

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

9 класс

Вариант 1

Задача 1

В результате разрыва трубопровода в 10:00 в море произошёл разлив нефти, который привёл к образованию тонкого пятна на поверхности воды. Измерения показали, что толщина слоя нефти в пятне равна 2 см. Кроме того, с помощью спутника была получена серия фотографий для оценки размеров нефтяного пятна (рисунок 1). Слева на рисунке показано изображение пятна, полученное в 12:00, а справа – в 16:00. Размер одной клетки на рисунке составляет 10 x 10 м. Плотность морской воды $\rho_v = 1025 \text{ кг/м}^3$, плотность нефти $\rho_n = 900 \text{ кг/м}^3$.

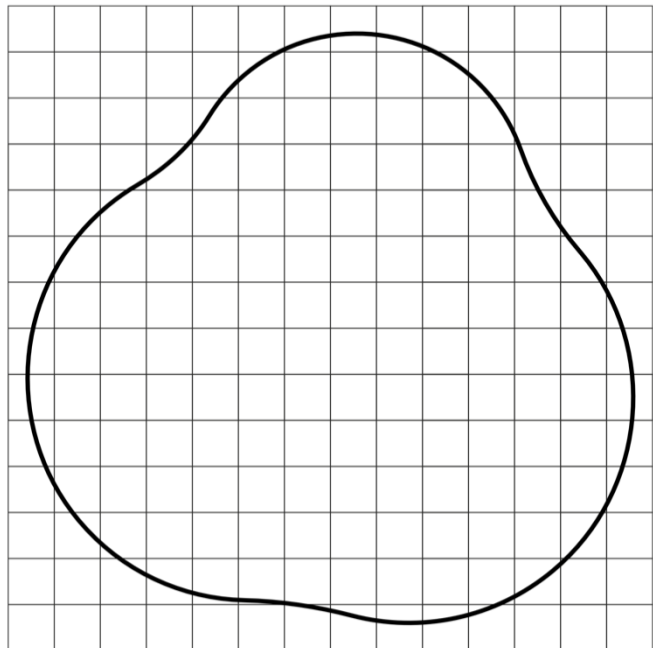
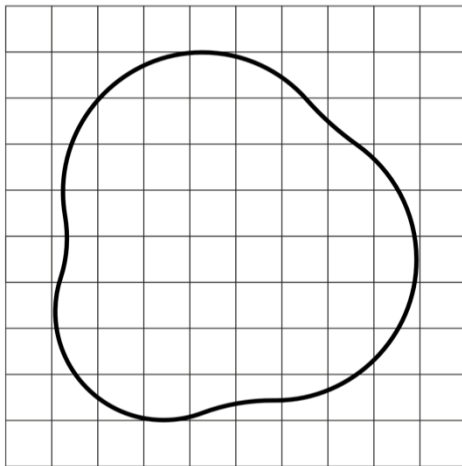


Рисунок 1 – Серия фотографий нефтяного пятна

Принимая во внимание результаты моделирования катастрофы, которые показали, что зависимость объёма вытекшей нефти от времени с начала аварии описывается уравнением $V(t) = at + bt^2$, где a и b неизвестные коэффициенты, определите:

- 1) площадь нефтяного пятна в моменты времени 12:00 и 16:00, ответ выразите в м^2 ;
- 2) объём вытекшей нефти в моменты времени 12:00 и 16:00, ответ выразите в м^3 ;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

- 3) значение коэффициентов a и b , при расчётах объем выражайте в м^3 , а время в ч, ответ округлите до сотых и укажите размерность;
- 4) сколько килограммов нефти вытекло из трубопровода за секунду сразу после аварии, ответ округлите до целых;
- 5) нарисуйте блок-схему программы, которая определяет значение площади нефтяного пятна через t часов после начала аварии.

Входные данные:

- S_1 – площадь пятна во время первого наблюдения;
 S_2 – площадь пятна во время второго наблюдения;
 t_1 – время первого наблюдения считая от начала аварии;
 t_2 – время второго наблюдения считая от начала аварии;
 t – произвольное время (отсчитывается от начала аварии);

Выходные данные:

- S_t – площадь нефтяного пятна через t часов после начала аварии.

