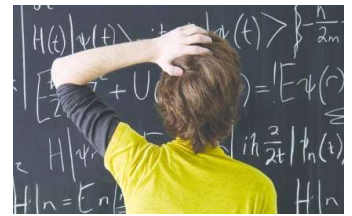


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.

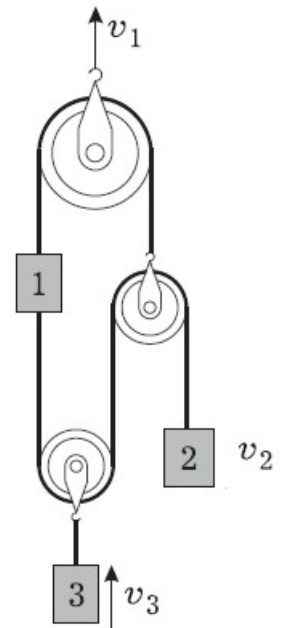
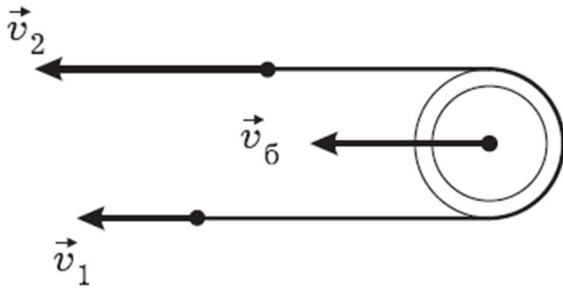


Задача 1. Сложная система с блоками.

В системе, изображенной на рисунке, верхний блок движется со скоростью $v_1 = 4$ м/с вверх, груз 3 движется также вверх со скоростью $v_3 = 3$ м/с. Определите скорость u первого груза в системе, если известно, что второй груз также движется, и его скорость отличается от скорости третьего груза в 1,5 раза. Считать, что нити при движении грузов остаются натянутыми.

Возможное решение:

Сначала рассмотрим вспомогательную задачу. Пусть отрезки натянутой нерастяжимой нити, перекинутой через блок, параллельны друг другу. Будем считать, что концы этой нити движутся со скоростями v_1 и v_2 , а центр блока со скоростью v_6 и все эти три вектора направлены вдоль нити. Найдём связь между указанными скоростями.



Для решения задачи перейдём в систему отсчёта, движущуюся поступательно вместе с центром блока. В ней блок (здесь и далее подразумевается центр блока) неподвижен, а концы нити движутся со скоростями $\vec{v}_{11} = \vec{v}_1 - \vec{v}_6$ и $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_6$ соответственно. Так как блок неподвижен, концы нити должны двигаться с одинаковыми по модулю и противоположными по направлению скоростями, поэтому $\vec{v}_{11} = -\vec{v}_{21}$. Откуда получим:

$$\vec{v}_6 = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2}$$

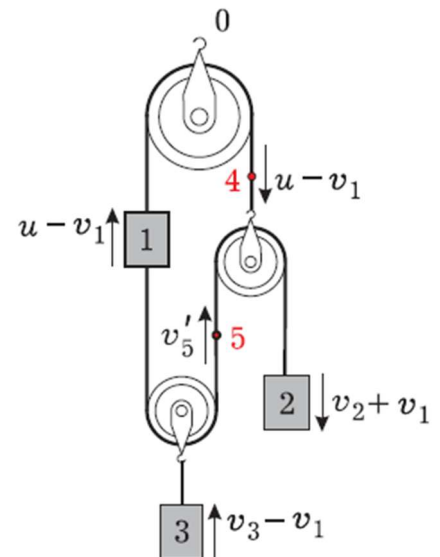
или, учитывая, что все три вектора скоростей параллельны друг другу,

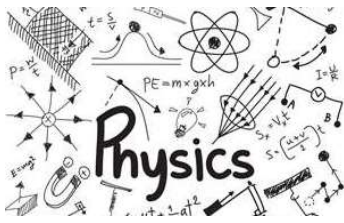
$$v_6 = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (*)$$

(2 балла за обоснованное получение данной связи в векторном виде или в виде проекций; если формула просто записана или используется без доказательства, то ставится 1 балл)

Далее будем использовать эту связь при решении нашей задачи. Заметим, что по условию не ясно, в каком направлении движется второй груз и какова его скорость – в два раза больше или в два раза меньше скорости третьего груза. Поэтому необходимо будет рассмотреть все варианты. **(1 балл за указание того, что есть несколько вариантов)**

1) Рассмотрим сначала случай, когда второй груз движется вниз.

