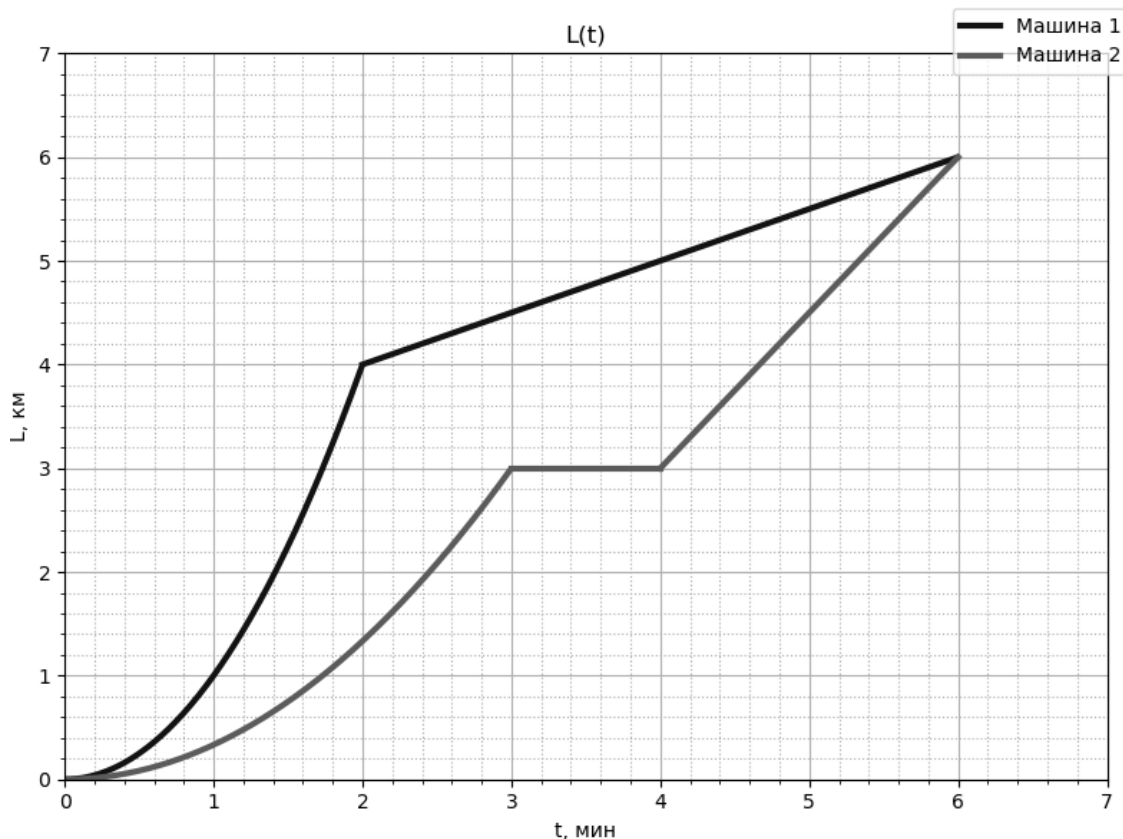


МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

9 класс
Вариант 1

Задача 1

Две машины одновременно выезжают из одной точки и едут по прямой наперегонки дистанцию в 6 км. График зависимости пройденного ими расстояния от времени представлен на рисунке (машина 1 - верхний график, машина 2 - нижний график).



Дайте ответ на следующие вопросы:

- 1) С каким отставанием по времени машины прошли отметку в 2 км?
- 2) Какое расстояние между машинами на 4 мин 24 сек гонки?
- 3) Какая машина развила наибольшую скорость во время гонки? В какой момент?
- 4) Какова относительная скорость машин в период с 4 мин по 6 мин?
- 5) Нарисуйте блок-схему программы, находящей относительную скорость машин по значениям пройденного расстояния и времени в начале и в конце участка.

Входные данные:

L_{10} - значение расстояния, пройденного машиной 1 к моменту времени t_0 ;

L_1 - значение расстояния, пройденного машиной 1 к моменту времени t ;

L_{20} - значение расстояния, пройденного машиной 2 к моменту времени t_0 ;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

L_2 - значение расстояния, пройденного машиной 2 к моменту времени t ;

t_0 - начальный момент времени;

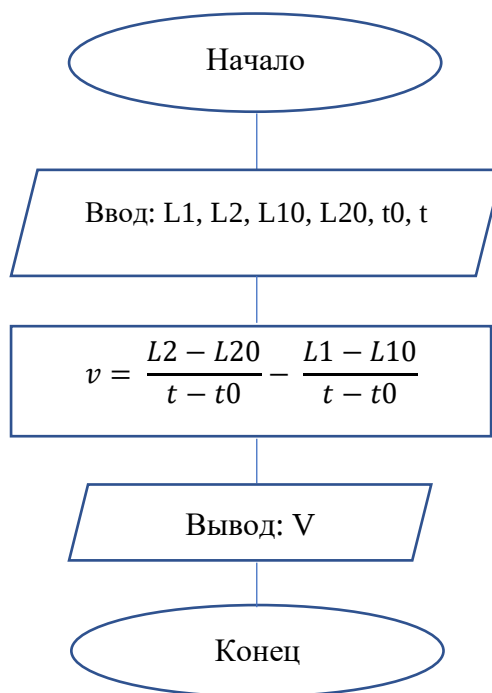
t - конечный момент времени;

Выходные данные:

v - относительная скорость машин

Решение задачи №1:

1. По графику определяем моменты времени, когда каждая из машин прошла 2 км. Для первой это 1 мин 24 сек, для второй – 2 минуты 24 сек. Отсюда отставание равно 1 мин.
2. Найдем, какое расстояние прошла каждая машина к моменту времени 4 мин 24 сек (4.4 минуты). Для первой машины – 5.2 км, для второй – 3.6 км. Отсюда расстояние между машинами в этот момент времени равно 1.6 км
3. Скорость тела можно определить по углу наклона касательной к графику зависимости расстояния от времени. Чем более касательная близка к вертикали – тем выше скорость. Отсюда можно понять, что в момент 2 минуты скорость первой машины максимальна (и больше максимальной скорости второй машины).
4. Скорости машин на последнем участке определим как путь на втором участке, деленный на длительность второго участка. По графику: у первой машины это 2 км за 4 мин. Отсюда скорость равна $2\text{ км} / 4\text{ мин} = 0.5\text{ км/мин} = 30\text{ км/час}$. У второй машины: 3 км за 2 минуты, то есть $1.5\text{ км/мин} = 90\text{ км/час}$. Машины движутся в одну сторону, поэтому их относительная скорость равна разности их скоростей, то есть 60 км/ч.
5. Требуемая блок-схема может выглядеть следующим образом:



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 2

Все тела при движении в жидкости с *ненулевой* постоянной скоростью испытывают действие силы сопротивления. Но если тело начинает ускоряться в жидкости, то оно испытывает дополнительное сопротивление (сверх того, что уже имелось), обусловленное действием так называемой силы присоединенной массы жидкости. Физический смысл этой силы состоит в том, что тело при ускорении вынуждено дополнительно разогнать и некий окружающий его слой жидкости, что требует дополнительных энергетических затрат. В результате, к телу как-бы «прилипает» дополнительная масса жидкости, движущаяся с таким же ускорением, как и тело.

В опыте по наблюдению гравитационного осаждения сферы массой 2 г в воде была измерена скорость движения тела, представленная на рисунке 1. Используя этот рисунок, определите присоединенную массу жидкости в момент начала ее падения. Принять плотность материала шарика равным 2450 кг/м³, воды – 998 кг/м³. Ответ дать в граммах, округлив до двух значащих цифр после запятой.