Задача 2

Она из наиболее часто измеряемых физических величин это – температура. Температуру необходимо знать как в бытовых условиях (например, в процессе приготовления еды в духовке, в квартире для контроля работы систем отопления и т.д.), так и в промышленных и лабораторных (температура сопла 3D принтера, температура силовых проводов электрошита, температура раствора перед проведением химической реакции и т.д.). Для измерения температуры используются различные датчики, как механические (жидкостные термометры), так и различные электронные (терморезисторы, цифровые датчики температуры, термопары и т.д.). Наиболее доступными и удобными в применении все ещё являются аналоговые датчики температуры, основанные на изменении

$$V_{12:00} = 2a + 4b$$

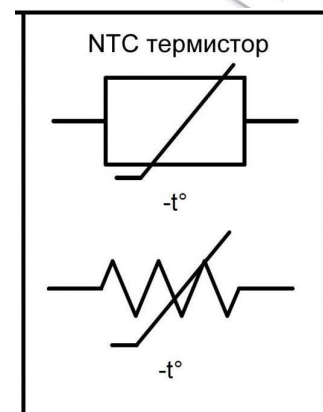


Рисунок 2 – Датчики для измерения температуры

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

сопротивления датчика при его нагреве или охлаждении. Один из таких датчиков с неизвестными параметрами был выдан учащимся для сборки проекта на Московскую предпрофессиональную олимпиаду по направлению «Электроника». Чтобы узнать характеристики датчика, учащиеся измерили зависимость сопротивления датчика от температуры с помощью омметра с приборной погрешностью 0,01 кОм. Температура измерялась лабораторным жидкостным термометром с приборной погрешностью 0,1 °С. Результаты измерений представлены в таблице 1. В диапазоне температур от 20°С до 60°С зависимость сопротивления от температуры может быть описана приближенной формулой

$$R = \frac{a + bT}{T}$$

- 1) По результатам измерений учащихся постройте график зависимости сопротивления датчика от температуры на листе миллиметровой бумаги. Определите характер зависимости.
- 2) Предложите способ определения коэффициентов a и b по графику. Если для этого потребуется построить дополнительный график, сделайте это на отдельном листе миллиметровой бумаги.
- 3) Определите численные значения параметров a и b , а также их погрешности.

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	72,5	70,0	68,0	65,0	62,0	60,0	58,0	55,0	52,0
$R, \text{кОм}$	0,34	0,37	0,41	0,45	0,52	0,56	0,60	0,66	0,74
$t, ^\circ\text{C}$	50,0	48,0	45,0	43,0	40,0	37,0	35,0	33,0	30,0
$R, \text{кОм}$	0,80	0,88	0,99	1,07	1,21	1,33	1,47	1,60	1,82

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

Задача 3

На рисунке 3 показана схема включения светодиода через резистивный делитель. Известно, что:

- через светодиод протекает ток 25 мА, падения напряжения на нем не происходит;
- сопротивление R_1 равно 300 Ом;
- сопротивление R_2 равно 200 Ом;
- в схеме есть два одинаковых по номиналу сопротивления;
- номинал источника варьируется с точностью до десятых долей В, сотая часть равна 0.

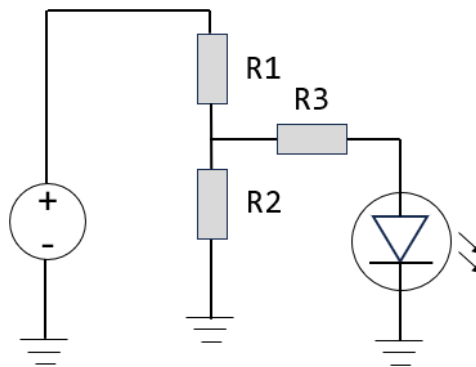
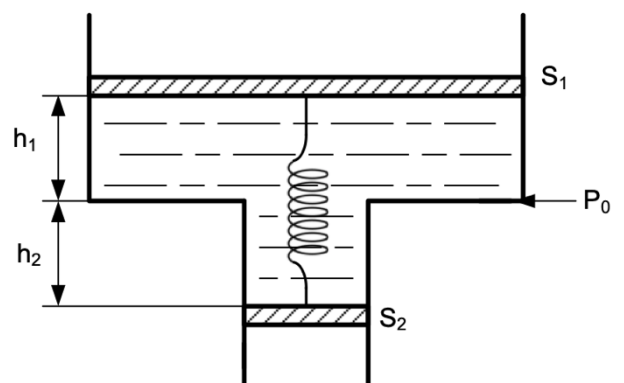


Рисунок 3 - Схема включения светодиода

Определите номинал источника напряжения.

