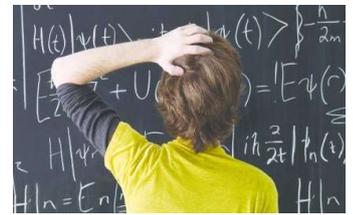


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

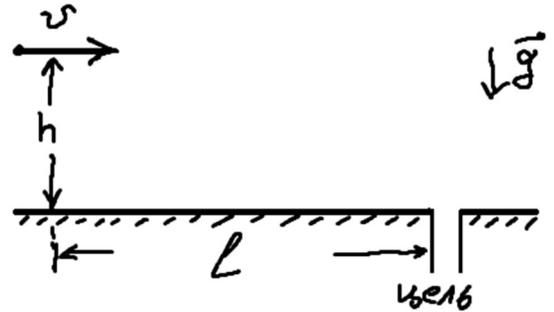
9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Задача 1. Компьютерные игры.

Ваня играет на компьютере. В одном из уровней его персонаж летит на самолете над поверхностью очень большой планеты на небольшой высоте h , и ему нужно доставить груз в маленький глубокий кратер. Кратер можно обнаружить не раньше, чем самолет подлетит к нему на расстояние l по горизонтали (см. рисунок). Персонажу на прицеливание нужно время Δt , груз выпускается без начальной скорости относительно самолета. С какой максимальной скоростью может лететь самолет? Ускорение свободного падения на этой планете обозначьте за g и считайте постоянным.



Возможное решение:

По условию груз выпадает из самолета без начальной скорости, т.е. его начальная скорость вдоль вертикальной оси равна нулю, а вдоль горизонтальной оси равна скорости самолета v . (1 балл).

Расстояние по вертикали, которое надо пролететь грузу, равно h . Допустим, груз летит время t . Тогда уравнение движения груза вдоль вертикальной оси будет $h = gt^2/2$ (2 балл).

По условию, кратер можно заметить только в момент, когда расстояние между самолетом и кратером становится равно l по горизонтали. Весь путь l груз пролетел со скоростью v вдоль оси x : сначала в истребителе, затем сам. Таким образом, уравнение движения вдоль горизонтали для груза выглядит следующим образом: $l = v \cdot (t + \Delta t)$ (2 балл)

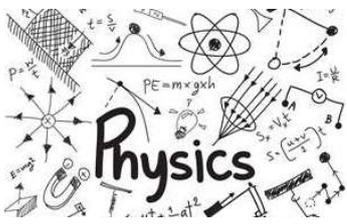
Если выразить время движения груза через h и подставить в уравнение движения вдоль горизонтальной оси, то выражение для скорости получится следующим (2 балла):

$$v = \frac{l}{\Delta t + \sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

Теперь докажем, что полученная скорость максимальна. Единственная возможность изменить данный ответ, это задержать выброс груза на время t_1 (1 балл). Тогда полученная скорость будет выглядеть так:

$$v = \frac{l}{\Delta t + t_1 + \sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

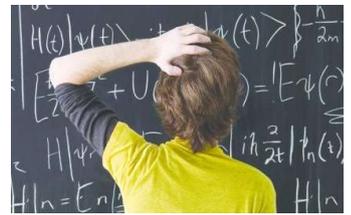
Ясно, что максимум данного выражения будет при $t_1 = 0$, что и требовалось доказать (2 балла).



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.

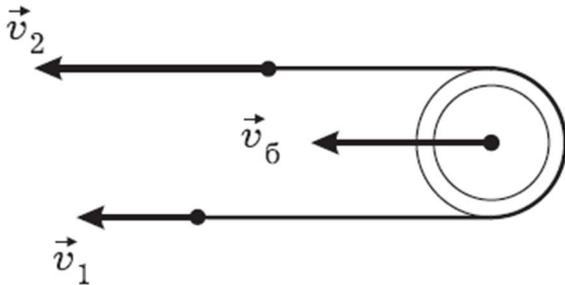


Задача 2. Сложная система с блоками.

