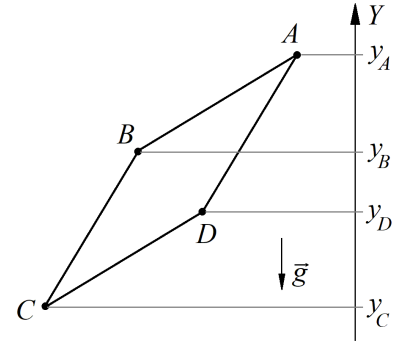
| № | Критерий | Значение | Макс. балл |
|---|---|--|------------|
| 1 | Найдена скорость движения по меньшему катету | $ \vec{V}_{AB} = V + u = 3u$ | 1 |
| 2 | Найдена скорость движения по большему катету | $V_{CA} = \sqrt{V^2 - u^2} = \sqrt{3}u$ | 2 |
| 3 | Верно записана теорема косинусов для движения по гипотенузе и определено выражения для $\cos \beta$ (по 1 баллу за каждое выражение) (или использован любой иной эквивалентный способ определения V_{BC}) | Формулы (3) и (4) | 2 |
| 4 | Получено верное выражение для скорости движения по гипотенузе с правильно выбранным знаком. | $V_{BC} = u \cos \beta + \sqrt{u^2(\cos^2 \beta - 1) + V^2} = \frac{2\sqrt{21} - 3}{5}u$ | 2 |
| 5 | Указано, что все три утки вернутся в исходные вершины одновременно. | | 1 |
| 6 | Рассчитано время T | $T \approx 59 \text{ с}$ | 2 |

Задача 9.2. Капающая реклама. На некоторой высоте над землёй закреплена рекламная конструкция, представляющая собой ромб с вершинами A , B , C и D . После дождя вода, попавшая на неё, капает с вершин конструкции (капли падают без начальной скорости). Время падения капли на землю из вершины A равно $t_A = \sqrt{5}$ с, из вершины B $t_B = \sqrt{2}$ с, из вершины C $t_C = 1$ с. Определите время падения капель из вершины D t_D . Ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с², сопротивлением воздуха пренебречь.



Решение. Разберёмся, как расположены вершины ромба. По данным условия видим, что время падения капли из вершины A больше, чем из вершины B , а из B больше, чем из C . Следовательно, вершина A расположена выше B , а B выше C . Тогда возможны три варианта. Рассмотрим каждый из них.

Вариант 1. Вершина A выше всех, а D находится выше C (см.рисунок). Проведём ось OY вертикально вверх, введём координаты вершин и запишем уравнения движения капель, падающих из них.



$$y_A = \frac{gt_A^2}{2}; \quad (1)$$

$$y_B = \frac{gt_B^2}{2}; \quad (2)$$

$$y_C = \frac{gt_C^2}{2}; \quad (3)$$

$$y_D = \frac{gt_D^2}{2}. \quad (4)$$

Так как стороны ромба AB и CD параллельны, то

$$y_A - y_B = y_D - y_C.$$

Подставив уравнения (1)–(4), получим

$$t_A^2 - t_B^2 = t_D^2 - t_C^2. \quad (5)$$

Из последнего уравнения находим время t_D

$$t_D^2 = t_A^2 - t_B^2 + t_C^2;$$

$$t_D = 2 \text{ с.}$$

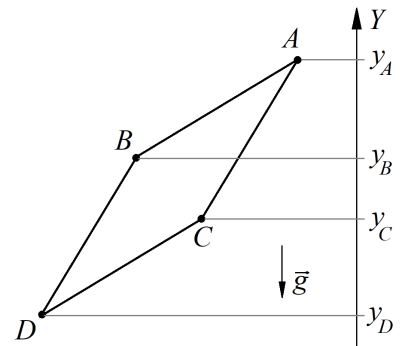
Вариант 2. Предположим, что точка D находится ниже точки C .