Задача 4

В двух вертикально расположенных цилиндрах, площади сечений которых равны $S_1 = 400 \text{ см}^2$ и $S_2 = 100 \text{ см}^2$, находятся два свободных невесомых поршня, перемещающихся без трения, соединённых натянутой невесомой тонкой пружиной. Между поршнями находится



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

вода объемом $V = 30$ л. Плотность воды считать равной $\rho = 1000$ кг/м³, а ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Атмосферное давление равно 100 кПа. Сила натяжения пружины равна 100 Н. Найти давление жидкости P_0 на уровне соединения цилиндров.

Задача 5

На междисциплинарном занятии по физике и информатике школьник Вася решал классическую задачу с разрядкой конденсатора на нагрузку, в которой определял значение напряжения на конденсаторе и ток в момент времени $t_1 = 1.0$ мкс, а также строил графики функций $U(t)$ и $I(t)$. Ёмкость конденсатора составляла $C = 0.47$ мкФ, напряжение источника - 12 В и сопротивление в цепи $R = 1.0$ Ом. Для решения поставленной задачи Вася написал программу на языке программирования Python, однако по неизвестным причинам она не заработала.

- 1) Найдите ошибку в коде у Васи (варианты ошибок: ввод команд, последовательность действий, определение переменных и т.п.) и восстановите правильный код.
- 2) По данным кода восстановите решение задачи, которое Вася использовал в программе.
- 3) По приведённым графикам зависимости логарифма тока от времени (рисунок 4) определите время релаксации в данной системе (уменьшение тока в $e = 2.71828$ раз).