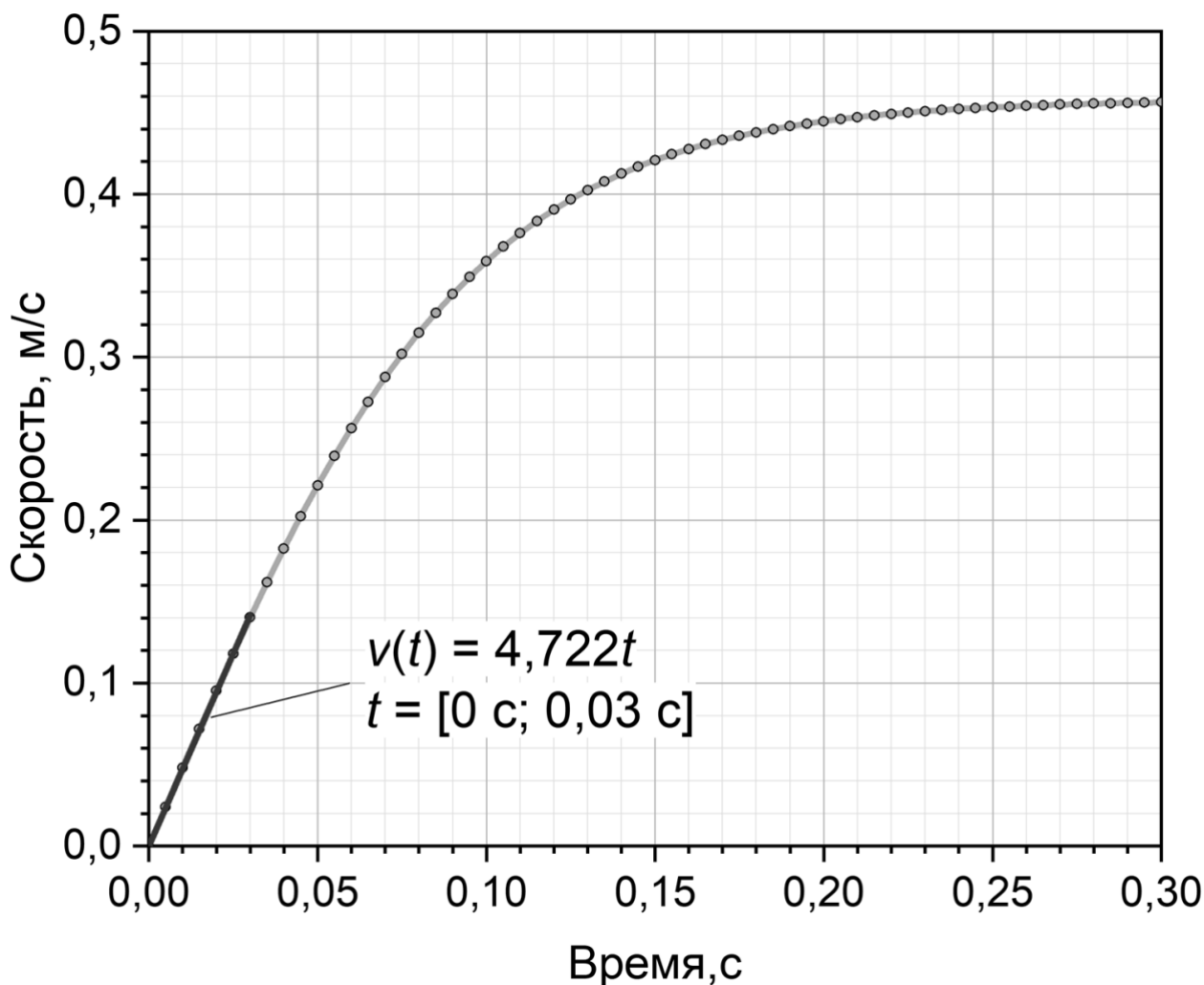


Рисунок 1 – Динамика изменения скорости шарика при его падении в жидкости

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Решение задачи №2:

Как показывают реальные опыты, график изменения скорости на начальном временном интервале можно с высокой степенью приближения описать линейной зависимостью, выходящей из начала координат «скорость-время». Ускорение в таком случае определяется коэффициентом при времени. В данном случае оно составило $4,722 \text{ м/с}^2$. Если обратить внимание на выделенное курсором слово «ненулевой» в первом предложении, то можно понять, что в момент начала движения на шарик не действует сила сопротивления, но есть сила присоединенной массы. Кроме нее, силы тяжести и силы Архимеда другие силы не действуют. В результате, с учетом описания сущности силы присоединенной массы, участники записывают уравнение динамики в виде (1):

$$(m_{\text{шар}} + m_{\text{прис жидк}})a = m_{\text{шар}}g - \rho_{\text{ж}}gV \quad (1)$$

Решение этого уравнения записывается в виде (2):

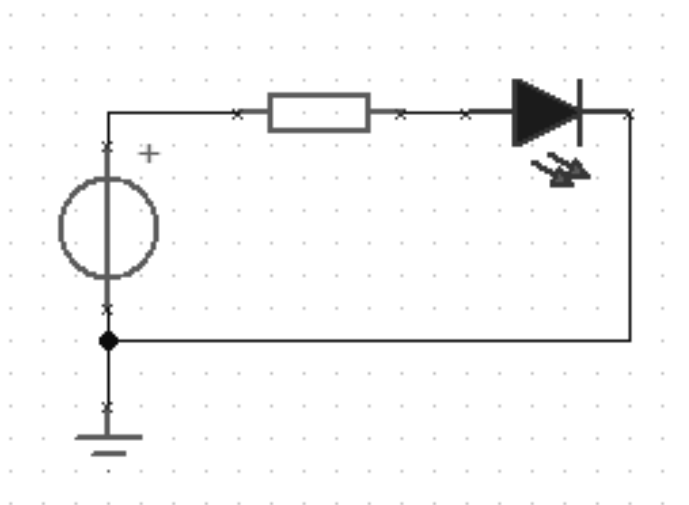
$$\begin{aligned} m_{\text{прис жидк}} &= \frac{m_{\text{шар}}g - \rho_{\text{ж}}gV}{a} - m_{\text{шар}} = \frac{0,002 \cdot 9,81 - 998 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,002}{2450}\right)}{4,722} - 0,002 \\ &= 0,000462 \text{ кг} = 0,46 \text{ г} \end{aligned} \quad (2)$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

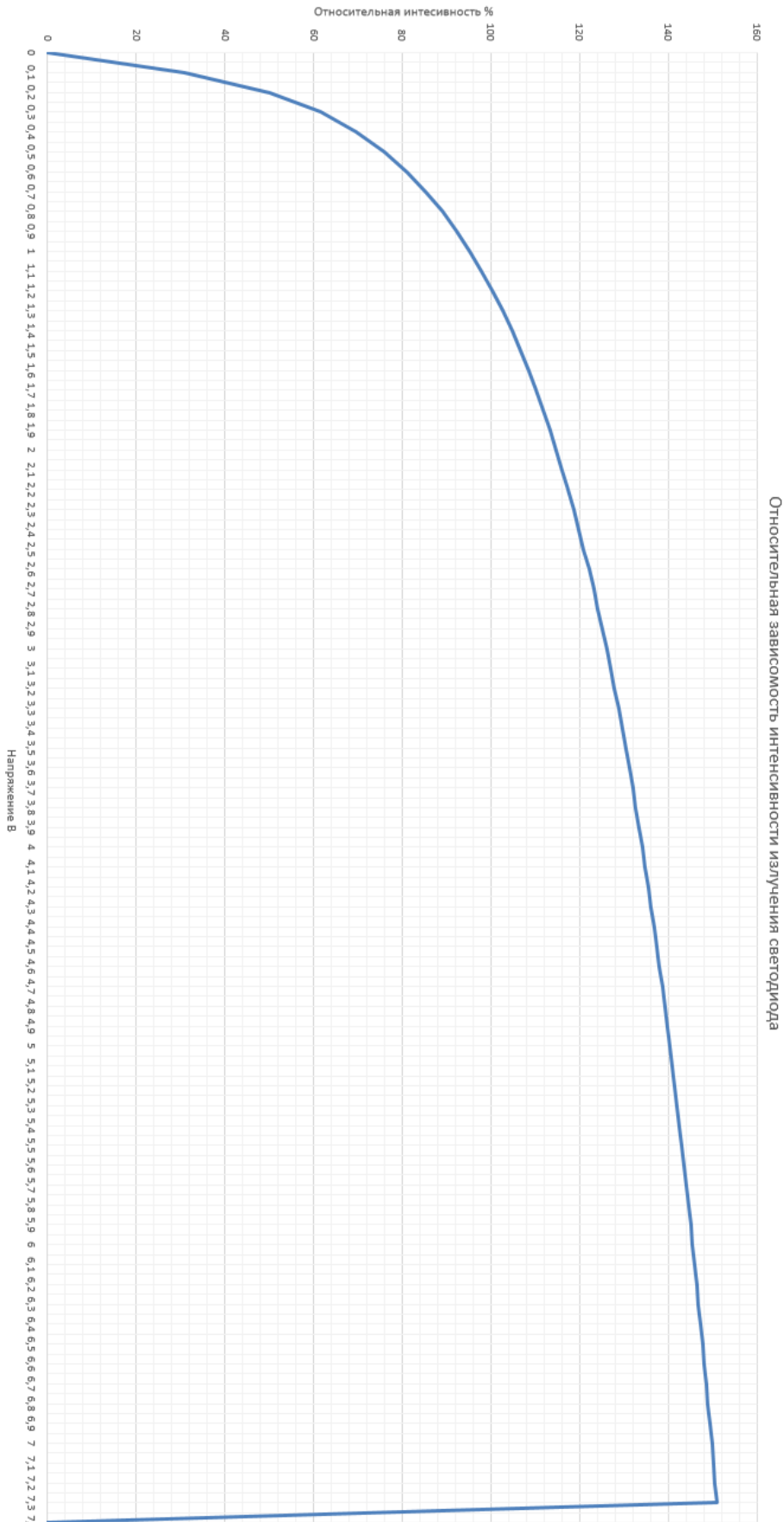
Задача 3

Вам предоставлена для исследования некоторая электрическая схема, показанная на рисунке. Изучив схему, дайте ответы на следующие вопросы:

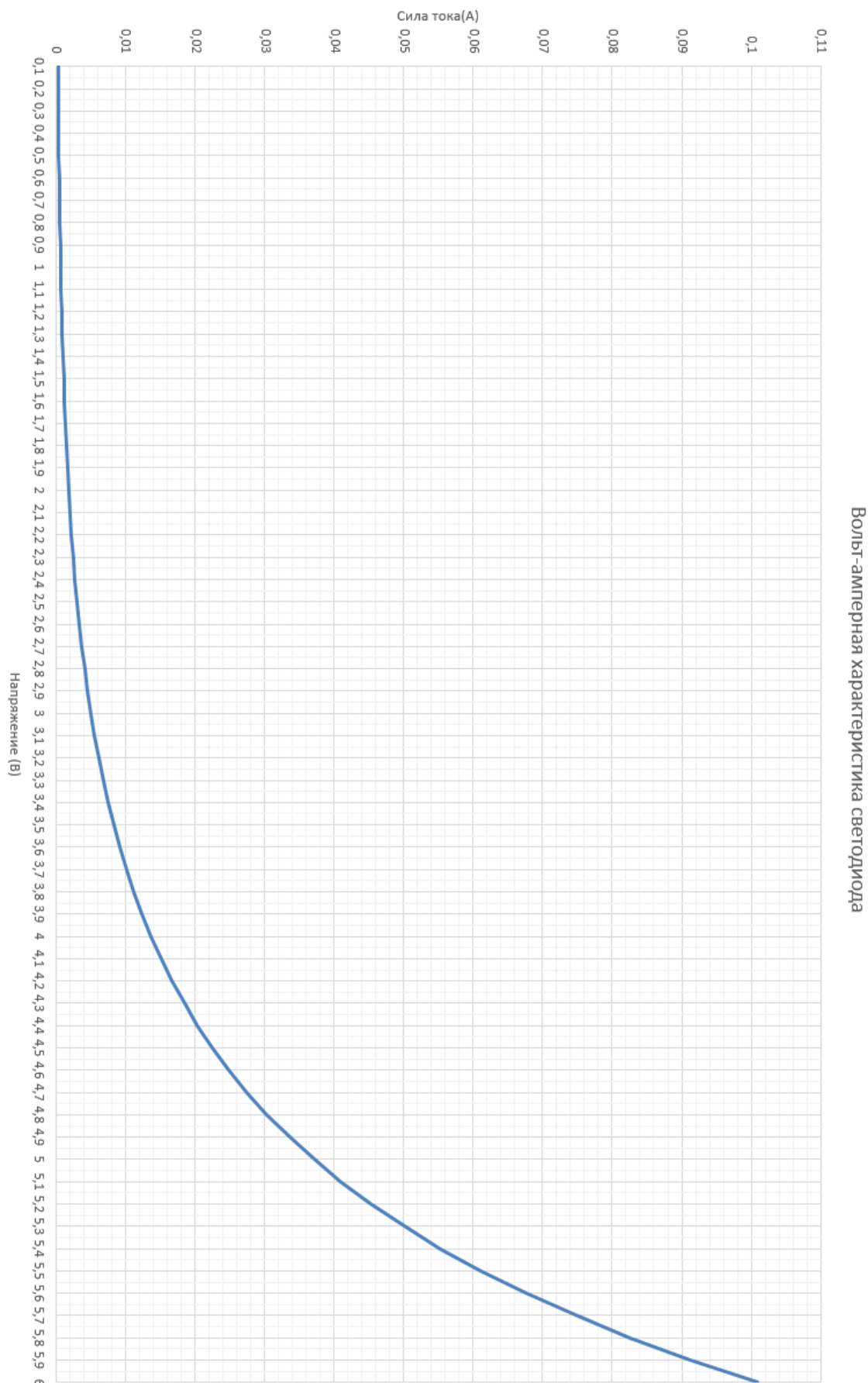
- 1) Что такое светодиод?
- 2) Чем идеальный источник напряжения отличается от реального?
- 3) Рассчитайте номинал сопротивления и рассеиваемую мощность резистора на данной схеме, на основании графиков зависимости интенсивности излучения светодиода и его вольтамперной характеристики при мощности работы светодиода на 124%. Источник напряжения 6 В.



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

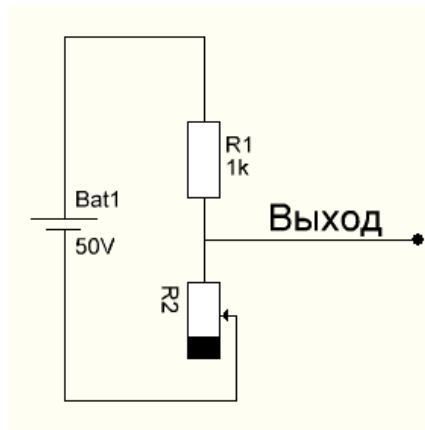


МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

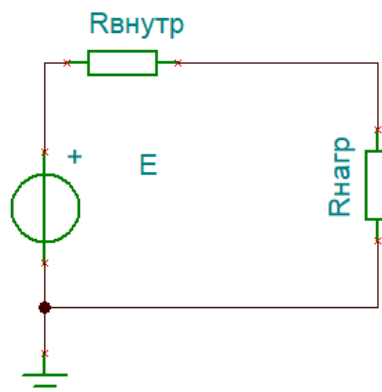


МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

4) Рассчитайте минимальное значение напряжения на выходе схемы при диапазоне потенциометра от 1500 Ом до 4700 Ом. Считайте, что сопротивление $R_{\text{вых}} \rightarrow \infty$.



5) Постройте вольт-амперную характеристику реального источника напряжения при изменении нагрузки, если известно $E = 10\text{В}$, $R_{\text{внутр}} = 1000\text{Ом}$.



Решение задачи №3:

1. Светодиод — это полупроводниковый прибор, с открытым р–п переходом, в котором процесс рекомбинации сопровождается выделением фотонов (излучением света), вызванного перехода электронов с одного энергетического уровня на другой. Обычно такое излучение бывает резонансным и лежит в узкой полосе частот. Длина волны излучения (его цвета) зависит от полупроводникового материала, из которого изготовлен светодиод. Данный ответ является лишь примером, Принимаются ответы, раскрывающие общую суть вопроса.

2. В идеальном источнике напряжения отсутствует внутреннее сопротивление, в результате чего вольтамперная характеристика выглядит в виде прямой линии параллельной оси силы тока.

3. Исследуя график зависимости интенсивности излучения светодиода, рабочее напряжение светодиода $U_{\text{свет}} = 2.8\text{В}$. Исследуя график зависимости ВАХ определяем рабочий ток $I_{\text{свет}} = 0.004\text{А}$.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

На основании последовательного соединения:

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{свет}} + U_R$$

$$I_{\text{общ}} = I_{\text{свет}} = I_R$$

Тогда:

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_{\text{общ}} - U_{\text{свет}}}{I_{\text{свет}}} = 8000 \text{ м}$$

Мощность, выделяемая на резисторе равна:

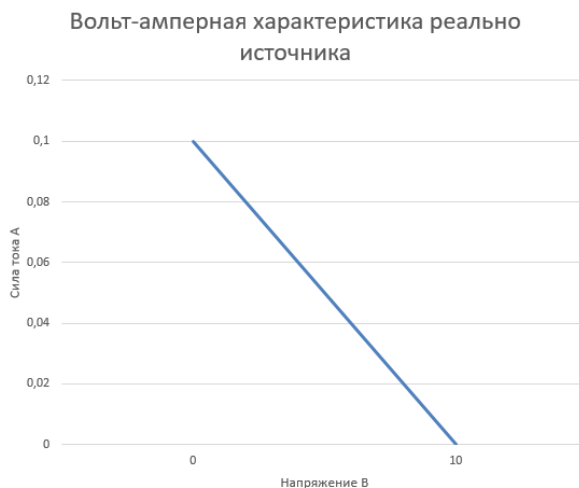
$$P = I_R * U_R = I_{\text{свет}} * (U_{\text{общ}} - U_{\text{свет}}) = 0,0128 \text{ Вт}$$

4. Т.к. $R_{\text{вых}} \rightarrow \infty$ тогда эту схему можно считать эквивалентной схеме делителя напряжения, при котором ток, стремящийся к выходу, тоже стремится к нулю. Тогда на основании формулы:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{общ}} * R_2}{R_1 + R_2}$$

По данной формуле видно, что при минимальном значении R_2 мы получим минимальное значение $U_{\text{общ}} = 30 \text{ В}$.