Уравнения движения (1) – (4) уже записаны выше, используя параллельность сторон AB и CD , запишем

$$y_A - y_B = y_C - y_D.$$

Подставив уравнения (1) – (4), получим

$$t_A^2 - t_B^2 = t_C^2 - t_D^2. \quad (6)$$



Из последнего уравнения находим время t_D

$$t_D^2 = -t_A^2 + t_B^2 + t_C^2;$$

$$t_D^2 = -5 + 2 + 1 < 0,$$

что невозможно. Вывод: этот вариант невозможен. Вершина D должна находиться выше вершины C .

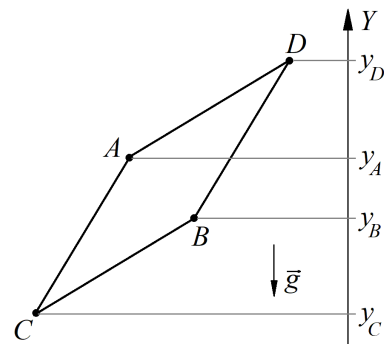
Вариант 3. Предположим, что вершина D находится выше вершины A . Расположение вершин B и C понятно из анализа времён, это уже обсуждалось выше.

Используя уравнения движения и параллельность сторон AD и BC , получим

$$y_D - y_A = y_D - y_C.$$

Подставив уравнения (1) – (4), получим

$$t_D^2 - t_A^2 = t_B^2 - t_C^2. \quad (7)$$



Из последнего уравнения находим время t_D

$$t_D^2 = t_A^2 + t_B^2 - t_C^2;$$

$$t_D^2 = 5 + 2 - 1 = 6; \quad t_D = \sqrt{6} \text{ с.}$$

Критерии оценивания задачи 9.2. Капающая реклама.

| № | Критерий | Значение | Макс. балл |
|---|--|------------------------------|----------------------|
| 1 | Записаны уравнения (1)–(4) <i>по 0,5 б. за каждое</i> | | 2 |
| 2 | Из анализа условия сделан вывод, что точка A расположена выше точки B , а точка B выше точки C | | 2 |
| 3 | Рассмотрен вариант 1: • получено уравнение (5) • получен ответ | $t_D = 2 \text{ с}$ | 2, из них: 1 1 |
| 4 | Рассмотрен вариант 2: • получено уравнение (6) • получен ответ | данный вариант невозможен | 2, из них: 1 1 |
| 5 | Рассмотрен вариант 3: • получено уравнение (7) • получен ответ | $t_D = \sqrt{6} \text{ с}$ | 2, из них: 1 1 |

Задача 9.3. Переворот. Имеется П-образная трубка с запаянными концами, в каждом колене которой находится поршень, соединённый с концом трубки пружиной (рисунок 1). Длины пружин в недеформированном состоянии одинаковы и равны l , коэффициенты жёсткости пружин k_1, k_2 неизвестны. В плече с пружиной k_1 находится столбик жидкости высотой $h_1 = 0,8 \cdot l$, в плече с пружиной k_2 — столбик той же жидкости высотой $h_2 = 0,6 \cdot l$, оставшаяся часть трубки пуста. Плотность жидкости равна ρ , площадь поперечного сечения трубки S . Вышло так, что уровень жидкости относительно концов трубки в обоих коленях одинаков и равен $h = 1,2 \cdot l$. Известно, что жидкость занимает ровно половину полного объёма трубки.

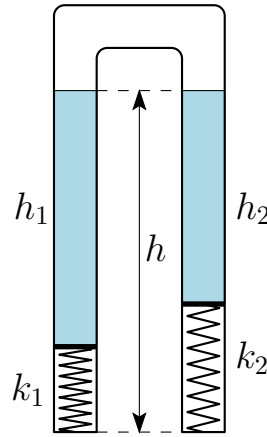


Рисунок 1

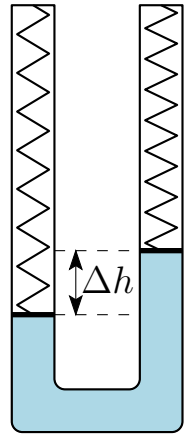


Рисунок 2

Затем трубку переворачивают (рисунок 2), при этом пружины всё ещё сжаты, зазора между поршнями и жидкостью нет.