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

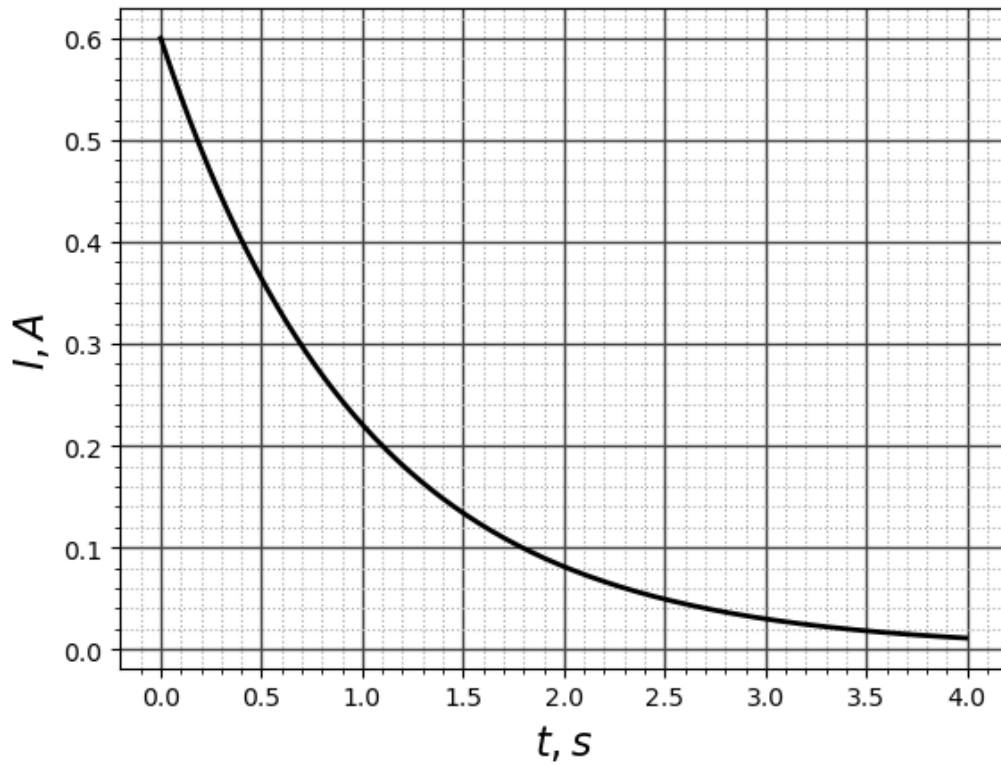


Рисунок 5 – Зависимость логарифма тока от времени

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Листинг программы:

```
01 import math as mt
02 import matplotlib.pyplot as plt
03 C=float(input('Input C[F]'));
04 R=float(input('Input R[Ohm]'));
05 E=input('Input E[V]');
06 t1=float(input('Input t1[s]'));
07 C=0.47e-6; R=1.0; E=12.0; t1=1.e-6;
08 tau=R**C; alpha=1./tau;
09 U1=E*(1.-mt.exp(-alpha*t1));
10 I1=E*mt.exp(-alpha*t1)/R;

11 print('U1=',U1,'V'\nI1=',I1,'A', '\ntau',tau, '\nt1/tau',t1/tau)
12 NT=500; tmin=0; tmax=4.*tau; dt=(tmax-tmin)/NT;
13 t=[]; U=[]; I=[];
14 t.append(tmin/tau);U.append(E);I.append(E/R);
15 for i in range(1,NT) do:
16     tt=tmin+i*dt; t.append(tt/tau);
17     U.append(E*(1.-mt.exp(-alpha*tt)));
18     I.append(E*mt.exp(-alpha*tt)/R);

19 #График U(t)
20 plt.plot(t,U,'k-',linewidth=2,0)
21 plt.minorticks_on()
22 plt.grid(which='major', color = '#444', linewidth = 1)
23 plt.grid(which='minor', color='#aaa', ls=':')
24 plt.xlabel(' t, s ',fontsize=16)
25 plt.ylabel(' I, A ',fontsize=16)
26 plt.show()

27 #График I(t)
28 plt.plot(t,I,'k-',linewidth=2,0)
29 plt.minorticks_on()
30 plt.grid(which='major', color = '#444', linewidth = 1)
31 plt.grid(which='minor', color='#aaa', ls=':')
32 plt.xlabel(' t, s ',fontsize=16)
33 plt.ylabel(' U, V ',fontsize=16)
34 plt.show()
```

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Вариант 2

Задача 1

В результате разрыва трубопровода в 11:00 в море произошёл разлив нефти, который привёл к образованию тонкого пятна на поверхности воды. Измерения показали, что толщина слоя нефти в пятне равна 2 см. Кроме того, с помощью спутника была получена серия фотографий для оценки размеров нефтяного пятна. Слева на рисунке показано изображение пятна, полученное в 15:00, а справа – в 19:00. Размер одной клетки на рисунке составляет 10 x 10 м. Плотность морской воды $\rho_{\text{в}} = 1025 \text{ кг/м}^3$, плотность нефти $\rho_{\text{н}} = 900 \text{ кг/м}^3$.

