

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2021-2022  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ  
10 КЛАСС**

**Возможные решения, рекомендуемые критерии оценки, методические рекомендации**

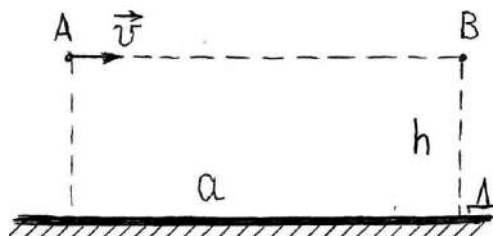
1. «Самолёт». (10 баллов) Самолёт летит горизонтально на высоте  $h=9$  км со скоростью, превосходящей в 2 раза скорость звука. На каком наименьшем расстоянии по горизонтали от стоящего на земле человека должна находиться точка, из которой звук самолёта дойдёт до человека раньше, чем из точки, находящейся над его головой.

1. «Самолёт». **Возможное решение.** Задачная ситуация изображена на рисунке. Точка А – искомое положение самолёта. Точка Д – место нахождения человека.

Обозначим  $c$  – скорость звука.

Время распространения звука от точки А до точки Д

$$t_1 = \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{c} \quad (1)$$



Время полёта самолёта от точки А до точки В равно  $t_2 = \frac{a}{v}$  (2)

Время распространения звука от точки В до точки Д равно  $t_3 = \frac{h}{c}$  (3)

Согласно условию  $\frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{c} < \frac{a}{v} + \frac{h}{c}$  (4.1)

Учитываем, что  $v = 2 \cdot c$ , получаем  $\frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{c} < \frac{a}{2c} + \frac{h}{c}$  (4.2)

Значит  $a < \frac{4}{3}h$  (5)

Ответ:  $a < 12$  км

**Рекомендуемые критерии оценки**

- Сделан рисунок к задаче 1 балл
- За каждой из соотношений (1), (2), (3) добавлять по 1 баллу
- За неравенство 4 ((4.1.) или (4.2)) добавить 2 балла
- За решение неравенства и получение (5) добавить 3 балла
- За правильный числовой ответ добавить 1 балл
- Если ответ записан в виде равенства, то снизить оценку на 2 балла.

2. «Клин». (10 баллов). На горизонтальной гладкой поверхности находится изначально покоящийся клин с углом наклона  $\alpha=15^\circ$  к горизонту. В нижней части наклонная поверхность клина имеет плавный изгиб, делающий её сопряжённой с горизонтальной поверхностью. По горизонтальной плоскости скользит небольшая шайба массы  $m=0,1$  кг со скоростью  $v=5$  м/с. Шайба наезжает на клин и начинает подниматься вверх по его поверхности. При какой максимальной высоте клина шайба поднимется по нему на самый верх? Масса клина  $M=0,4$  кг. Трением между клином и горизонтальной поверхностью можно пренебречь. Принять ускорение свободного падения равным  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

2. «Клин». **Возможное решение.**

Модель ситуации: шайба наезжая на клин заставляет его двигаться. При максимальной высоте клина шайба доезжает до вершины клина и «замирает» относительно его поверхности, т.е. в этот момент скорости шайбы и клина становятся одинаковыми (равными  $u$ ).

(1)

Согласно закону сохранения энергии

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{(m+M)u^2}{2} + mgH \quad (2)$$

На систему «шайба-клин» действуют внешние силы, направленные вертикально (силы тяжести и нормальной реакции горизонтальной поверхности), следовательно, проекция импульса этой системы на горизонтальное направление не изменяется (3)

$$mv = (m + M)u \quad (4)$$

Из уравнений (2) и (4) получаем

$$H = \frac{v^2}{2g(1 + \frac{m}{M})} \quad (5)$$

Подставляя числовые данные, получаем  $H=1\text{ м}$  (1)

### Рекомендуемые критерии оценки

За обоснование, что в верхней точке скорости шайбы и клина становятся одинаковыми ставить 2 балла (если обоснования нет, но в решении учитывается, что эти скорости становятся одинаковыми, то за это понимание ставить 1 балл).