- Определите величины коэффициентов жёсткости пружин k_1, k_2 .
- В колене с какой пружиной будет выше уровень жидкости после переворачивания трубки?
- Определите разницу уровней жидкости Δh после переворачивания трубки?

Поршни не пропускают жидкость и движутся в трубке без трения, пружины и поршни невесомы. Радиус трубки много меньше длин колен, все отрезки трубки расположены только горизонтально и вертикально. Ускорение свободного падения равно g .

Решение. Обозначим величины деформаций пружин в начальном состоянии $\Delta x_1, \Delta x_2$, в перевёрнутом — $\Delta \tilde{x}_1, \Delta \tilde{x}_2$.

Рассмотрим изначальное положение сосуда. Из условия равенства силы тяжести, действующей на столбик жидкости, и сил упругости пружины, получаем уравнения

$$\begin{cases} k_1 \Delta x_1 = h_1 S \rho g, \\ k_2 \Delta x_2 = h_2 S \rho g. \end{cases} \quad (1)$$

Уровень жидкости в сосуде складывается из длины деформированной пружины $l - \Delta x_{1,2}$ и высоты столбика жидкости $h_{1,2}$:

$$\begin{cases} h = (l - \Delta x_1) + h_1, \\ h = (l - \Delta x_2) + h_2 \end{cases} \quad (2)$$

Отсюда получаем значения деформации пружин в изначальном состоянии:

$$\begin{cases} \Delta x_1 = h_1 + l - h = 0,6l, \\ \Delta x_2 = h_2 + l - h = 0,4l. \end{cases} \quad (3)$$

и находим коэффициенты упругости:

$$\begin{cases} k_1 = \frac{h_1 S \rho g}{h_1 + l - h} = \frac{4}{3} S \rho g, \\ k_2 = \frac{h_2 S \rho g}{h_2 + l - h} = \frac{3}{2} S \rho g. \end{cases} \quad (4)$$

Коэффициент жёсткости второй пружины больше, чем первой, поэтому она будет меньше деформирована в перевёрнутом состоянии (в колене слева будет пружина с k_2 , справа — с k_1).

Теперь рассмотрим перевёрнутое положение. Используем условие, что жидкость занимает половину всего объёма трубки, т.е. суммарная длина деформированных пружин также равна половине длины трубки $h_1 + h_2$:

$$(l - \Delta\tilde{x}_1) + (l - \Delta\tilde{x}_2) = 2l - (\Delta\tilde{x}_1 + \Delta\tilde{x}_2) = h_1 + h_2. \quad (5)$$

Запишем условие равенства давлений в коленях на уровне нижнего поршня:

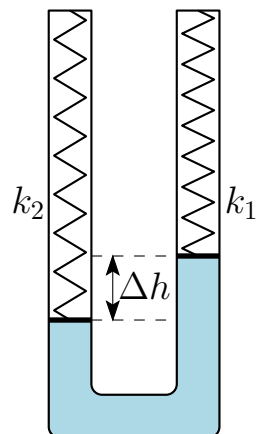
$$\frac{k_2 \Delta\tilde{x}_2}{S} = \frac{k_1 \Delta\tilde{x}_1}{S} + \rho g \Delta h. \quad (6)$$

И наконец, учтём, что разница длин деформированных пружин также равна Δh :

$$(l - \Delta\tilde{x}_2) - (l - \Delta\tilde{x}_1) = \Delta h \Rightarrow \Delta\tilde{x}_1 - \Delta\tilde{x}_2 = \Delta h. \quad (7)$$

Решая совместно уравнения (5), (6), (7), найдём Δh :

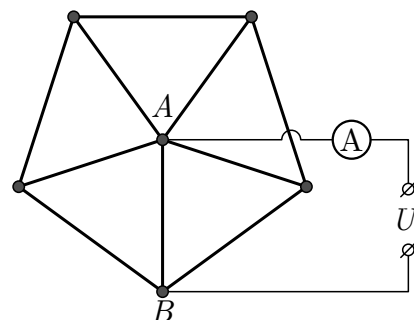
$$\Delta h = \frac{(k_2 - k_1)(2l - h_1 - h_2)}{2\rho g S + k_1 + k_2} = \frac{3l}{145}. \quad (8)$$



Критерии оценивания задачи 9.3. Переворот.