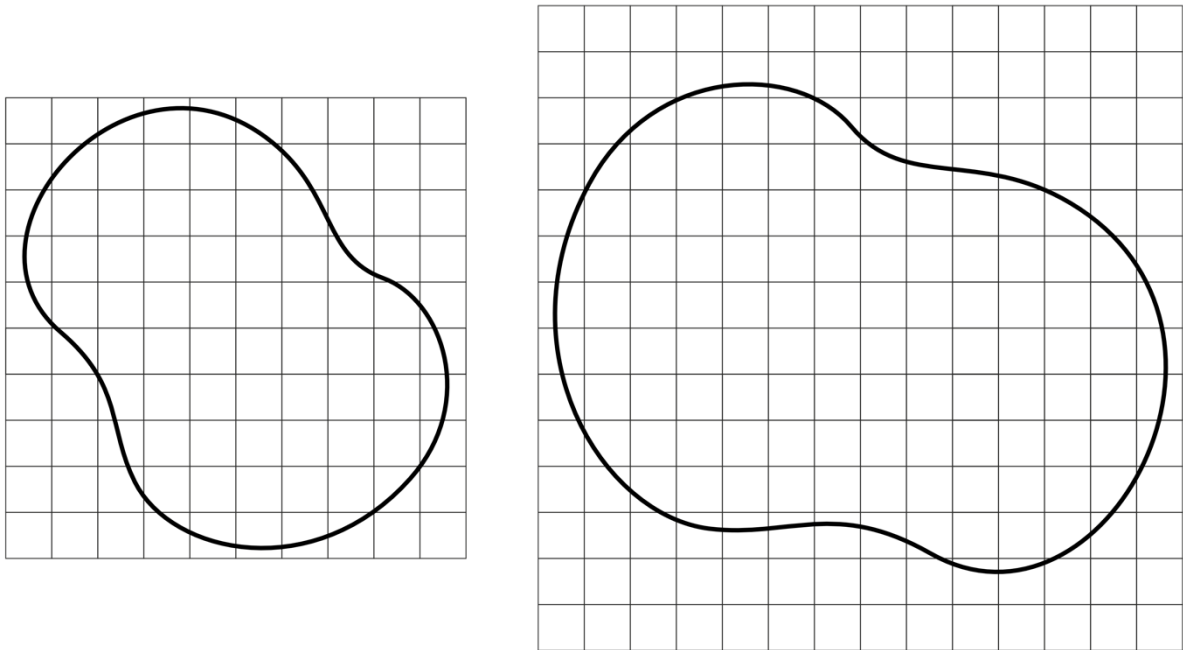


Рисунок 1 – Серия фотографий нефтяного пятна

Принимая во внимание результаты моделирования катастрофы, которые показали, что зависимость объёма вытекшей нефти от времени с начала аварии описывается уравнением $V(t) = at + bt^2$, где a и b неизвестные коэффициенты, определите:

- 1) площадь нефтяного пятна в моменты времени 15:00 и 19:00, ответ выразите в м^2 ;
- 2) объём вытекшей нефти в моменты времени 15:00 и 19:00, ответ выразите в м^3 ;
- 3) значение коэффициентов a и b , при расчётах объём выражайте в м^3 , а время в ч, ответ округлите до сотых и укажите размерность;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

- 4) сколько килограммов нефти вытекло из трубопровода за секунду сразу после аварии, ответ округлите до целых;
- 5) нарисуйте блок-схему программы, которая определяет значение площади нефтяного пятна через t часов после начала аварии.

Входные данные:

- S_1 – площадь пятна во время первого наблюдения;
- S_2 – площадь пятна во время второго наблюдения;
- t_1 – время первого наблюдения считая от начала аварии;
- t_2 – время второго наблюдения считая от начала аварии;
- t – произвольное время (отсчитывается от начала аварии);

Выходные данные:

- S_t – площадь нефтяного пятна через t часов после начала аварии.

Задача 2

Она из наиболее часто измеряемых физических величин это – температура. Температуру необходимо знать как в бытовых условиях (например, в процессе приготовления еды в духовке, в квартире для контроля работы систем отопления и т.д.), так и в промышленных и лабораторных (температура сопла 3D принтера, температура силовых проводов электрошита, температура раствора перед проведением химической реакции и т.д.). Для измерения температуры используются различные датчики, как механические (жидкостные термометры), так и различные электронные (терморезисторы, цифровые датчики температуры, термопары и т.д.). Наиболее доступными и удобными в применении все ещё являются аналоговые датчики температуры, основанные на изменении сопротивления датчика при его нагреве или охлаждении.

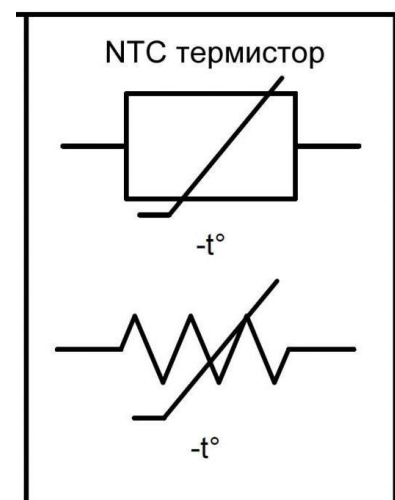


Рисунок 2 – Датчики для измерения температуры

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Один из таких датчиков с неизвестными параметрами был выдан учащимся для сборки проекта на Московскую предпрофессиональную олимпиаду по направлению «Электроника». Чтобы узнать характеристики датчика, учащиеся измерили зависимость сопротивления датчика от температуры с помощью омметра с приборной погрешностью 0,01 кОм. Температура измерялась лабораторным жидкостным термометром с приборной погрешностью 0,1 °С. Результаты измерений представлены в таблице 1. В диапазоне температур от 20°С до 60°С зависимость сопротивления от температуры может быть описана приближенной формулой

$$R = \frac{a + bT}{T}$$

4) По результатам измерений учащихся постройте график зависимости сопротивления датчика от температуры на листе миллиметровой бумаги. Определите характер зависимости.