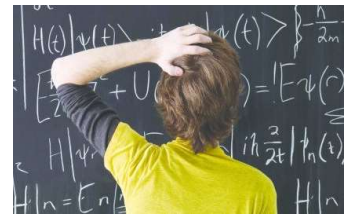




**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Пусть скорость первого груза u направлена вверх. Перейдем в систему отсчета верхнего блока. В новой системе отсчета скорость первого груза будет равна $(u - v_1)$ если считать, что она тоже направлена вверх, скорость второго груза будет $v_{21} = v_2 + v_1$, третьего $v_{31} = v_3 - v_1$.

Скорость точки № 4 в этом случае равна $u - v_1$ и направлена вниз. Если обозначить скорость точки № 5 как v'_5 , то можно записать кинематические связи для нижних блоков:

$$v_3 - v_1 = \frac{(u - v_1) + v'_5}{2},$$

$$u - v_1 = \frac{v_2 + v_1 - v'_5}{2}.$$

Сложим полученные равенства, получим: $u = v_2 + 4v_1 - 2v_3$.

Отсюда следуют два возможных численных ответа (когда скорость второго груза $3 \cdot 1,5 = 4,5$ м/с и когда скорость второго груза $3 : 1,5 = 2$ м/с):

$u = 4,5 + 4 \cdot 4 - 2 \cdot 3 = 14,5$ м/с и $u = 2 + 4 \cdot 4 - 2 \cdot 3 = 12$ м/с.

2) Теперь рассмотрим случай, когда второй груз движется вверх. В этом случае рассуждения будут аналогичны, но скорость второго груза в системе отсчета верхнего блока будет равна $v_{21} = v_2 - v_1$. Тогда те же размышления приведут к получению следующего выражения для скорости груза:

$$u = 4v_1 - 2v_3 - v_2.$$

Получим два численных ответа:

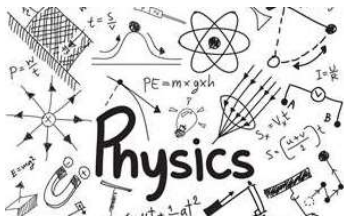
$u = 4 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 4,5 = 5,5$ м/с и $u = 4 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 2 = 8$ м/с.

Подробное рассмотрение одного из вариантов движения груза (вверх или вниз) оценивается в 3 балла.

За рассмотрение второго варианта еще 2 балла.

За получение верных численных ответов ставится по 0,5 балла за каждое полученное число (итого 2 балла максимум).

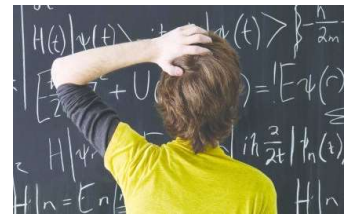
Всего за задачу 10 баллов.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Задача 2. Тепловые эксперименты.

На электрическом нагревателе установлен сосуд, заполненный льдом при 0°C . Мощность электрического нагревателя зависит от времени по линейному закону $P=kt$. Коэффициент $k=5$ Вт/с. Через две минуты сосуд снимают с нагревателя и образовавшуюся воду переливают в другой сосуд, куда бросают стальной грузик массой 100 г, имеющий комнатную температуру 20°C . Найдите конечную температуру воды во втором сосуде. Теплопотерями и теплоёмкостью сосудов пренебречь. Удельная теплоёмкость воды $4,2$ кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$), удельная теплота плавления льда 333 кДж/кг; удельная теплоёмкость стали $0,46$ кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$). Начальная масса льда 500 г.

Возможное решение:

Найдём количество теплоты, переданное льду. Можно использовать метод площадей, среднюю мощность (с обоснованием) либо интегрирование.

Получим, что $Q = \frac{1}{2}kt^2$. Можно получить формулу либо сразу число $Q = 36$ кДж. (2 балла).

Рассчитаем теплоту плавления льда $Q_{\text{л}} = \lambda m_{\text{л}} = 166,5$ кДж (1 балл) и сравним Q и $Q_{\text{л}}$, увидим, что $Q < Q_{\text{л}}$, следовательно лёд расплавится не весь. (1 балл за этот вывод).