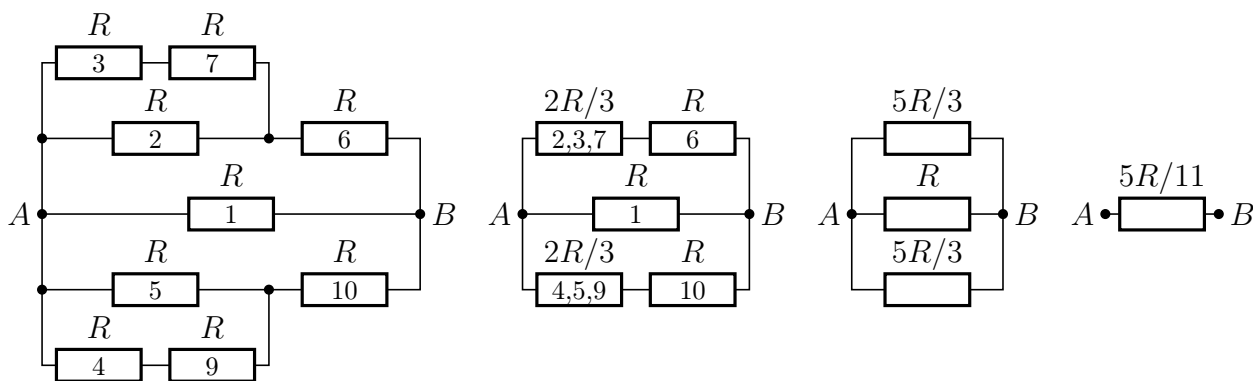
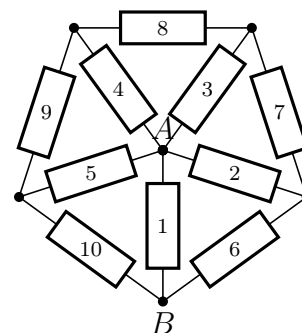
| № | Критерий | Значение | Макс. балл |
|---|---|---|------------|
| 1 | Получены уравнения равенства сил тяжести и упругости для сосудов в первом положении (по 0,5 б. за равенство). | Формула (1) | 1 |
| 2 | Записаны выражения для высот столбиков жидкости в первом положении. (по 0,5 б. за равенство) | Формула (2) | 1 |
| 3 | Найдены значения деформаций пружин в первом положении (по 0,5 б. за равенство) | Формула (3) | 1 |
| 4 | Найдены коэффициенты жёсткости пружин. (по 1 б. за коэффициент). | $k_1 = \frac{h_1 S \rho g}{h_1 + l - h} = \frac{4}{3} S \rho g,$ $k_2 = \frac{h_2 S \rho g}{h_2 + l - h} = \frac{3}{2} S \rho g.$ | 2 |
| 5 | Сделан вывод о расположении пружин после переворота | | 1 |
| 6 | Получено уравнение (5) | | 1 |
| 7 | Получено уравнение (6) | | 1 |
| 8 | Получено уравнение (7) | | 1 |
| 9 | Найдена разность уровней в перевёрнутой трубке. | $\Delta h = \frac{3l}{145}$ | 1 |

Задача 9.4. Пятиугольник. Девятиклассник Вася собрал из проволоки правильный пятиугольник, каждая вершина которого соединяется с центром A сегментом той же проволоки. Вася решил исследовать электрические свойства получившейся фигуры, для чего подключил к центру пятиугольника A и одной из его вершин B последовательно соединённые амперметр и идеальный источник питания с регулируемым напряжением U . Известно, что сопротивление каждого сегмента проволоки равно R , а предельная мощность тока, при превышении которой сегмент сразу же перегорает, составляет $P_{\text{п}}$. Качественно постройте график зависимости силы тока в цепи I , измеряемой амперметром, от напряжения источника U при его увеличении от нуля, отметьте координаты ключевых точек графика. Сопротивлением амперметра и соединительных проводов, а также температурным изменением сопротивлений сегментов пренебречь.