Запись закона сохранения энергии 2 балла

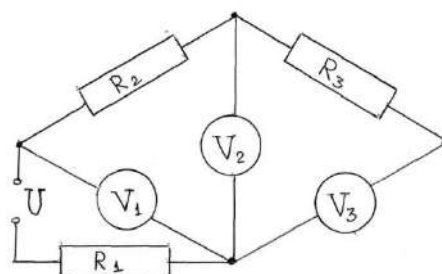
Обоснование сохранения горизонтальной проекции суммарного импульса 1 балл (если просто имеется ссылка на закон сохранения импульса, то этот балл не ставить)

Запись закона сохранения горизонтальной проекции импульса 2 балл

Решение системы уравнений 2 балла

Получение численного ответа 1 балл

3. «Схема». (10 баллов). Три проводника с одинаковыми сопротивлениями и три одинаковых вольтметра подключены к источнику постоянного напряжения так, как это показано на рисунке. Показания вольтметров  $U_1 = 2\text{ В}$ ,  $U_3 = 18\text{ В}$ . Найти показания второго вольтметра



3. «Схема». **Возможное решение.** Связь напряжений вольтметрах с силами тока через них и внутренними сопротивлениями вольтметров  $U_1 = I_1 r$ ,  $U_2 = I_2 r$ ,  $U_3 = I_3 r$  (1)

Напряжение на первом вольтметре равно сумме напряжений на втором проводнике и на втором вольтметре  $U_1 = U_{R_2} + U_2$  (2)

Сила тока во втором проводнике равна сумме сил тока через второй и через третий вольтметры  $I_{R_2} = I_2 + I_3$  (3)

С учётом закона Ома получаем  $U_1 = (I_2 + I_3)R + U_2$  (4)

С учётом соотношений (1) можно записать, что  $U_1 = I_3(\frac{U_2}{U_3} + 1)R + U_2$  (5)

$U_2 = I_3 R + U_3$  (6)

$$\text{откуда} \quad R = \frac{U_2 - U_3}{I_3} \quad (7)$$

$$\text{Подставив (7) в (5) получаем} \quad U_1 = (U_2 - U_3)\left(\frac{U_2}{U_3} + 1\right) + U_2,$$

$$\text{Откуда} \quad U_2^2 + U_2 U_3 - U_3(U_1 + U_3) = 0 \quad (8)$$

Решая квадратное уравнение, получаем

$$U_2 = 0,5 \left( \sqrt{U_3^2 + 4U_3(U_1 + U_3)} - U_3 \right) \quad (9) \quad U_2 = 12\text{ В} \quad (10)$$

### Рекомендуемые критерии оценки.

За каждый пункт ставить 1 балл.

В случае иного хода решения разбалловку следует определять самостоятельно, придерживаясь представленного в критериях подхода.

4. «Цилиндр». (10 баллов). В цилиндрический сосуд, площадь основания которого  $S=11\text{ см}^2$ , положили кубик льда массой  $m_0 = 11\text{ г}$ , при температуре  $t = -10^\circ\text{С}$ . Какое минимальное количество теплоты необходимо сообщить льду, чтобы уровень образовавшейся воды перестал изменяться по мере таяния льда? Удельная теплоёмкость льда  $c_{\text{л}} = 2,1\text{ Дж/г} \cdot \text{К}$ . Плотность

льда  $\rho_{\text{л}} = 0,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Удельная теплота плавления льда  $\lambda_{\text{л}} = 330 \text{ Дж/г}$ . Следует считать, что в процессе плавления кубик остаётся кубиком.

#### 4. «Цилиндр». Возможное решение.

Уровень воды в цилиндре перестанет изменяться после того как лёд всплывет (1)

Поскольку этот уровень будет оставаться неизменным до того как лёд весь растает,

$$\text{то его высоту } h \text{ можно найти по формуле } h = \frac{m_0}{S\rho_{\text{в}}} \quad (2)$$

Такой же будет глубина погружения кубика в воду в момент его всплытия (3).