Составим уравнение теплового баланса (1 балл)

$$Q = \lambda \cdot \Delta m_{\text{л}}$$

И найдем массу расплавившегося льда (1 балл)

$$\Delta m_{\text{л}} = \frac{Q}{\lambda}.$$

Составляем уравнение теплового баланса для воды во втором сосуде и стального тела (1 балл)

$$c_{\text{в}} \Delta m_{\text{л}} (t_1 - t_0) = c_{\text{с}} m_{\text{с}} (t_{\text{с}} - t_1)$$

Здесь $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$, t_1 – искомая температура, $t_{\text{с}} = 20^{\circ}\text{C}$.

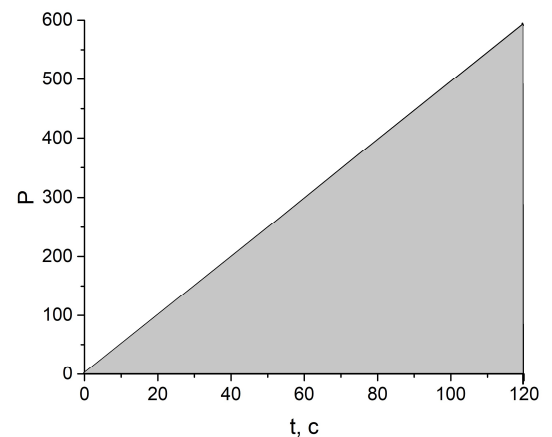
1 балл за понимание того, что вода находится при 0°C .

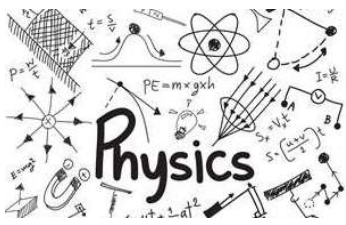
$$t_1 = \frac{c_{\text{в}} \Delta m_{\text{л}} t_0 + c_{\text{с}} m_{\text{с}} t_{\text{с}}}{c_{\text{в}} \Delta m_{\text{л}} + c_{\text{с}} m_{\text{с}}} \approx 1,84^{\circ}\text{C}.$$

2 балла за правильно найденное t_1 .

Если найдена правильная формула, но неправильно вычислено, ставится 1 балл из 2-х.

Итого максимум 10 баллов. Указанная точность не обязательна. Участник мог проводить промежуточные вычисления и подставлять численные значения без вывода общей формулы. Если полученный ответ верен, то и в этом случае выставляется полный балл.

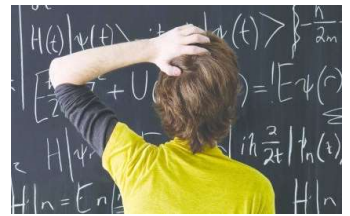




**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Задача 3. Новая конструкция пресса.

Гениальный изобретатель Пин придумал новую конструкцию пресса, объединяющую в себе выигрыш в силе, который дают винтовой домкрат и наклонная плоскость. С этой целью он приварил мощную гайку к полу и вкрутил туда винт (с шагом резьбы h), снабженный рукояткой длиной a . При повороте рукоятки винт вкручивается в гайку и движется влево, толкая клин (с углом наклона к горизонту α). Смещаясь влево, клин приподнимает стержень, который сжимает испытуемый предмет.

Испытывать устройство решили сжимая старый телефон Nokia 3310, который пожертвовала Нюша. Копатыч приложил силу P перпендикулярно рукоятке винта, но ничего не вышло – телефон остался целым. С какой силой Q давил при этом телефон на верхний конец стержня? Трение не учитывать.



Возможное решение:

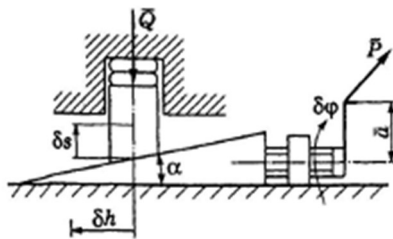


Рис. 1

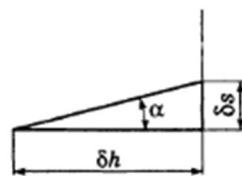


Рис. 2

Воспользуемся методом возможных (виртуальных) перемещений. Сообщим системе возможные перемещения δs и δh , получим связь между ними: $\delta s = \delta h * tg\alpha$

(2 балла за связь шага винта и смещения стержня).