Решение. Если мощность тока через сегмент превысит предельную $P_{\text{п}}$, то такой сегмент перегорит и перестанет пропускать ток. Между моментами перегораний сегментов зависимость тока от напряжения источника по закону Ома будет линейной, поэтому итоговый график будет иметь кусочно-линейный вид.

Рассмотрим ситуацию при малых токах, пока ни один из участков не перегорел. Перенумеруем все участки. Заметим, что из симметрии схемы следует, что ток по участку 8 течь не будет (он соединяет точки с одинаковыми потенциалами), поэтому исключим его из дальнейшего рассмотрения.



В результате применения законов последовательного и параллельного соединений, получим, что эквивалентное сопротивление цепи

$$R_{\text{экв1}} = \frac{5}{11}R, \quad (1)$$

и сила тока I в цепи на первом этапе зависит от напряжения питания U по закону

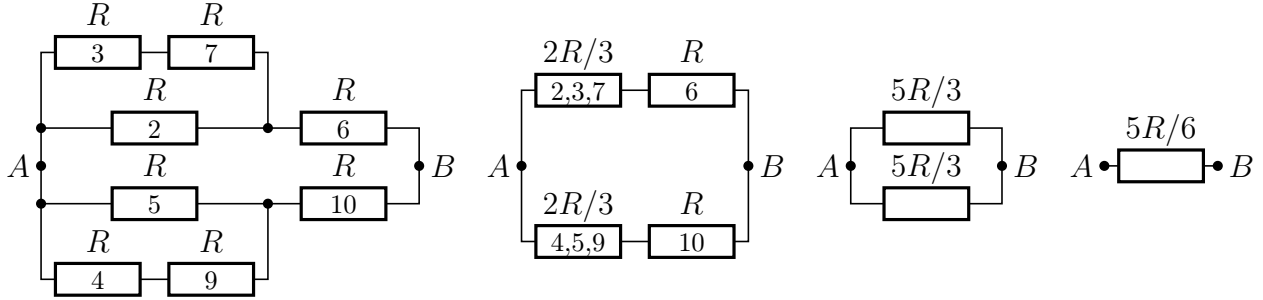
$$I = \frac{U}{R_{\text{экв1}}} = \frac{11U}{5R}. \quad (2)$$

По мере увеличения напряжения питания предельная тепловая мощность первой будет превышена на участке 1, т.к. из всех трёх ветвей эквивалентной схемы она имеет

наименьшее сопротивление. Это произойдёт при напряжении U_1 и токе I_1 :

$$P_{\text{п}} = \frac{U_1^2}{R} \Rightarrow U_1 = \sqrt{P_{\text{п}} R}, \quad I_1 = \frac{11U_1}{5R} = \frac{11}{5} \sqrt{\frac{P_{\text{п}}}{R}}. \quad (3)$$

Рассмотрим цепь с исключённым участком 1:



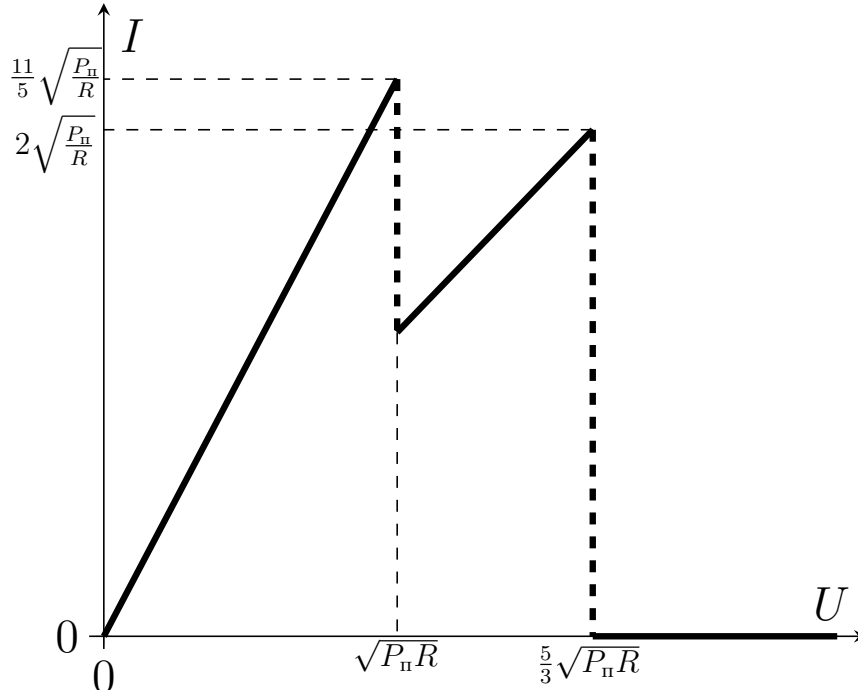
Эквивалентное сопротивление в этом случае составит $R_{\text{экв2}} = \frac{5}{6}R$, ток в цепи