Кубик всплывает, когда архимедова сила становится равной силе тяжести (4)

Пусть  $a$ - длина ребра кубика, в момент его всплытия, тогда

$$\text{условие плавания для момента всплытия } \rho_{\text{л}}a^3g = \rho_{\text{в}}a^2hg \quad (5)$$

$$\text{Отсюда находим } a = \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}}h = \frac{m_0}{S\rho_{\text{л}}} \quad (6)$$

$$\text{Масса растаявшего льда будет равна } \Delta m = m_0 - \rho_{\text{л}}a^3 = m_0 \left(1 - \frac{m_0^2}{S^3\rho_{\text{л}}^2}\right) \quad (7)$$

Чтобы кубик всплыл надо весь лёд нагреть до  $0^\circ\text{C}$  и часть льда расплавить, поэтому

$$Q = c_{\text{л}}m_0(0 - t) + \lambda_{\text{л}}m_0 \left(1 - \frac{m_0^2}{S^3\rho_{\text{л}}^2}\right) \quad (8)$$

Подставив числовые данные, получаем  $Q = 3,5 \text{ кДж}$  (9)

#### Рекомендуемые критерии оценки.

За каждый пункт 1-7 и 9 ставить 1 балл.

За пункт (8) ставить 2 балла. При решении по частям оценку не снижать.

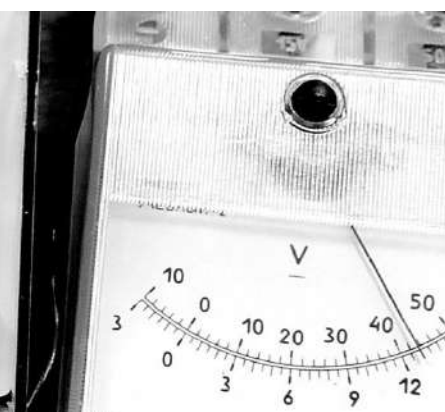
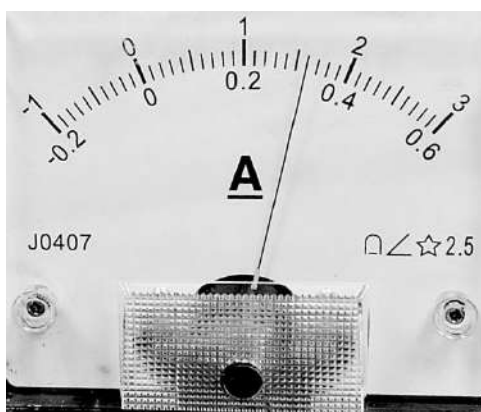
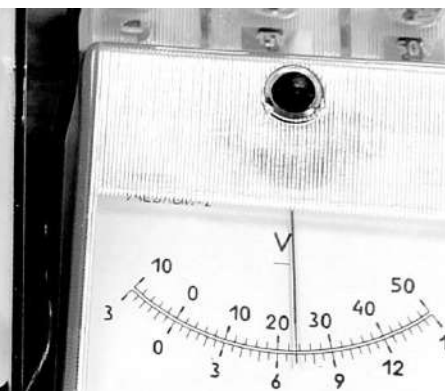
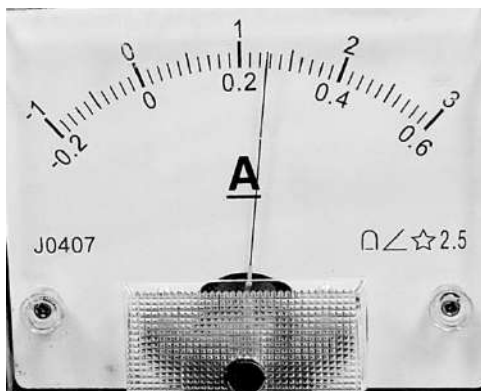
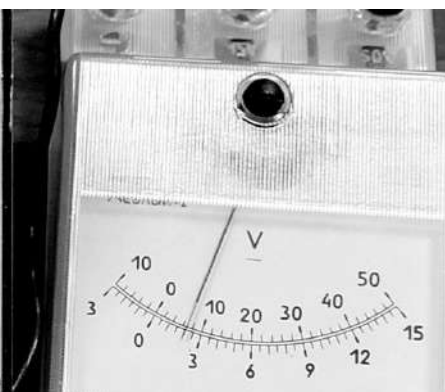
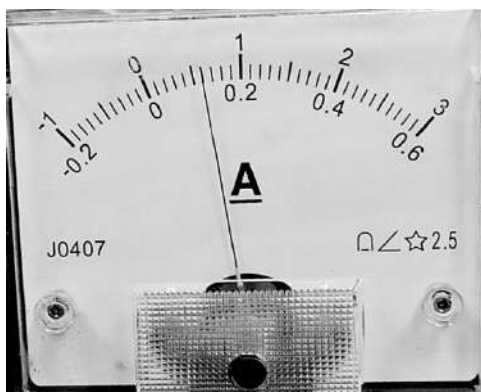
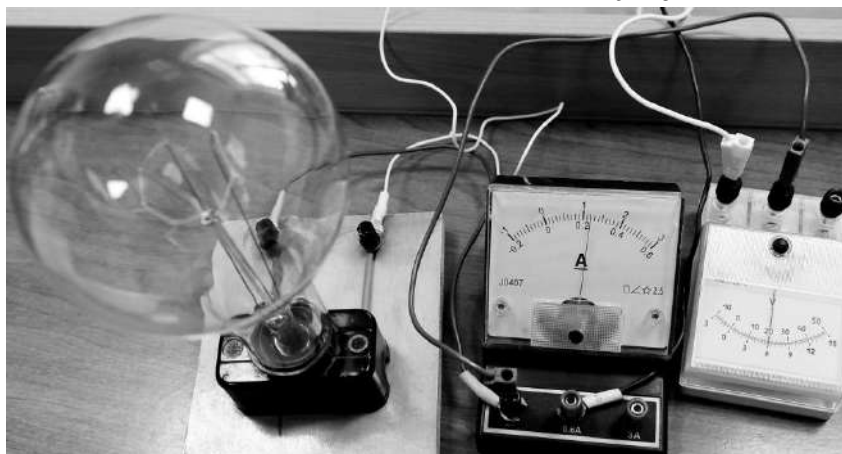
Если некоторые пункты не описаны, но учтены, то оценку не снижать.