5. При сопротивлении $R_{\text{нагр}} = 0$ мы получим силу тока короткого замыкания $I_{\text{кз}} = 0,1 \text{ А}$, При $R_{\text{нагр}} \rightarrow \infty$ мы получим напряжение холостого хода $U_{\text{хх}} = 10 \text{ В}$. На основании этих двух точек уже можно построить график зависимости:



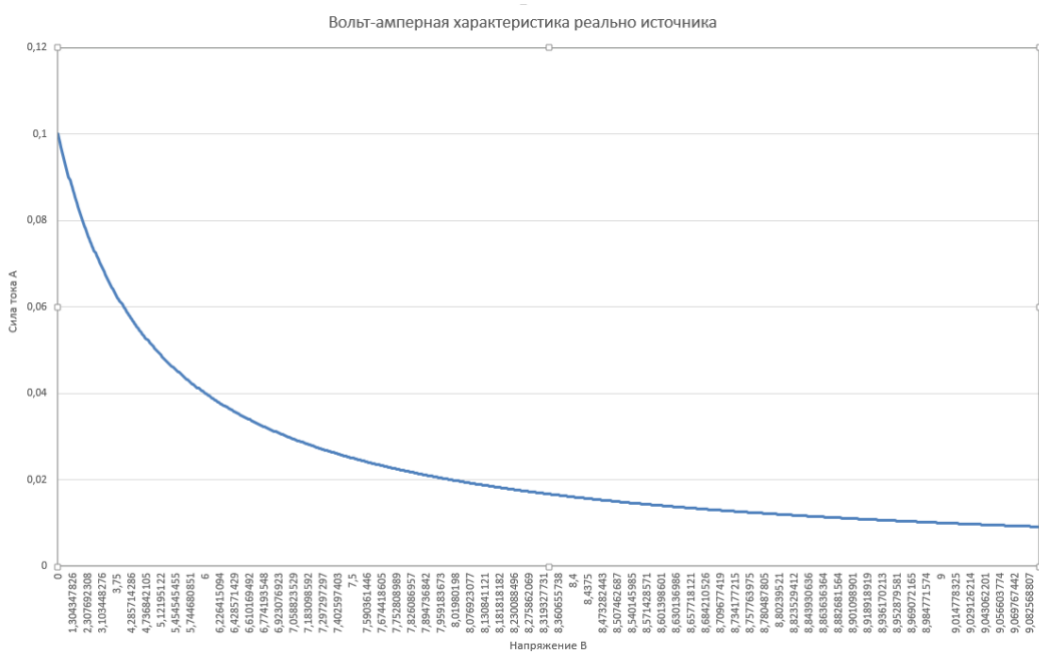
Для подтверждения этого графика можно рассчитать падение напряжения на $R_{\text{нагр}}$ и протекающую силу тока через него с помощью формулы делителя напряжения:

$$U_{\text{нагр}} = \frac{U_{\text{общ}} * R_{\text{нагр}}}{R_{\text{внутр}} + R_{\text{нагр}}}$$

$$I = \frac{U_{\text{нагр}}}{R_{\text{нагр}}}$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

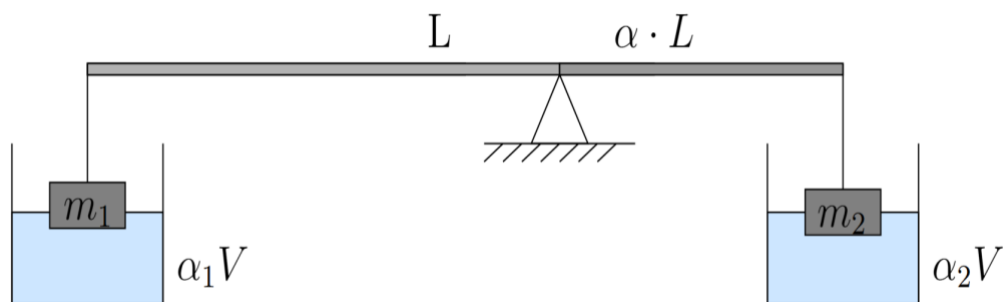
Подставив множества значений получаем:



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 4

Два груза одинакового объема V и массами m_1 и m_2 погружены в сосуды с водой на α_1 и α_2 своего объема соответственно. Грузы привязаны нитями к краям невесомого рычага длиной $(\alpha + 1)L$, а точка опоры рычага находится на расстоянии L от левого края.



Система находится в равновесии. Найдите объем V грузов, если

1) $\alpha_1 = \frac{3}{5}$, $\alpha_2 = \frac{1}{5}$

2) $\alpha = 2$

3) $m_1 = 4$ кг

4) $m_2 = 1$ кг

Плотность воды $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Решение задачи №4:

Запишем 2 закон Ньютона для обоих тел, а также правило моментов для рычага:

$$m_1 g = \rho g \alpha_1 V + T_1$$

$$m_2 g = \rho g \alpha_2 V + T_2$$

$$T_1 L = T_2 \alpha L$$

Выражая T_1 и T_2 из двух уравнений и подставляя в третье, получим выражение для V :

$$V = \frac{m_1 - \alpha m_2}{(\alpha_1 - \alpha \alpha_2) \rho}$$

Подстановка данных дает ответ: $V = 10$ л

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 5

Решая школьные задачи, чаще всего мы не задумываемся о точности определения нашего результата. Сколько знаков после запятой при вычислении «столбиком» мы можем получить? А сколько знаков после запятой записывать, получая значение на калькуляторе? Более того, если задуматься глубже, то мы вообще не можем предсказать, какая будет точность нашего решения. Такой подход совершенно не допустим в современной теоретической физике, основанной на сложных вычислениях, чаще выполняемых с помощью компьютера. Однако этот факт даёт нам возможность получить решение какого-либо физического уравнения с заданной точностью. Одним из простейших методов, позволяющих это сделать, является метод простых итераций. Для лучшего его понимания рассмотрим систему, в которой жидкость совершает движение по трубе с известными параметрами. Определим этим методом скорость потока жидкости в трубе с учетом трения. Жидкость течёт по горизонтальной трубе длиной L и диаметром D . Перепад давления на концах трубы равен ΔP . Скорость потока v зависит от трения о стенки трубы, которое описывается уравнением Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

В этом уравнении f - коэффициент трения в трубе, зависящий от шероховатости трубы, а также от значения числа Рейнольдса, определяющего характер движения жидкости в трубе. Значение коэффициента трения может быть вычислено по следующей формуле:

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, Re = \frac{\rho v D}{\eta}$$

Суть метода простых итераций заключается в последовательном расчёте значения величины, и сравнения его с некоторым заданным числом, определяющим точность получения результата. В случае, если точность не соответствует заданной, значение меняется на более точное и вычисление повторяется. Таким образом, можно получить значение величины с заданной точностью. Исходя из приведённого описания:

- 1) Определите скорость потока жидкости (воды) для горизонтальной трубы длиной 5 м и диаметром 0,01 м. Перепад давления на концах трубы равен 5000 Па.
- 2) Напишите программу в формате псевдокода, реализующую программу по расчёту значения скорости методом простых итераций. Пример программы для расчёта суммы двух чисел в виде псевдокода приведён ниже:

1	алг СУММА
2	нач
3	A=0;
4	B=0;
5	V=0;
6	ввод (A);
7	ввод (B);
8	V = A + B;
9	вывод (‘Значение V равно’, V);
10	кон алг СУММА

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Решение задачи №5:

Решая систему уравнений, данных в условии, получим итоговую формулу для v :

$$v = \left(\frac{2\Delta p}{0.3164 * 0.002^{0.25}} * \frac{D^{1.75}}{L * \rho^{0.75}} \right)^{1/1.75}$$

Числовое значение после подстановки данных: $v = 0.53$ м/с

Псевдокод

алг СКОРОСТЬ_ЖИДКОСТИ

нач

$v = 1.0$;

$L = 5.0$;

$D = 0.01$;

$\rho = 1000.0$;

$\Delta P = 5000.0$;

точность = 0.00001;

разность = 1.0;

пока разность > точность

$Re = (\rho * v * D) / 0.002$;

$f = 0.3164 / Re^{0.25}$

$v_новое = \sqrt{(2 * \Delta P * D) / (f * L * \rho)}$;

разность = $|v_новое - v|$;

$v = v_новое$;

все

вывод("Скорость потока:", v);