5) Предложите способ определения коэффициентов a и b по графику. Если для этого потребуется построить дополнительный график, сделайте это на отдельном листе миллиметровой бумаги.

6) Определите численные значения параметров a и b , а также их погрешности.

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	72,5	70,0	68,0	65,0	62,0	60,0	58,0	55,0	52,0
$R, \text{кОм}$	0,32	0,35	0,39	0,43	0,5	0,54	0,58	0,64	0,72
$t, ^\circ\text{C}$	50,0	48,0	45,0	43,0	40,0	37,0	35,0	33,0	30,0
$R, \text{кОм}$	0,78	0,86	0,97	1,05	1,19	1,31	1,45	1,58	1,8

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

Задача 3

На рисунке 3 показана схема включения светодиода через резистивный делитель. Известно, что:

- через светодиод протекает ток 20 мА; падения напряжения на нем не происходит;
- сопротивление R_1 равно 750 Ом;
- сопротивление R_2 равно 250 Ом;
- в схеме есть два одинаковых сопротивления;
- номинал источника – не превышает 50В и равен целому числу вольт.

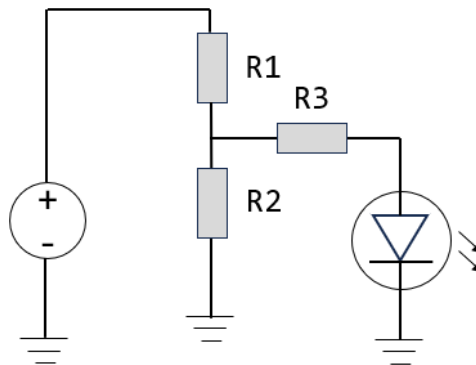


Рисунок 3 - Схема включения светодиода

Определите номинал источника напряжения.

Задача 4

В двух вертикально расположенных цилиндрах, площади сечений которых равны $S_1 = 500 \text{ см}^2$ и $S_2 = 300 \text{ см}^2$, находятся два свободных невесомых поршня, перемещающихся без трения, соединённых натянутой невесомой тонкой пружиной. Между поршнями находится вода объемом $V = 40 \text{ л}$. Плотность воды считать равной $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, а ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Атмосферное давление равно

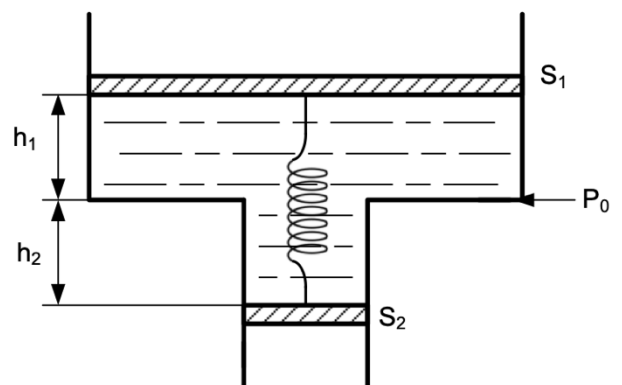


Рисунок 4 – Иллюстрация задачи 4

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

100 кПа. Сила натяжения пружины равна 200 Н. Найти давление жидкости P_0 на уровне соединения цилиндров.

Задача 5

На междисциплинарном занятии по физике и информатике школьник Вася решал классическую задачу с разрядкой конденсатора на нагрузке, в которой определял значение напряжения на конденсаторе и ток в момент времени $t_1 = 1.0$ мкс, а также строил графики функций $U(t)$ и $I(t)$. Ёмкость конденсатора составляла $C = 0.6$ мкФ, напряжение источника - 10 В и сопротивление в цепи $R = 5.0$ Ом. Для решения поставленной задачи Вася написал программу на языке программирования Python, однако по неизвестным причинам она не заработала.

- 1) Найдите ошибку в коде у Васи (варианты ошибок: ввод команд, последовательность действий, определение переменных и т.п.) и восстановите правильный код.
- 2) По данным кода восстановите решение задачи, которое Вася использовал в программе.
- 3) По приведённым графикам зависимости логарифма тока от времени определите время релаксации в данной системе (уменьшение тока в $e = 2.71828$ раз).