В системе, изображенной на рисунке, верхний блок движется со скоростью $v_1 = 3$ м/с вверх, груз 3 движется также вверх со скоростью $v_3 = 2$ 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 2 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,

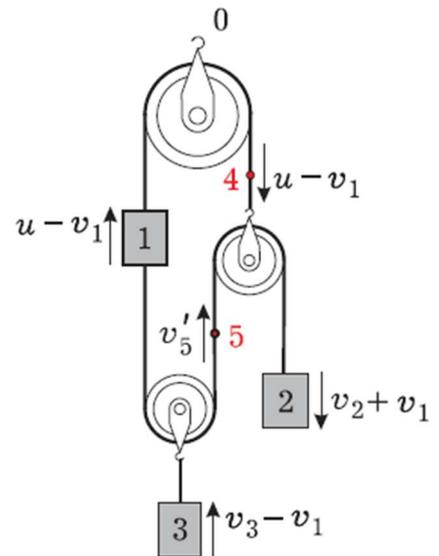
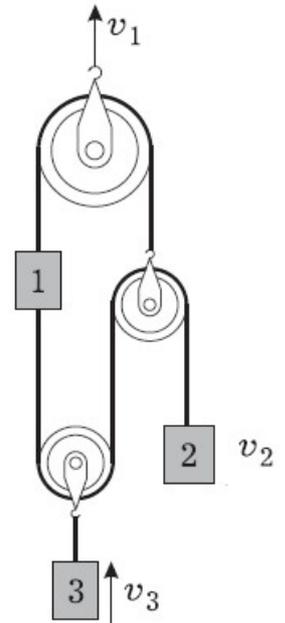
$$v_6 = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (*)$$

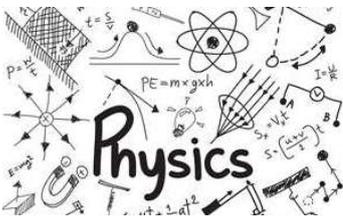
(2 балла за обоснованное получение данной связи в векторном виде или в виде проекций; если формула просто записана или используется без доказательства, то ставится 1 балл)

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.

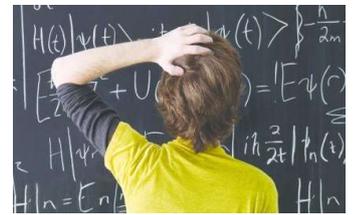




**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 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:

$u = 4 + 4 \cdot 3 - 2 \cdot 2 = 12$ м/с и $u = 1 + 4 \cdot 3 - 2 \cdot 2 = 9$ 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:

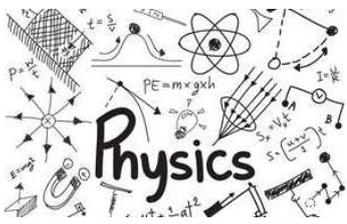
$u = 4 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 4 = 4$ м/с и $u = 4 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 1 = 7$ м/с.

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).

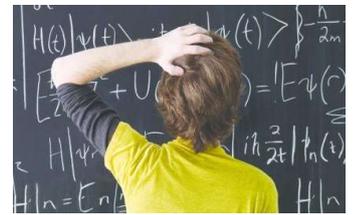
Всего за задачу 10 баллов.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

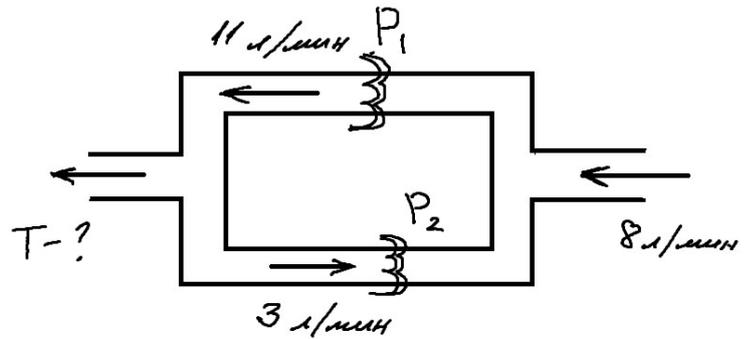
9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Задача 3. Нагревательный контур.

Начинающий изобретатель Андрей придумал схему нагревательного устройства для воды (см. схему). В систему вода при температуре 22°C подается с помощью насоса производительностью 8 л/мин . Направление движения воды внутри устройства указано на схеме. Андрей установил два нагревателя мощностями 7 кВт и 12 кВт соответственно и стал проверять работоспособность системы.



Какую температуру будет иметь вода на выходе из контура? Считать, что тепловые потери в системе составляют 10% от подводимого тепла. Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, ее плотность $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Возможное решение:

Уравнение теплового баланса для нагревания воды: $Q = c\Delta T$ (2 балла), где Q – теплота, полученная водой, c – удельная теплоемкость, m – масса нагреваемой воды, ΔT – изменение температуры.