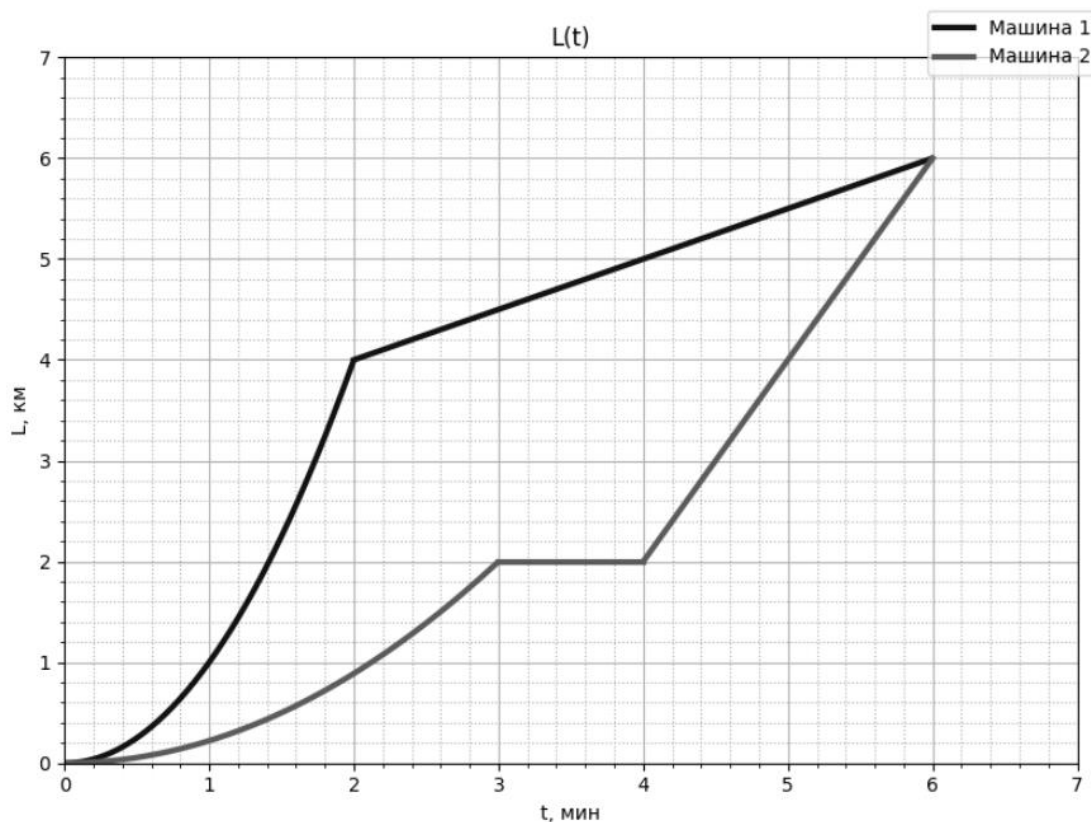
кон алг СКОРОСТЬ_ЖИДКОСТИ

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

9 класс
Вариант 2

Задача 1

Две машины одновременно выезжают из одной точки и едут по прямой наперегонки дистанцию в 6 км. График зависимости пройденного ими расстояния от времени представлен на рисунке (машина 1 - верхний график, машина 2 - нижний график).



Дайте ответ на следующие вопросы:

- 1) С каким отставанием по времени машины прошли отметку в 4 км?
- 2) Какое расстояние между машинами на 4 мин гонки?
- 3) Какая машина развила наибольшую скорость во время гонки? В какой момент?
- 4) Какова относительная скорость машин в период с 4 мин по 6 мин?
- 5) Нарисуйте блок-схему программы, находящей относительную скорость машин по значениям пройденного расстояния и времени в начале и в конце участка.

Входные данные:

L_{10} - значение расстояния, пройденного машиной 1 к моменту времени t_0 ;

L_1 - значение расстояния, пройденного машиной 1 к моменту времени t ;

L_{20} - значение расстояния, пройденного машиной 2 к моменту времени t_0 ;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

L_2 - значение расстояния, пройденного машиной 2 к моменту времени t ;

t_0 - начальный момент времени;

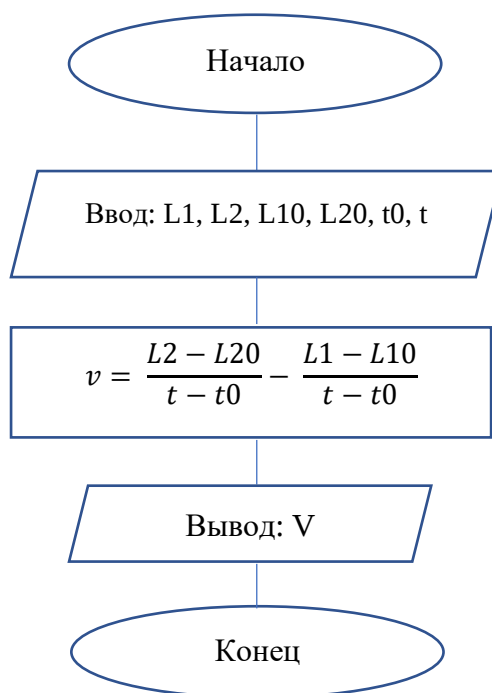
t - конечный момент времени;

Выходные данные:

v - относительная скорость машин

Решение задачи №1:

1. По графику определяем моменты времени, когда каждая из машин прошла 4 км. Для первой это 2 мин, для второй – 5 минут. Отсюда отставание равно 3 мин.
2. Найдем, какое расстояние прошла каждая машина к моменту времени 4 мин. Для первой машины – 5 км, для второй – 2 км. Отсюда расстояние между машинами в этот момент времени равно 3 км
3. Скорость тела можно определить по углу наклона касательной к графику зависимости расстояния от времени. Чем более касательная близка к вертикали – тем выше скорость. Отсюда можно понять, что в момент 2 минуты скорость первой машины максимальна (и больше максимальной скорости второй машины).
4. Скорости машин на последнем участке определим как путь на втором участке, деленный на длительность второго участка. По графику: у первой машины это 2 км за 4 мин. Отсюда скорость равна $2\text{ км} / 4\text{ мин} = 0.5\text{ км/мин} = 30\text{ км/час}$. У второй машины: 4 км за 2 минуты, то есть $2\text{ км/мин} = 120\text{ км/час}$. Машины движутся в одну сторону, поэтому их относительная скорость равна разности их скоростей, то есть 90 км/ч.
5. Требуемая блок-схема может выглядеть следующим образом:



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 2

Все тела при движении в жидкости с *ненулевой* постоянной скоростью испытывают действие силы сопротивления. Но если тело начинает ускоряться в жидкости, то оно испытывает дополнительное сопротивление (сверх того, что уже имелось), обусловленное действием так называемой силы присоединенной массы жидкости. Физический смысл этой силы состоит в том, что тело при ускорении вынуждено дополнительно разогнать и некий окружающий его слой жидкости, что требует дополнительных энергетических затрат. В результате, к телу как-бы «прилипает» дополнительная масса жидкости, движущаяся с таким же ускорением, как и тело.

В опыте по наблюдению гравитационного осаждения сферы массой 3 г в водно-глицериновом растворе была измерена скорость движения тела, представленная на рисунке 1. Используя этот рисунок, определите присоединенную массу жидкости в момент начала ее падения. Принять плотность материала шарика равным 7570 кг/м^3 , жидкости – 1150 кг/м^3 . Ответ дать в граммах, округлив до двух значащих цифр после запятой.