$$I = \frac{6U}{5R}. \quad (4)$$

После перегорания участка 1 максимальный ток будет течь через симметричные участки 6 и 10, которые перегорят следующими, после чего цепь станет разомкнутой и ток будет равным нулю. При этом ток через эти резисторы будет составлять половину общего тока в цепи, поэтому

$$P_{\text{п}} = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{6U_2}{5R} \right)^2 R \Rightarrow U_2 = \frac{5}{3} \sqrt{P_{\text{п}} R}, \quad I_2 = \frac{6U_2}{5R} = 2 \sqrt{\frac{P_{\text{п}}}{R}}. \quad (5)$$

Изобразим график зависимости силы тока в цепи от напряжения питания:



Критерии оценивания задачи 9.4. Пятиугольник.

| № | Критерий | Значение | Макс. балл |
|---|--|---|------------|
| 1 | Указание на то, что при превышении предельной мощности участок цепи перегорает и исключается из цепи (<i>явно написано либо используется в решении</i>) | | 1 |
| 2 | Выражена зависимость силы тока в цепи от напряжения питания до перегорания первого сегмента (<i>участник мог использовать метод эквивалентных сопротивлений или любой иной корректный метод</i>) | $I = \frac{11U}{5R}$ | 2 |
| 3 | Установлены значения напряжения и тока, соответствующие перегоранию первого сегмента (<i>по 1 баллу за каждое</i>) | $U_1 = \sqrt{P_{\pi}R},$ $I_1 = \frac{11}{5} \sqrt{\frac{P_{\pi}}{R}}$ | 2 |
| 4 | Выражена зависимость силы тока в цепи от напряжения питания до перегорания шестого и десятого сегментов | $I = \frac{6U}{5R}$ | 2 |
| 5 | Установлены значения напряжения и тока, соответствующие шестого и десятого сегментов (<i>по 1 баллу за каждое</i>) | $U_2 = \frac{5}{3} \sqrt{P_{\pi}R},$ $I_2 = 2 \sqrt{\frac{P_{\pi}}{R}}$ | 2 |
| 6 | Корректно построен качественный график $I(U)$: график имеет три линейных участка, последний участок совпадает с осью U , отмечены координаты точек разрыва | | 1 |

Задача 9.5. Лёд и вода. Девятиклассник исследовал тепловые явления в школьной лаборатории. У него был калориметр, содержащий смесь воды и льда с неизвестными массам $m_{\text{в}}$ и $m_{\text{л}}$ при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Девятиклассник добавлял в калориметр воду с постоянной температурой $t_1 = 25^\circ\text{C}$, дожидаясь теплового равновесия и записывал зависимость установившейся в калориметре температуры t от общей массы M добавленной воды. Результаты измерений приведены в таблице.

| | | | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| $M, \text{ г}$ | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
| $t, ^\circ\text{C}$ | 0,0 | 2,9 | 6,3 | 8,8 | 10,7 | 12,2 |

- 1) Определите формулу для установившейся температуры t в калориметре и перепишите её в виде $y = m_{\text{л}} + m_{\text{в}}x$. Запишите формулы для величин x и y .
- 2) Постройте график зависимости $y(x)$ на имеющемся листе с сеткой и графически определите массу льда $m_{\text{л}}$ и воды $m_{\text{в}}$.
- 3) Определите максимальную массу воды M_{max} с температурой t_1 , при добавлении которой в калориметре сохранилась бы температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ Дж/г}$, удельная теплоёмкость воды $c = 4,2 \text{ Дж}/(^\circ\text{C} \cdot \text{г})$. Теплоёмкостью калориметра и тепловыми потерями пренебречь.