Вода, попадающая в систему с двумя нагревателями, получают теплоту, которую производят два нагревателя вместе за вычетом тепловых потерь. Т.е. $Q = 0,9(P_1 + P_2)\cdot t$ (2 балла).

Масса воды, попадающей в контур за время t это $m = w\rho t$, где w – это производительность насоса, ρ – плотность воды. (2 балла). Столько же воды за это время выливается с другой стороны нагревательного контура. Причем вливается вода при температуре 22 градуса, а выливается нагретая при той температуре, которую мы ищем. Переведем производительность насоса: $w = 8 \text{ л/мин} = 0,008 \text{ м}^3/60 \text{ с}$ (1 балл)

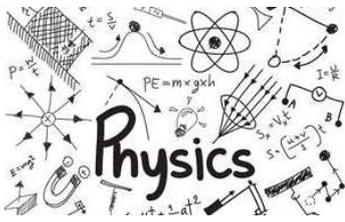
Тогда: $0,9(P_1 + P_2)\cdot t = cw\rho t(T - T_0)$, (1 балл) найдем отсюда T :

$$T = \frac{0,9(P_1 + P_2)}{cw\rho} + T_0 = \frac{0,9(7000 + 12000)}{4200 \cdot 0,008/60 \cdot 1000} + 22 = 52,5^{\circ}\text{C}$$

Верный конечный ответ 2 балла.

Участник может не записывать промежуточные уравнения, сразу записав уравнение теплового баланса. Если уравнение записано без ошибок, то за все предыдущие шаги выставляются полные баллы. Если есть ошибки, то баллы снимаются за те пункты, которые привели к ошибке.

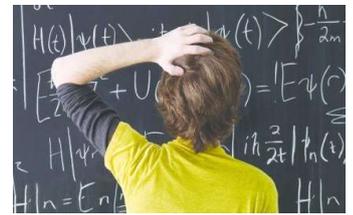
Также участник может не выполнять отдельно перевод единиц производительности насоса, а выполнить этот перевод непосредственно при подстановке. Балл за перевод единиц ставится и в этом случае тоже, если это действие выполнено без ошибки.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

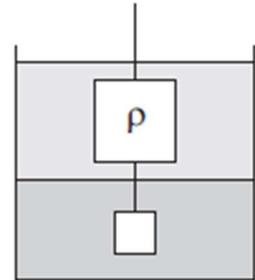
9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



Задача 4. Два тела, две жидкости.

Цилиндрический сосуд наполнили водой (1000 кг/м^3) и машинным маслом (900 кг/м^3). Затем в сосуд опустили два кубика, связанных ниточкой (см. рисунок). Кубики сплошные, массы кубиков равны. Верхний кубик имеет плотность 600 кг/м^3 и целиком погружен в верхнюю жидкость, нижний кубик целиком находится в нижней жидкости. В этот момент сила натяжения верхней нити оказалась втрое меньше силы натяжения нити между кубиками.



- 1) Пусть объем верхнего кубика равен 200 см^3 . Чему равна сила натяжения нити между кубиками?
- 2) Каковую плотность имеет нижний кубик?

Возможное решение:

Так как плотность машинного масла меньше плотности воды, то снизу в сосуде находится вода, а сверху машинное масло. (1 балл)

Пусть T – сила натяжения нити между кубиками, тогда $T/3$ – сила натяжения верхней нити. Запишем условие равновесия для верхнего кубика:

$$\rho_m Vg + T/3 = T + \rho Vg \text{ (2 балла).}$$

Здесь ρ_m – плотность масла, ρ – плотность материала верхнего кубика, V – его объем.

$$\text{Тогда } T = 3(\rho_m - \rho)Vg/2 = 3(900 - 600) \cdot 200 \cdot 10^{-6} \cdot 10/2 = 0,9 \text{ Н. (2 балла)}$$

Так как массы кубиков одинаковы, то $\rho V = \rho_2 V_2$, (1 балл) где ρ_2 – плотность нижнего кубика, а V_2 – его объем, $V_2 = \rho V/\rho_2$

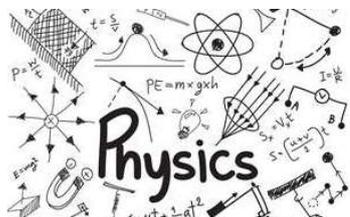
Запишем тогда условие равновесия нижнего кубика:

$$T + \rho_2 V_2 g = \rho V g, \text{ (2 балла)}$$

отсюда с учетом написанного выше $T + \rho_2 \rho V/\rho_2 = \rho V g$, тогда

$$\rho_2 = \frac{\rho_2 \rho V g}{\rho V g - T} = 4000 \text{ кг/м}^3$$

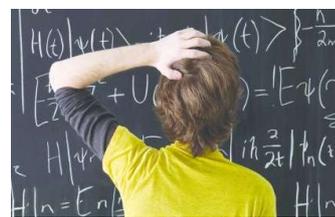
Получение верного значения плотности второго кубика 2 балла.



Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике

9 класс, 2022/2023 учебный год

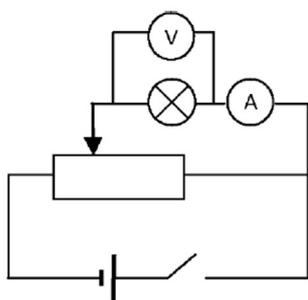
Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



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.

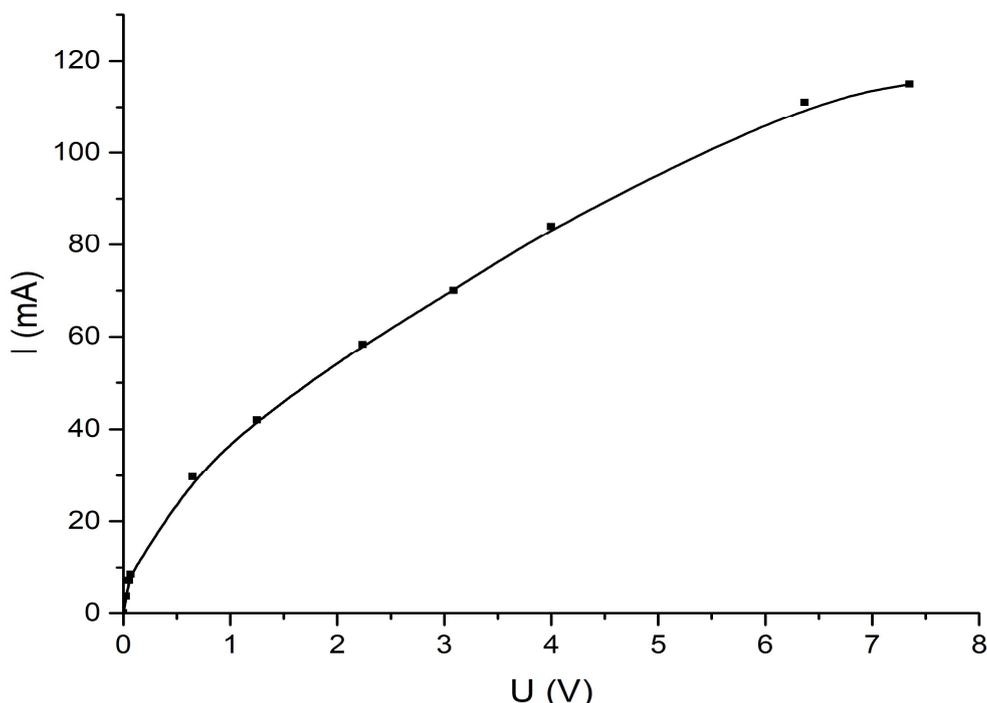
U, В	I, mA
0,000	0,00
0,027	3,61
0,056	7,22
0,069	8,54
0,650	29,65
1,250	42,00
2,240	58,30
3,090	70,00
4,000	84,00
6,370	111,00
7,350	115,00

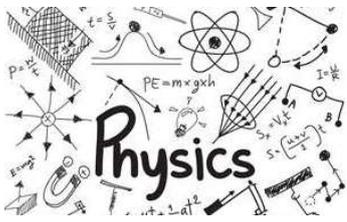
- 1) Построить ВАХ одной лампы по данным из таблицы.
- 2) Используя ВАХ одной лампы построить ВАХ двух параллельно соединенных ламп.
- 3) Используя ВАХ одной лампы построить ВАХ двух последовательно соединенных ламп.

Листы миллиметровки с графиками сдаются вместе с выполненной работой!

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*.