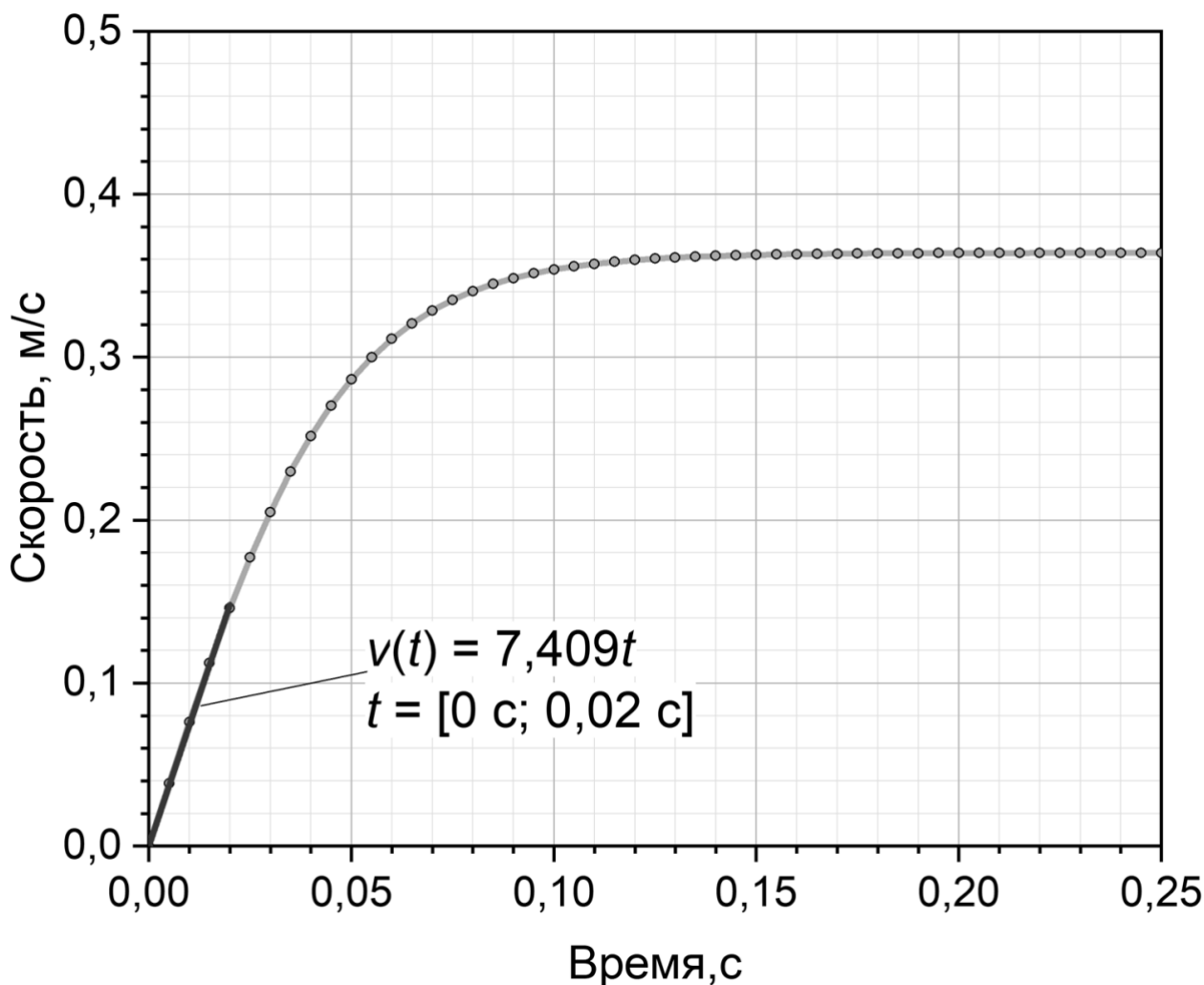


Рисунок 1 – Динамика изменения скорости шарика при его падении в жидкости

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Решение задачи №2:

Как показывают реальные опыты, график изменения скорости на начальном временном интервале можно с высокой степенью приближения описать линейной зависимостью, выходящей из начала координат «скорость-время». Ускорение в таком случае определяется коэффициентом при времени. В данном случае оно составило $4,722 \text{ м/с}^2$. Если обратить внимание на выделенное курсором слово «ненулевой» в первом предложении, то можно понять, что в момент начала движения на шарик не действует сила сопротивления, но есть сила присоединенной массы. Кроме нее, силы тяжести и силы Архимеда другие силы не действуют. В результате, с учетом описания сущности силы присоединенной массы, участники записывают уравнение динамики в виде (1):

$$(m_{\text{шар}} + m_{\text{прис жидк}})a = m_{\text{шар}}g - \rho_{\text{ж}}gV \quad (1)$$

Решение этого уравнения записывается в виде (2):

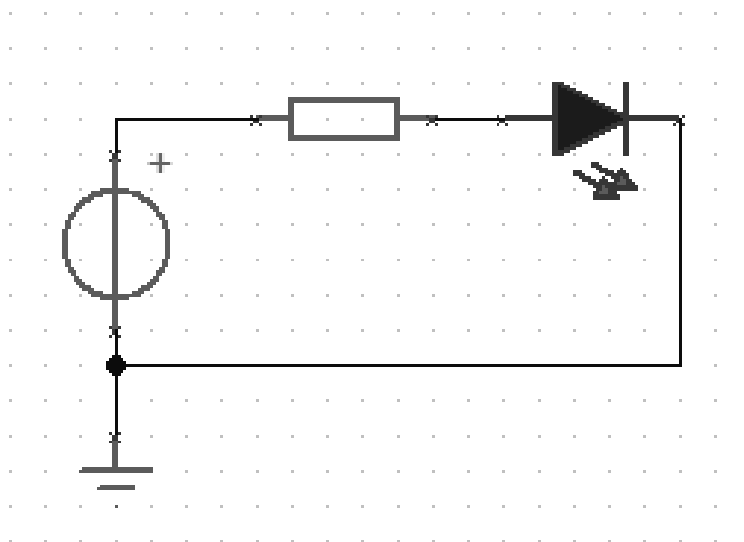
$$\begin{aligned} m_{\text{прис жидк}} &= \frac{m_{\text{шар}}g - \rho_{\text{ж}}gV}{a} - m_{\text{шар}} = \frac{0,003 \cdot 9,81 - 998 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,003}{2450}\right)}{7,409} - 0,003 \\ &= 0,000469 \text{ кг} = 0,37 \text{ г} \end{aligned} \quad (2)$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

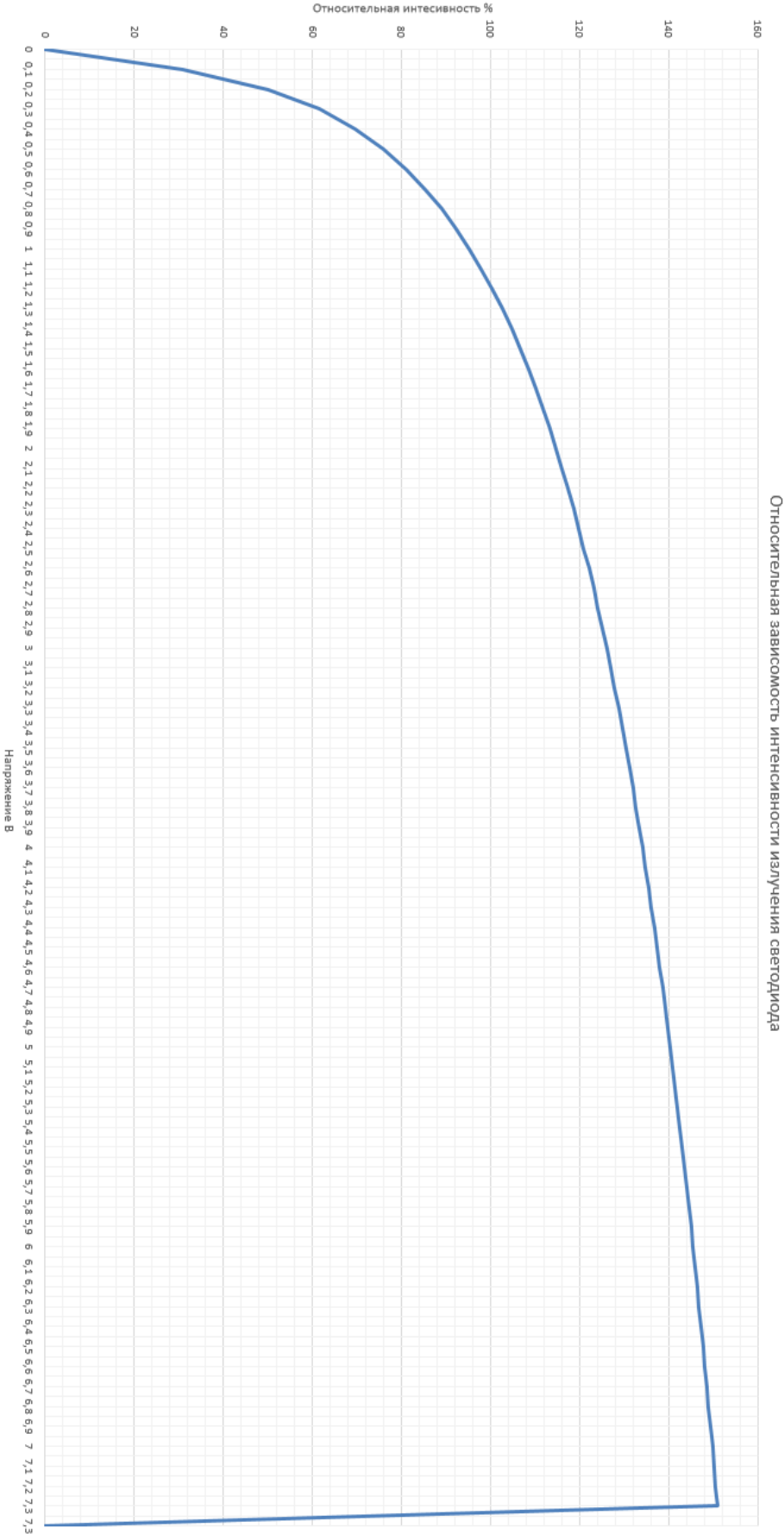
Задача 3

Вам предоставлена для исследования некоторая электрическая схема, показанная на рисунке. Изучив схему, дайте ответы на следующие вопросы:

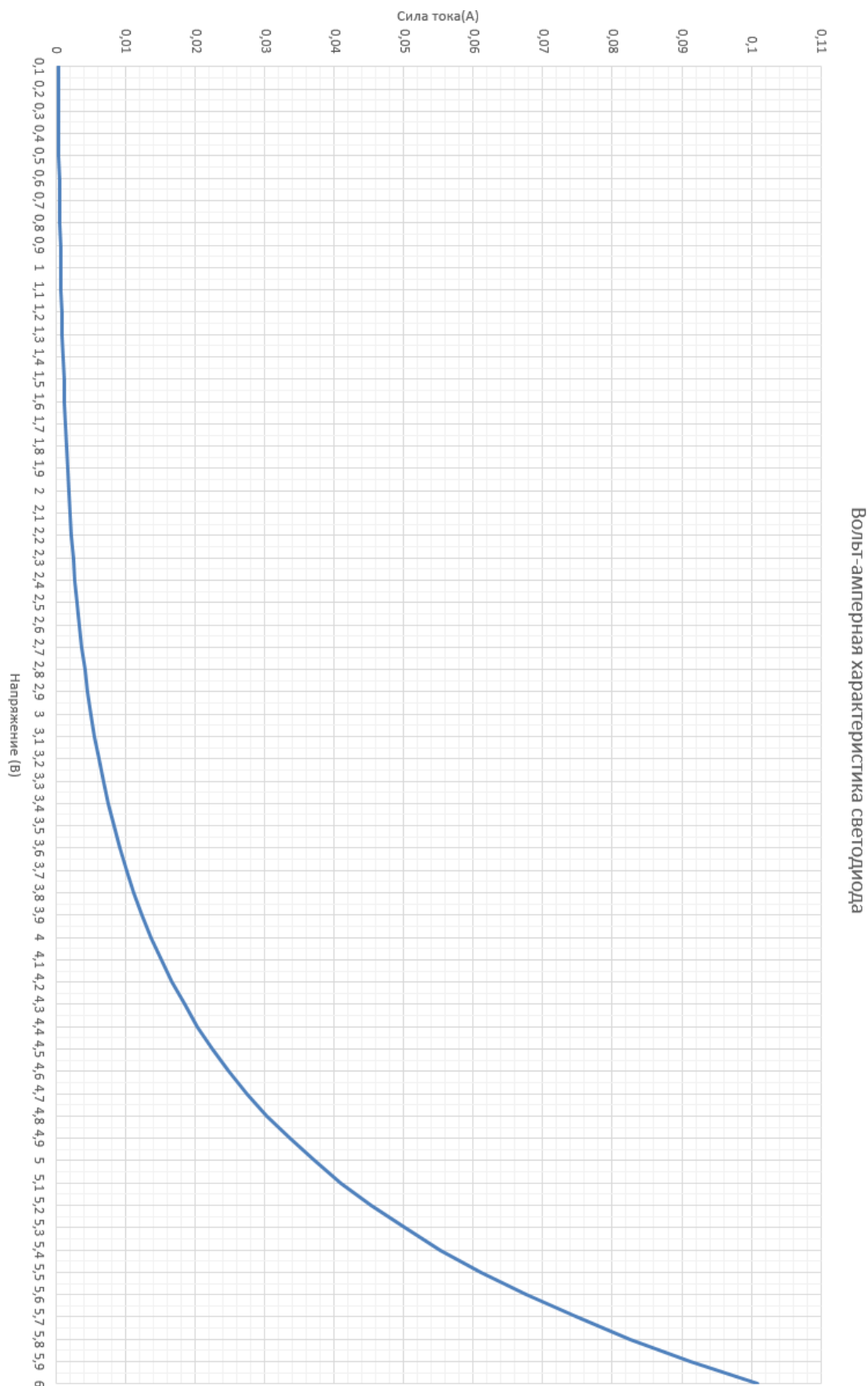
- 1) Зачем в розетках присутствует земля и какой у нее потенциал?
- 2) Что такое конденсатор?
- 3) Рассчитайте номинал сопротивления и рассеиваемую мощность резистора на данной схеме, на основании графиков зависимости интенсивности излучения светодиода и его вольт-амперной характеристики при мощности работы светодиода на 128%. Источник напряжения 6,2В.



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

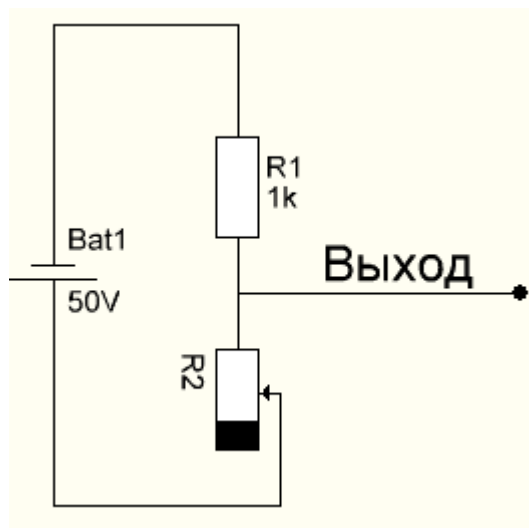


МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

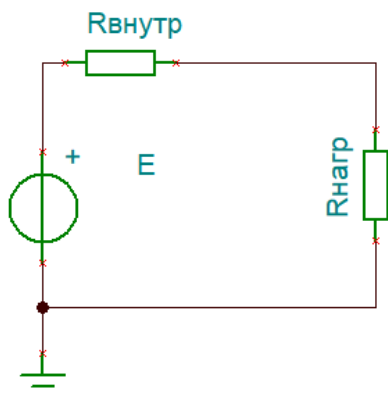


МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

4) Рассчитайте минимальное значение напряжения на выходе схемы при диапазоне потенциометра от 1500 Ом до 4700 Ом. Считайте, что сопротивление $R_{\text{вых}} \rightarrow \infty$.



5) Постройте вольт-амперную характеристику реального источника напряжения при изменении нагрузки, если известно $E = 5\text{В}$, $R_{\text{внутр}} = 1\text{кОм}$.



Решение задачи №3:

1. В бытовых условиях, земля служит защитой человека от появления на электронном устройстве (особенно во время неправильной эксплуатации) потенциала. Так же она используется для убирания паразитных токов с лабораторных исследовательских установок или производственных станков. Потенциал равен 0.

2. Конденсатор – это ёмкостной элемент, способный запасать энергию электрического поля или, по-другому, накапливать электрический заряд. В общем случае представляется в виде двух проводящих поверхностей (которые называют обкладками), разделённых диэлектриком.

3. Исследуя график зависимости интенсивности излучения светодиода, рабочее напряжение светодиода $U_{\text{свет}} = 3.2\text{В}$. Исследуя график зависимости ВАХ определяем рабочий ток $I_{\text{свет}} = 0.006\text{А}$.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

На основании последовательного соединения:

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{свет}} + U_R$$

$$I_{\text{общ}} = I_{\text{свет}} = I_R$$

Тогда:

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_{\text{общ}} - U_{\text{свет}}}{I_{\text{свет}}} = 5000 \text{ м}$$

Мощность, выделяемая на резисторе равна:

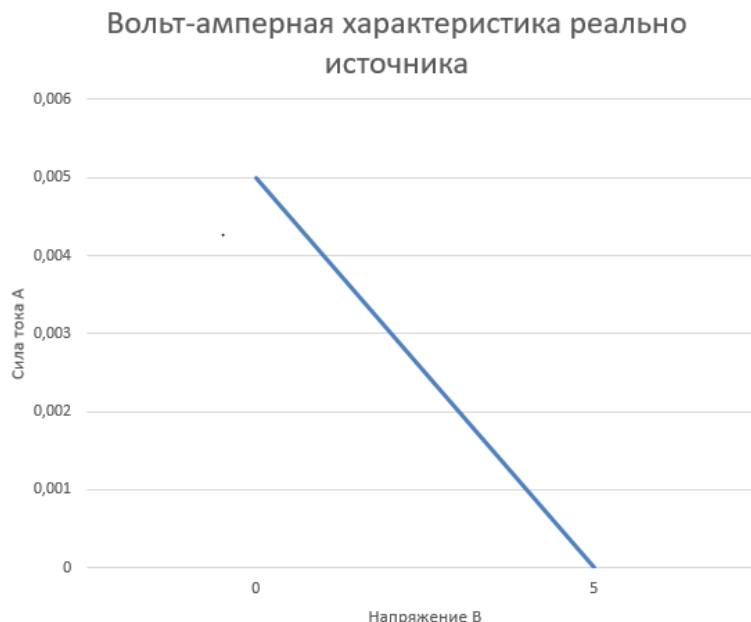
$$P = I_R * U_R = I_{\text{свет}} * (U_{\text{общ}} - U_{\text{свет}}) = 0,018 \text{ Вт}$$

4. Т.к. $R_{\text{вых}} \rightarrow \infty$ тогда эту схему можно считать эквивалентной схеме делителя напряжения, при котором ток, стремящийся к выходу, тоже стремится к нулю. Тогда на основании формулы:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{общ}} * R_1}{R_1 + R_2}$$

По данной формуле видно, что при максимальном значении R_2 мы получим минимальное значение $U_{\text{общ}} = 8.7719298245614035087719298245614 \text{ В}$.