Решение. Запишем уравнение теплового баланса после добавления воды массой M в калориметр и достижения равновесной температуры $t > 0$:

$$\lambda m_{\text{л}} + c(m_{\text{в}} + m_{\text{л}})(t - 0) + cM(t - t_1) = 0. \quad (1)$$

Раскроем скобки и сгруппируем слагаемые:

$$(\lambda + ct)m_{\text{л}} + cm_{\text{в}}t + cM(t - t_1) = 0. \quad (2)$$

Разделим уравнение на $(\lambda + ct)$:

$$m_{\text{л}} + \frac{ct}{\lambda + ct} \cdot m_{\text{в}} + \frac{cM(t - t_1)}{\lambda + ct} = 0. \quad (3)$$

$$m_{\text{л}} + \frac{ct}{\lambda + ct} \cdot m_{\text{в}} = \frac{cM(t_1 - t)}{\lambda + ct}. \quad (4)$$

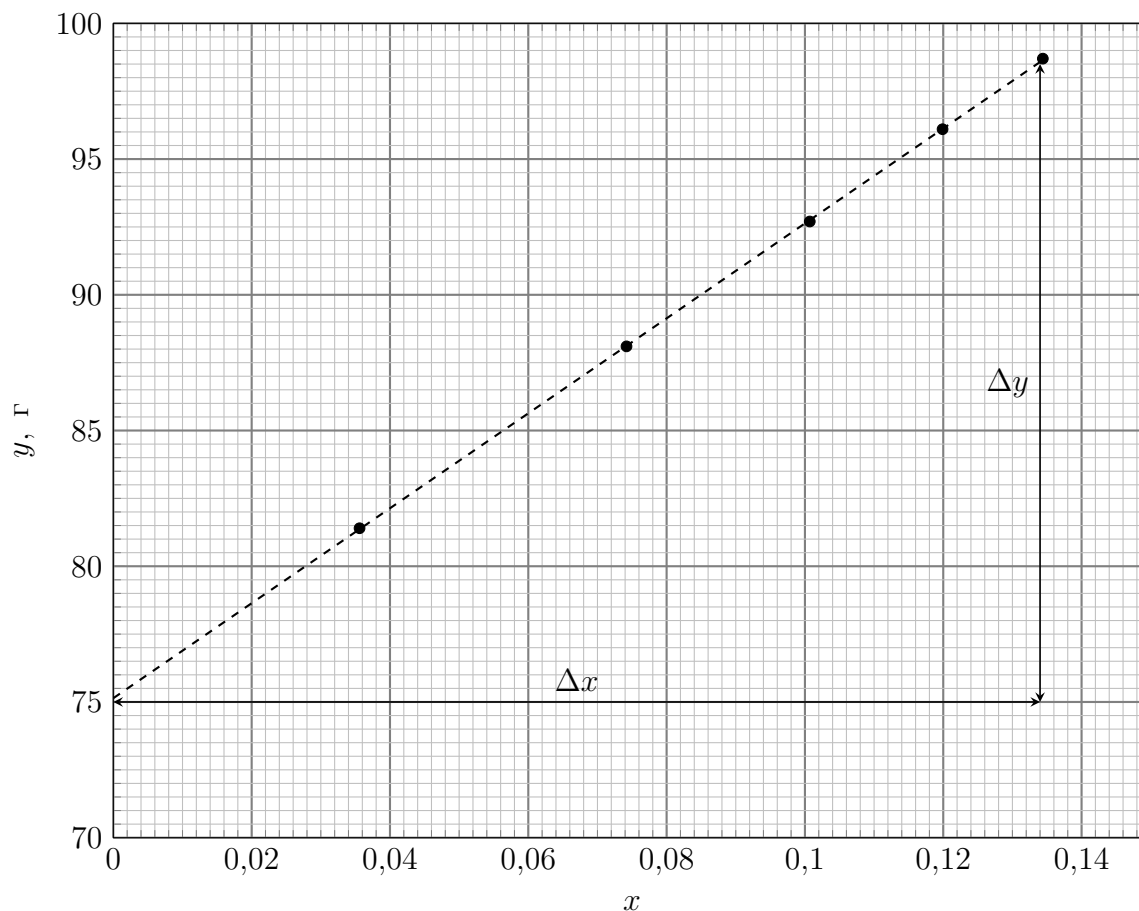
Последнее уравнение можно записать как $y = m_{\text{л}} + m_{\text{в}}x$, где