Один оборот винта соответствует повороту на 2π и перемещению винта на один шаг:

$$\frac{h}{2\pi} = \frac{\delta h}{\delta\varphi} \quad (1)$$

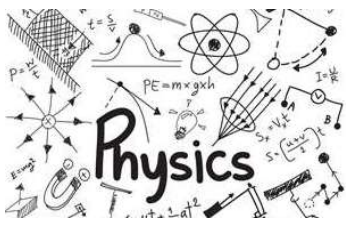
(2 балла за связь шага винта и угла поворота рукоятки)

Приравняем работы сил P и Q

$$P a \delta\varphi = Q \delta s \quad (2)$$

(3 балла за правильно записанное выражение. Если есть ошибки, то по одному баллу за каждую правильно найденную работу).

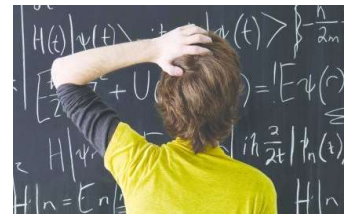
С учётом (1) получится *(1 балл)*



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



$$\delta h \left(Pa \frac{2\pi}{h} - Qtg\alpha \right) = 0$$

Так как $\delta h \neq 0$, то

$$\left(Pa \frac{2\pi}{h} - Qtg\alpha \right) = 0.$$

Откуда

$$Q = Pa \frac{2\pi}{htg\alpha}.$$

Ответ: $Q = Pa \frac{2\pi}{htg\alpha}$ (2 балла)

Итого максимум 10 баллов.

Возможны альтернативные решения без использования метода возможных перемещений. В этом случае при правильном ответе выставляется полный балл, для частично правильных альтернативных решений следует оценивать логически верные шаги (рекомендуется ввести свою разбалловку).

Задача 4. Квадрокоптер.

Квадрокоптер для службы доставки должен иметь максимальную взлётную массу (считая его собственную и полезный груз) 9 кг. Считая, что радиус заметаемого круга каждого из 4 несущих винтов квадрокоптера равен 15 см, а плотность воздуха $1,29 \text{ кг/м}^3$, оцените минимальную совокупную мощность двигателей, при которой квадрокоптер сможет зависнуть в воздухе.

Возможное решение:

Пусть скорость, с которой воздух направляется винтом вертолета вниз, равна v . Тогда, очевидно, за время Δt вниз направляется такая масса воздуха Δm , которая находится в цилиндре с площадью основания, равной площади заметаемой винтом, и образующей $v\Delta t$ (2 балла):

$$\Delta m = 4\rho S v \Delta t \tag{1}$$

где S - площадь винта вертолета; ρ - плотность воздуха, здесь учтено, что винтов - 4.

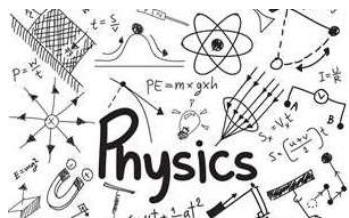
Поскольку до того, как быть разогнанным винтом до скорости v , этот воздух покоился, изменение импульса этого воздуха равно (2 балла)

$$\Delta(mv) = 4\rho S v^2 \Delta t \tag{2}$$

С другой стороны, это изменение импульса создается силой, действующей на воздух со стороны винта, которая по третьему закону Ньютона равна силе, действующей на винт со стороны воздуха, и равна силе тяжести вертолета, поскольку он находится в равновесии. Поэтому из второго закона Ньютона в импульсной форме имеем (2 балла)

$$4\rho S v^2 \Delta t = Mg \Delta t \tag{3}$$

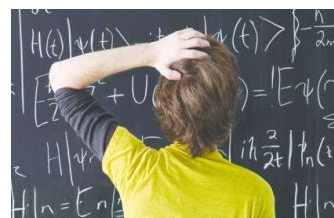
Мощность двигателя равна кинетической энергии воздуха, разогнанного в единицу времени.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Поэтому (2 балла)

$$N\Delta t = \Delta \frac{mv^2}{2} = 2\rho v^3 \Delta t S \quad (4)$$

Объединяя (3) и (4) и учитывая, что $S = \pi r^2$ получим выражение для мощности (1 балл):

$$N = \frac{1}{4r} \sqrt{\frac{M^3 g^3}{\rho \pi}}$$

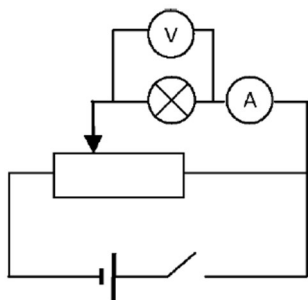
И в итоге мощность равна $N \approx 707\text{Вт}$. (1 балл)

В случае, если не учтено что двигателя 4, но всё остальное сделано правильно, рекомендуется снизить оценку за задачу не более чем на 2 балла.