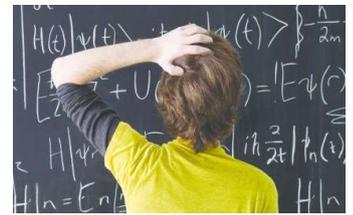




**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2022/2023 учебный год

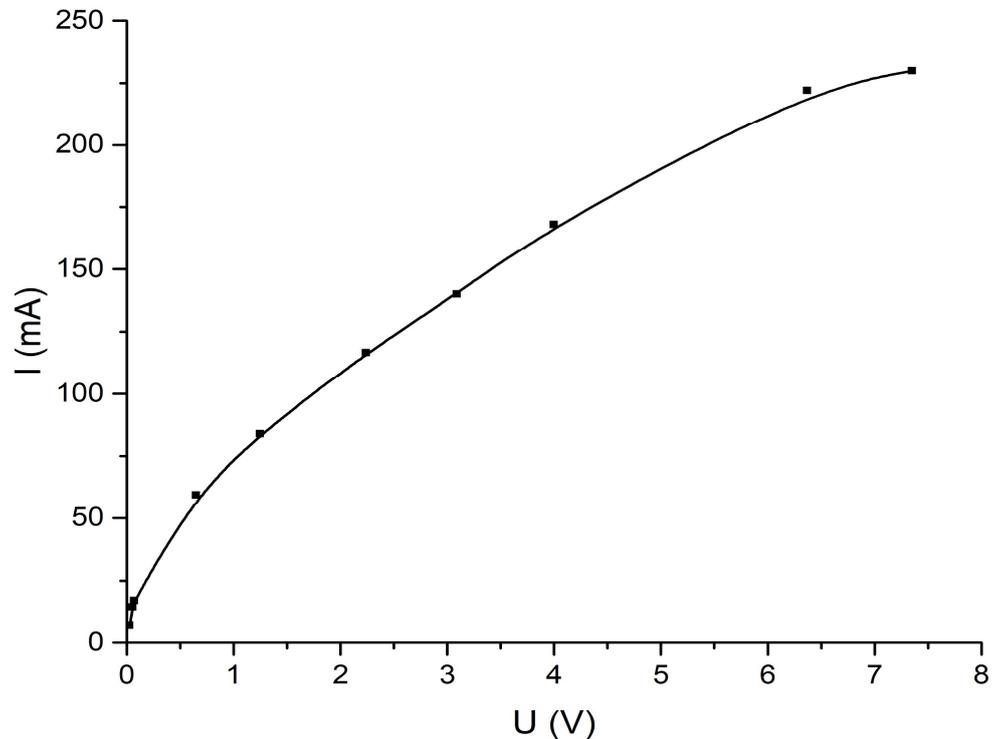
Длительность 3 часа 50 минут. Максимум 50 баллов.



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.**

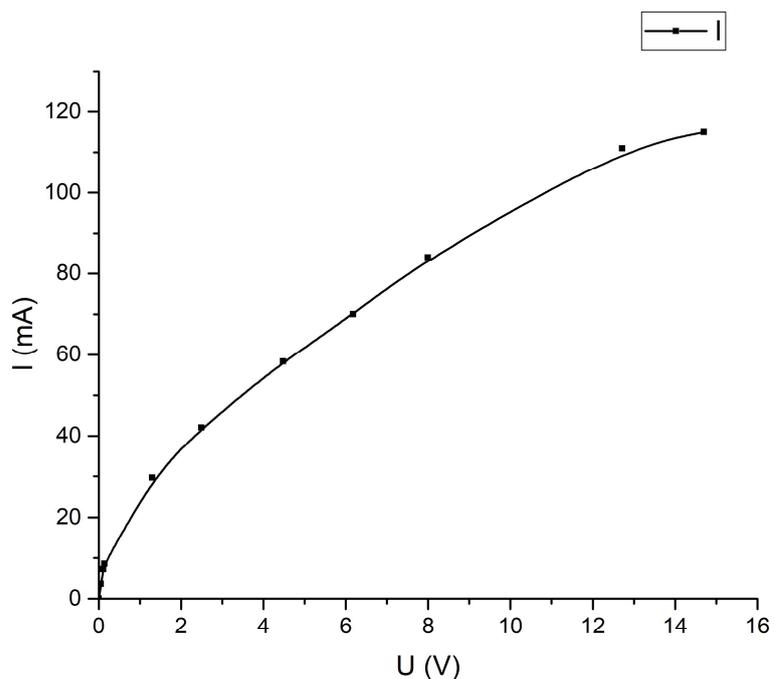


Итого за этот пункт 4 балла максимум.

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.