$$x = \frac{ct}{\lambda + ct}, y = \frac{cM(t_1 - t)}{\lambda + ct}. \quad (5)$$

График зависимости $y(x)$ будет иметь вид прямой линии (а выполненная нами процедура называется линеаризация), $m_{\text{в}}$ можно найти по угловому коэффициенту прямой, $m_{\text{л}}$ — по точке пересечения прямой с осью Oy . Рассчитаем значения x и y и занесём их в таблицу. Учтём, что при $M = 200 \text{ г}$ установившаяся температура 0°C , и лёд мог расплавиться не полностью и уравнение теплового баланса не будет соответствовать уравнению (1), поэтому исключим точку $M = 200 \text{ г}$.

| | | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $M, \text{ г}$ | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
| $t, ^\circ\text{C}$ | 2,9 | 6,3 | 8,8 | 10,7 | 12,2 |
| x | 0,0356 | 0,0742 | 0,1007 | 0,1199 | 0,1344 |
| $y, \text{ г}$ | 81,4 | 88,1 | 92,7 | 96,1 | 98,7 |

Построим график $y(x)$ и проведём прямую.



По точке пересечения графика с осью Oy определяем исходную массу льда

$$m_{\text{л}} = 75 \text{ г.} \quad (6)$$

Коэффициент наклона прямой позволяет определить исходную массу воды в калориметре

$$m_{\text{в}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(98,5 - 75) \text{ г}}{0,134 - 0} = 175,4 \text{ г} \approx 175 \text{ г.} \quad (7)$$

Максимальная масса M_{max} для того, чтобы в калориметре сохранилась температура $t = 0^\circ\text{C}$ может быть найдена из уравнения теплового баланса при условии полного таяния льда:

$$\lambda m_{\text{л}} + c M_{\text{max}}(0 - t_1) = 0. \quad (8)$$

$$M_{\text{max}} = \frac{\lambda m_{\text{л}}}{c t_1} \approx 236 \text{ г.} \quad (9)$$

Критерии оценивания задачи 9.5 Лёд и вода.

| № | Критерий | Значение | Макс. балл |
|---|---|---------------------------|---|
| 1 | Корректно записано уравнение теплового баланса. | Формула (1) | 1 |
| 2 | Получена линеаризованная форма уравнения, записаны формулы для x, y . | Формулы (4), (5) | 2 |
| 3 | Корректно рассчитаны значения x, y (таблица или список значений). | | 1 |
| 4 | Точка для $M = 200$ г явно исключена из расчётов или в дальнейшем не используется при проведении прямой. | | 1 |
| 5 | Построен график функции $y(x)$, что включает в себя: <ul style="list-style-type: none"> • подписаны оси, • поставлены точки, • выбран подходящий масштаб, чтобы график занимал большую часть места на листе, • проведена прямая. | | 2, из них 0,5 0,5 0,5 0,5 |
| 6 | Определена масса льда в калориметре с точностью не хуже ± 2 г | $m_{\text{л}} = 75$ г | 1 |
| 7 | Определена начальная масса воды в калориметре с точностью не хуже ± 5 г | $m_{\text{в}} = 175$ г. | 1 |
| 8 | Определена максимальная масса воды, которую можно добавить в калориметр, чтобы температура в нём не превышала 0°C , с точностью не хуже ± 5 г | $M_{\text{max}} = 236$ г. | 1 |