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

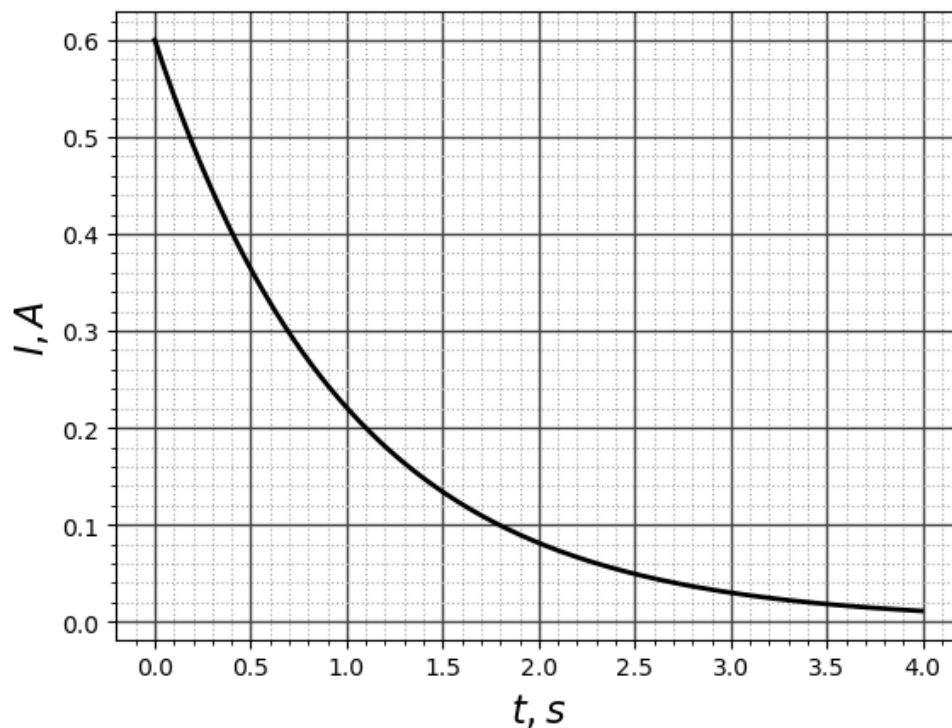


Рисунок 5 – Зависимость логарифма тока от времени

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

Листинг программы:

```
01 import math as mt
02 import matplotlib.pyplot as plt
03 C=float(input('Input C[F]'));
04 R=float(input('Input R[Ohm]'));
05 E=input('Input E[V]');
06 t1=float(input('Input t1[s]'));
07 C=0.47e-6; R=1.0; E=12.0; t1=1.e-6;
08 tau=R**C; alpha=1./tau;
09 U1=E*(1.-mt.exp(-alpha*t1));
10 I1=E*mt.exp(-alpha*t1)/R;

11 print('U1=',U1,'V'\nI1=',I1,'A','\ntau',tau,'\nt1/tau',t1/tau)
12 NT=500; tmin=0; tmax=4.*tau; dt=(tmax-tmin)/NT;
13 t=[]; U=[]; I=[];
14 t.append(tmin/tau);U.append(E);I.append(E/R);
15 for i in range(1,NT) do:
16     tt=tmin+i*dt; t.append(tt/tau);
17     U.append(E*(1.-mt.exp(-alpha*tt)));
18     I.append(E*mt.exp(-alpha*tt)/R);

19 #График U(t)
20 plt.plot(t,U,'k-',linewidth=2,0)
21 plt.minorticks_on()
22 plt.grid(which='major', color = '#444', linewidth = 1)
23 plt.grid(which='minor', color='#aaa', ls=':')
24 plt.xlabel(' t, s ',fontsize=16)
25 plt.ylabel(' I, A ',fontsize=16)
26 plt.show()

27 #График I(t)
28 plt.plot(t,I,'k-',linewidth=2,0)
29 plt.minorticks_on()
30 plt.grid(which='major', color = '#444', linewidth = 1)
31 plt.grid(which='minor', color='#aaa', ls=':')
32 plt.xlabel(' t, s ',fontsize=16)
33 plt.ylabel(' U, V ',fontsize=16)
34 plt.show()
```