Задача 5. Ламповый ВАХ.

Оборудование: два листа миллиметровки (попросите у организаторов!)

Зависимость силы тока от напряжения, приложенного к элементу, называется его вольт-амперной характеристикой, сокращённо ВАХ. Чтобы снять ВАХ миниатюрной лампы накаливания предлагается следующая схема (см. рисунок). К сожалению, реостат в схеме оказался неисправен – он может принимать только четыре значения сопротивления: 0, 10 Ом, 100 Ом, 1кОм.



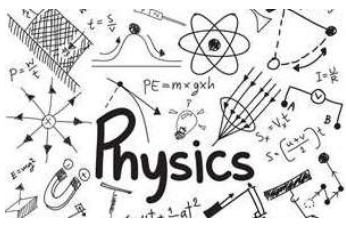
Старшеклассник Игорь нашел выход: он использовал две идентичные лампы вместо одной. Соединяя их последовательно и параллельно, а также включая в схему только одну лампу Игорь в итоге снял 12 экспериментальных точек (см. таблицу).

В таблице приведены значения тока и напряжения непосредственно на одной лампе.

U, В	I, мА
0,000	0,00
0,027	3,61
0,056	7,22
0,069	8,54
0,650	29,65
1,250	42,00
2,240	58,30
3,090	70,00
4,000	84,00
6,370	111,00
7,350	115,00

- 1) Построить ВАХ одной лампы по данным из таблицы.
- 2) Используя ВАХ одной лампы построить ВАХ двух параллельно соединенных ламп.
- 3) Используя ВАХ одной лампы построить ВАХ двух последовательно соединенных ламп.

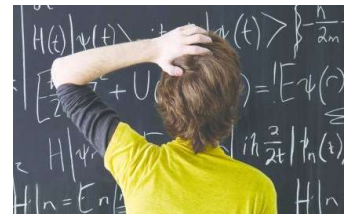
Листы миллиметровки с графиками сдаются вместе с выполненной работой!



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

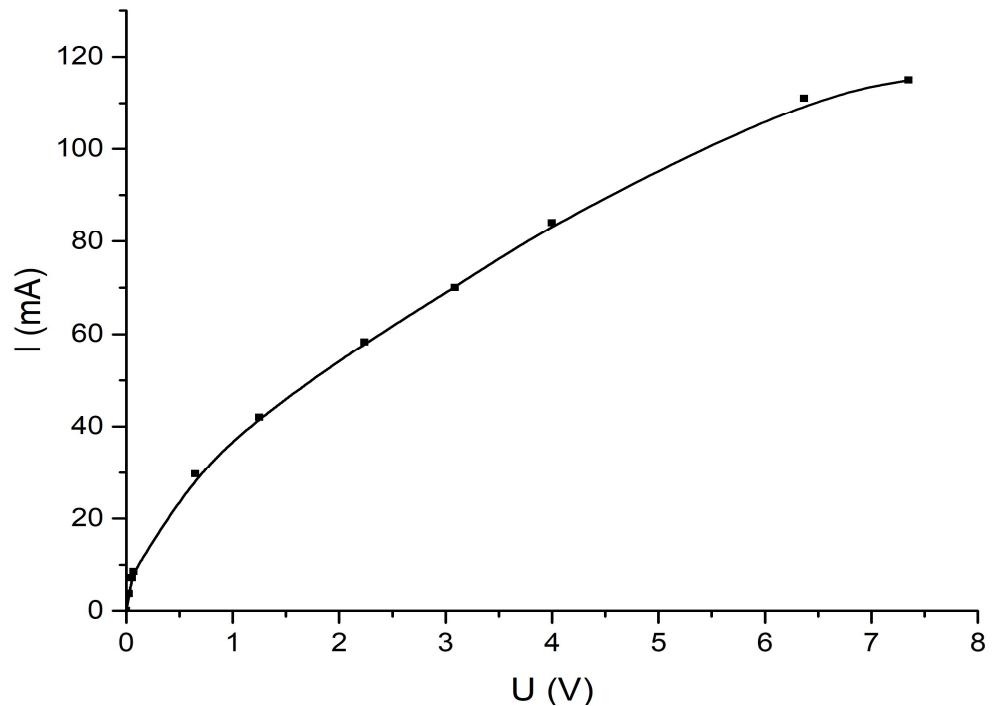
10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Возможное решение:

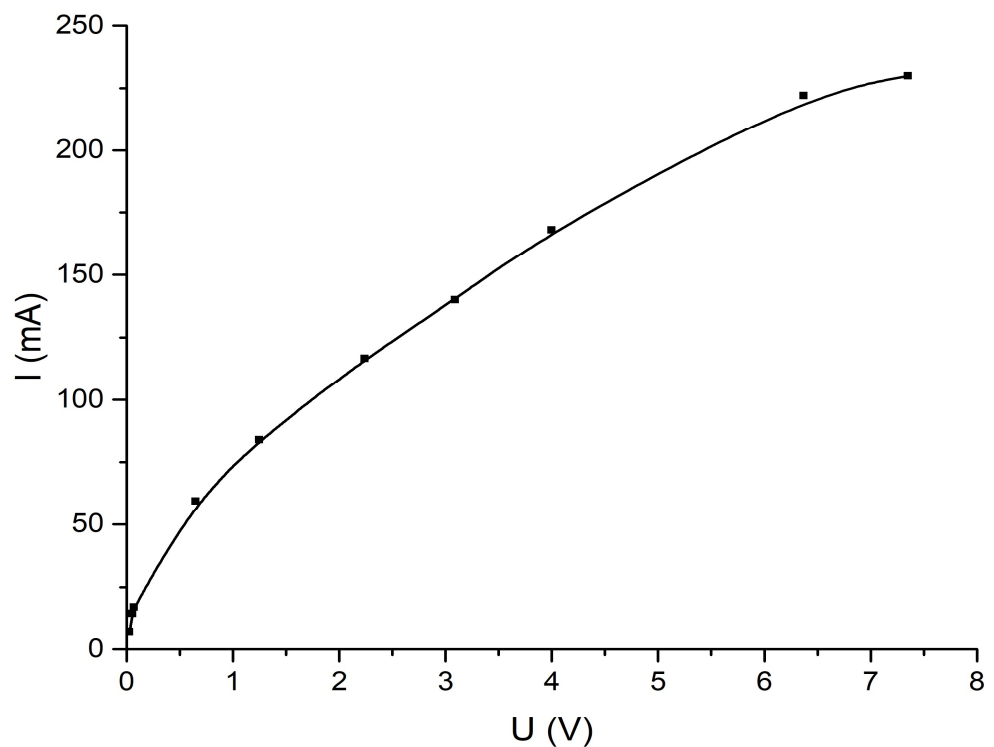
1) **2 балла** – если выбран адекватный масштаб, подписаны координатные оси, на оси нанесены деления, точки соединены плавной кривой. При наличии одного из недостатков (например, точки соединены ломаной) – *штраф 0.5 балла*.



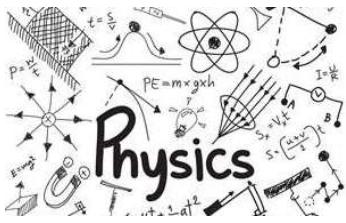
2) **1 балл** – идея о том, что при параллельном соединении токи через лампы складываются, и значит при тех же напряжениях на участке ток окажется в два раза больше, чем в случае одной лампы.

1 балл – правильно вычислены новые значения силы тока

2 балла – если выбран адекватный масштаб, подписаны координатные оси, на оси нанесены деления, точки соединены плавной кривой. При наличии одного из недостатков (например, точки соединены ломаной) – *штраф 0.5 балла*.



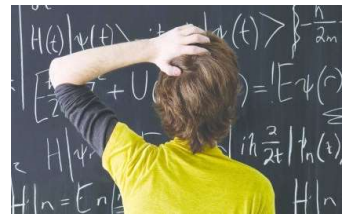
Итого за этот пункт 4 балла максимум.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

10 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



3) **1 балл** – идея о том, что при последовательном соединении напряжения на лампах складываются, и значит при тех же значениях тока через участок, напряжение окажется в два раза больше, чем в случае одной лампы.

1 балл – правильно вычислены новые значения напряжения на участке

2 балла – если выбран адекватный масштаб, подписаны координатные оси, на оси нанесены деления, точки соединены плавной кривой. При наличии одного из недостатков (например точки соединены ломаной) – **штраф 0.5 балла**.

Итого за этот пункт 4 балла максимум.