5. При сопротивлении $R_{\text{нагр}} = 0$ мы получим силу тока короткого замыкания $I_{\text{кз}} = 0.005 \text{ А}$, При $R_{\text{нагр}} \rightarrow \infty$ мы получим напряжение холостого хода $U_{\text{хх}} = 5 \text{ В}$. На основании этих двух точек уже можно построить график зависимости:



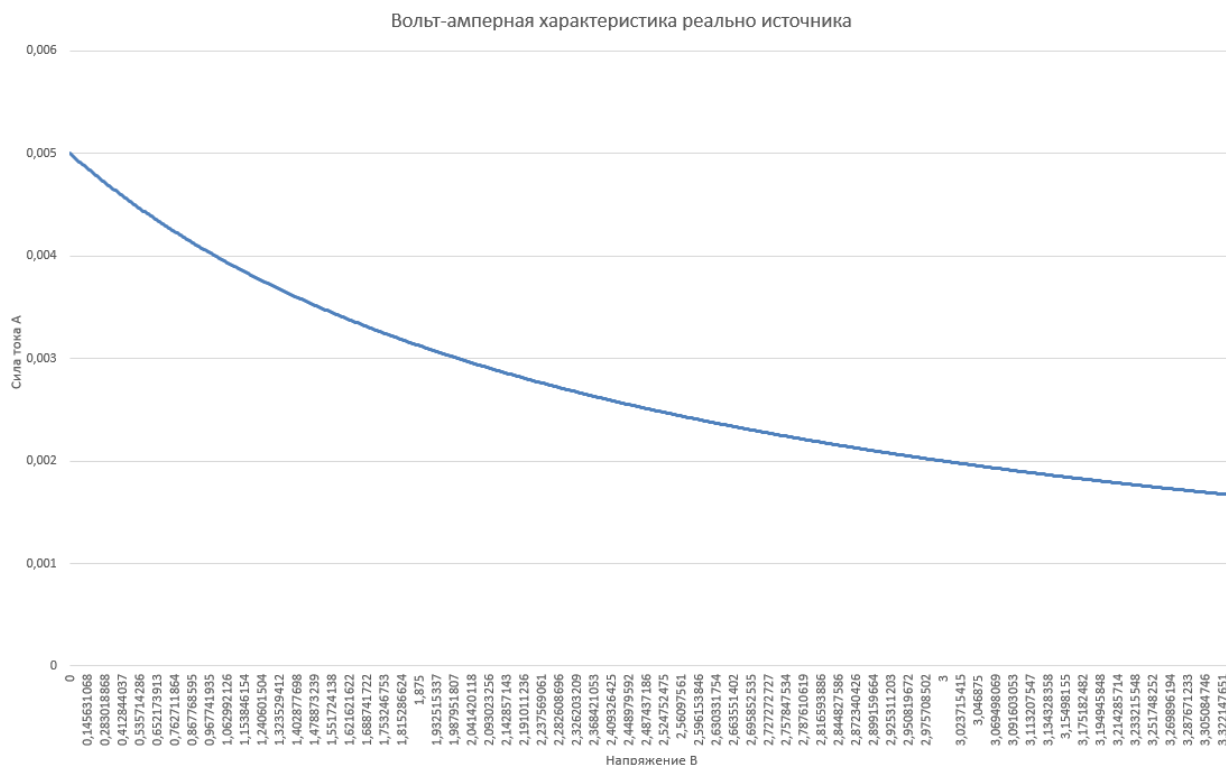
Для подтверждения этого графика можно рассчитать падение напряжения на $R_{\text{нагр}}$ и протекающую силу тока через него с помощью формулы делителя напряжения:

$$U_{\text{нагр}} = \frac{U_{\text{общ}} * R_{\text{нагр}}}{R_{\text{внутр}} + R_{\text{нагр}}}$$

$$I = \frac{U_{\text{нагр}}}{R_{\text{нагр}}}$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

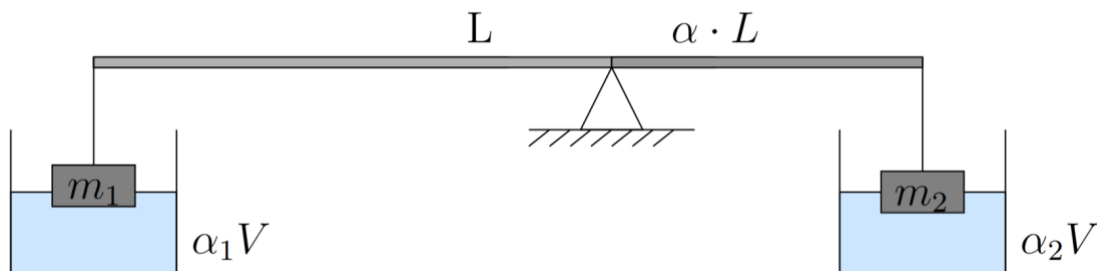
Подставив множества значений получаем:



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 4

Два груза одинакового объема V и массами m_1 и m_2 погружены в сосуды с водой на α_1 и α_2 своего объема соответственно. Грузы привязаны нитями к краям невесомого рычага длиной $(\alpha + 1)L$, а точка опоры рычага находится на расстоянии L от левого края (см. рисунок).



Система находится в равновесии. Найдите объем V грузов, если

1) $\alpha_1 = \frac{5}{9}, \alpha_2 = \frac{2}{3}$

2) $\alpha = \frac{1}{3}$

3) $m_1 = 2$ кг

4) $m_2 = 3$ кг

Плотность воды $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Решение задачи №4:

Запишем 2 закон Ньютона для обоих тел, а также правило моментов для рычага:

$$m_1 g = \rho g \alpha_1 V + T_1$$

$$m_2 g = \rho g \alpha_2 V + T_2$$

$$T_1 L = T_2 \alpha L$$

Выражая T_1 и T_2 из двух уравнений и подставляя в третье, получим выражение для V :

$$V = \frac{m_1 - \alpha m_2}{(\alpha_1 - \alpha \alpha_2) \rho}$$

Подстановка данных дает ответ: $V = 3$ л

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 5

Решая школьные задачи, чаще всего мы не задумываемся о точности определения нашего результата. Сколько знаков после запятой при вычислении «столбиком» мы можем получить? А сколько знаков после запятой записывать, получая значение на калькуляторе? Более того, если задуматься глубже, то мы вообще не можем предсказать, какая будет точность нашего решения. Такой подход совершенно не допустим в современной теоретической физике, основанной на сложных вычислениях, чаще выполняемых с помощью компьютера. Однако этот факт даёт нам возможность получить решение какого-либо физического уравнения с заданной точностью. Одним из простейших методов, позволяющих это сделать, является метод простых итераций. Для лучшего его понимания рассмотрим систему, в которой жидкость совершает движение по трубе с известными параметрами. Определим этим методом скорость потока жидкости в трубе с учетом трения. Жидкость течёт по горизонтальной трубе длиной L и диаметром D . Перепад давления на концах трубы равен ΔP . Скорость потока v зависит от трения о стенки трубы, которое описывается уравнением Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

В этом уравнении f - коэффициент трения в трубе, зависящий от шероховатости трубы, а также от значения числа Рейнольдса, определяющего характер движения жидкости в трубе. Значение коэффициента трения может быть вычислено по следующей формуле:

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, Re = \frac{\rho v D}{\eta}$$

Суть метода простых итераций заключается в последовательном расчёте значения величины, и сравнения его с некоторым заданным числом, определяющим точность получения результата. В случае, если точность не соответствует заданной, значение меняется на более точное и вычисление повторяется. Таким образом, можно получить значение величины с заданной точностью. Исходя из приведённого описания:

- 1) Определите скорость потока жидкости (воды) для горизонтальной трубы длиной 10 м и диаметром 0,02 м. Перепад давления на концах трубы равен 5000 Па.
- 2) Напишите программу в формате псевдокода, реализующую программу по расчёту значения скорости методом простых итераций. Пример программы для расчёта суммы двух чисел в виде псевдокода приведён ниже:

1	алг СУММА
2	нач
3	A=0;
4	B=0;
5	V=0;
6	ввод (A);
7	ввод (B);
8	V = A + B;
9	вывод (‘Значение V равно’, V);
10	кон алг СУММА

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Решение задачи №5:

Решая систему уравнений, данных в условии, получим итоговую формулу для v :

$$v = \left(\frac{2\Delta p}{0.3164 * 0.002^{0.25}} * \frac{D^{1.75}}{L * \rho^{0.75}} \right)^{1/1.75}$$

Числовое значение после подстановки данных: $v = 0.62$ м/с

Псевдокод

алг СКОРОСТЬ_ЖИДКОСТИ

нач

$v = 1.0$;

$L = 10.0$;

$D = 0.02$;

$\rho = 1000.0$;

$\Delta P = 5000.0$;

точность = 0.00001 ;

разность = 1.0 ;

пока разность > точность

$Re = (\rho * v * D) / 0.002$;

$f = 0.3164 / Re^{0.25}$

$v_новое = \sqrt{(2 * \Delta P * D) / (f * L * \rho)}$;

разность = $|v_новое - v|$;

$v = v_новое$;

все

вывод("Скорость потока:", v);

кон алг СКОРОСТЬ_ЖИДКОСТИ