#### 5. «Лампа». (Задание разработано М.С Красиным, Е.А. Осиповой, А.И. Осиповым, КГУ им. К.Э. Циолковского) (10 баллов).

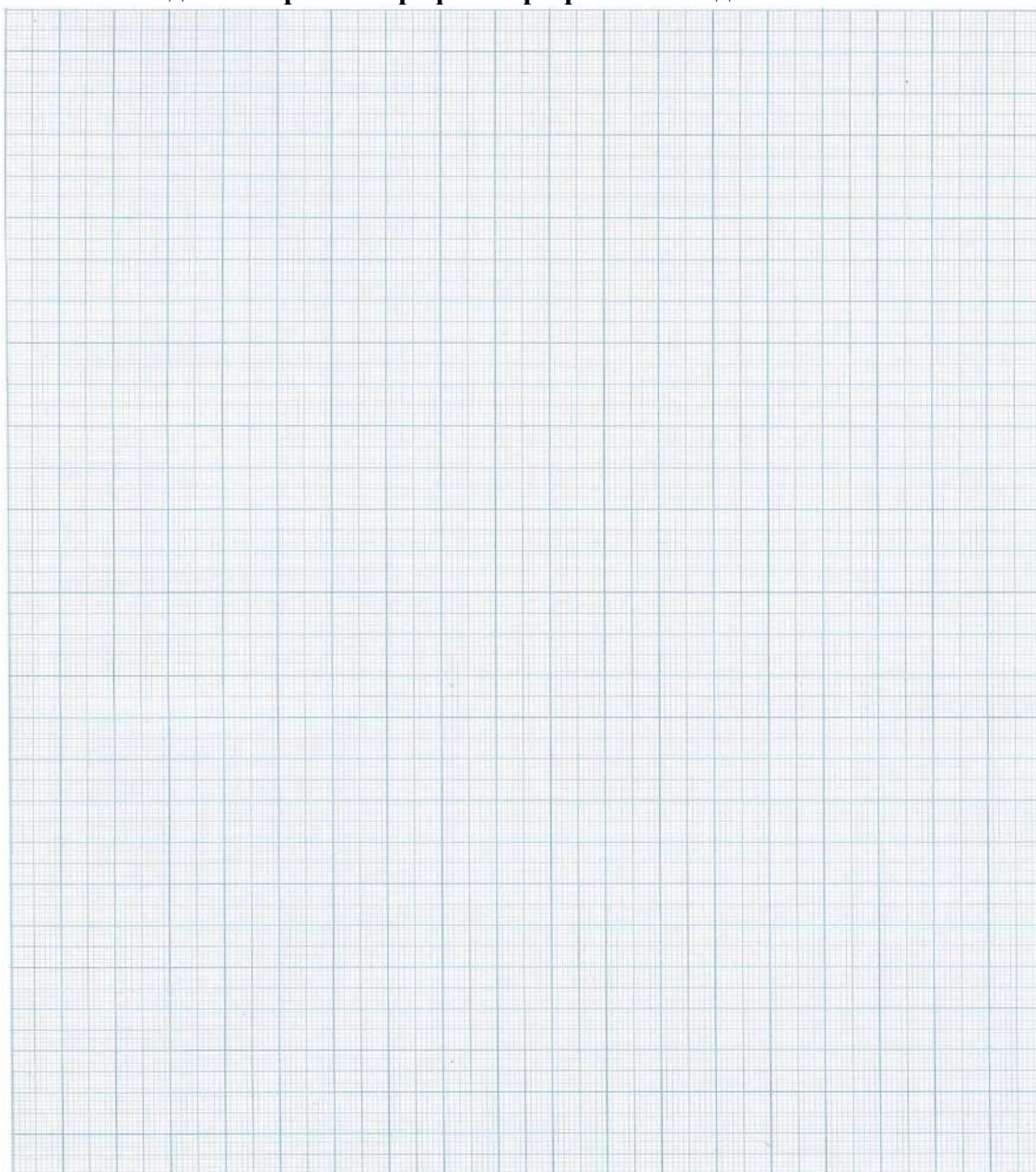
Десятиклассник Лампочкин нашёл в кладовке большую электрическую лампу и решил исследовать зависимость силы тока в лампе от приложенного к ней напряжения. Для этого он раздобыл амперметр, вольтметр, регулируемый источник напряжения и соединительные провода. Фотография его установки представлена на верхнем рисунке листа 2. Затем он составил таблицу и, постепенно увеличивая напряжение на источнике, стал записывать показания приборов в таблицу. Иногда он ещё делал фотографии приборов (они также приведены на листе 2). Когда измерения уже были окончены, бабушка позвала внука обедать. Но она не позвала кота Мурзика. Поэтому, когда Лампочкин ушёл, Мурзик немного поскрёб когтями по тетрадке с записями. В результате таблица приняла вид, который сейчас перед Вами.

U, В	0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	11,0
I, А	0		0,16			0,24				0,32

С помощью сохранившихся фотографий и вольт-амперной характеристики (график зависимости силы тока от напряжения) восстановите записи Лампочкина. При снятии показаний приборов учтите, что они были подключены так, что рабочими у них были нижние шкалы (до 0,6 А и до 15 В). Для более точного построения графика можете воспользоваться координатной бумагой, представленной на «Листе для построения графика»



### Лист для построения графика при решении задания 5. «Лампа»



#### 5. «Лампа». Возможное решение.

После восстановления сведений по фотографиям приборов таблица принимает вид

U, В	0	<b>2,0</b>	3,0	4,0	5,0	6,0	<b>7,0</b>	9,0	11,0	<b>13,0</b>
I, А	0	<b>0,12</b>	0,16	0,20			<b>0,26</b>			<b>0,32</b>

Остальные сведения можно найти по вольт-амперной характеристике

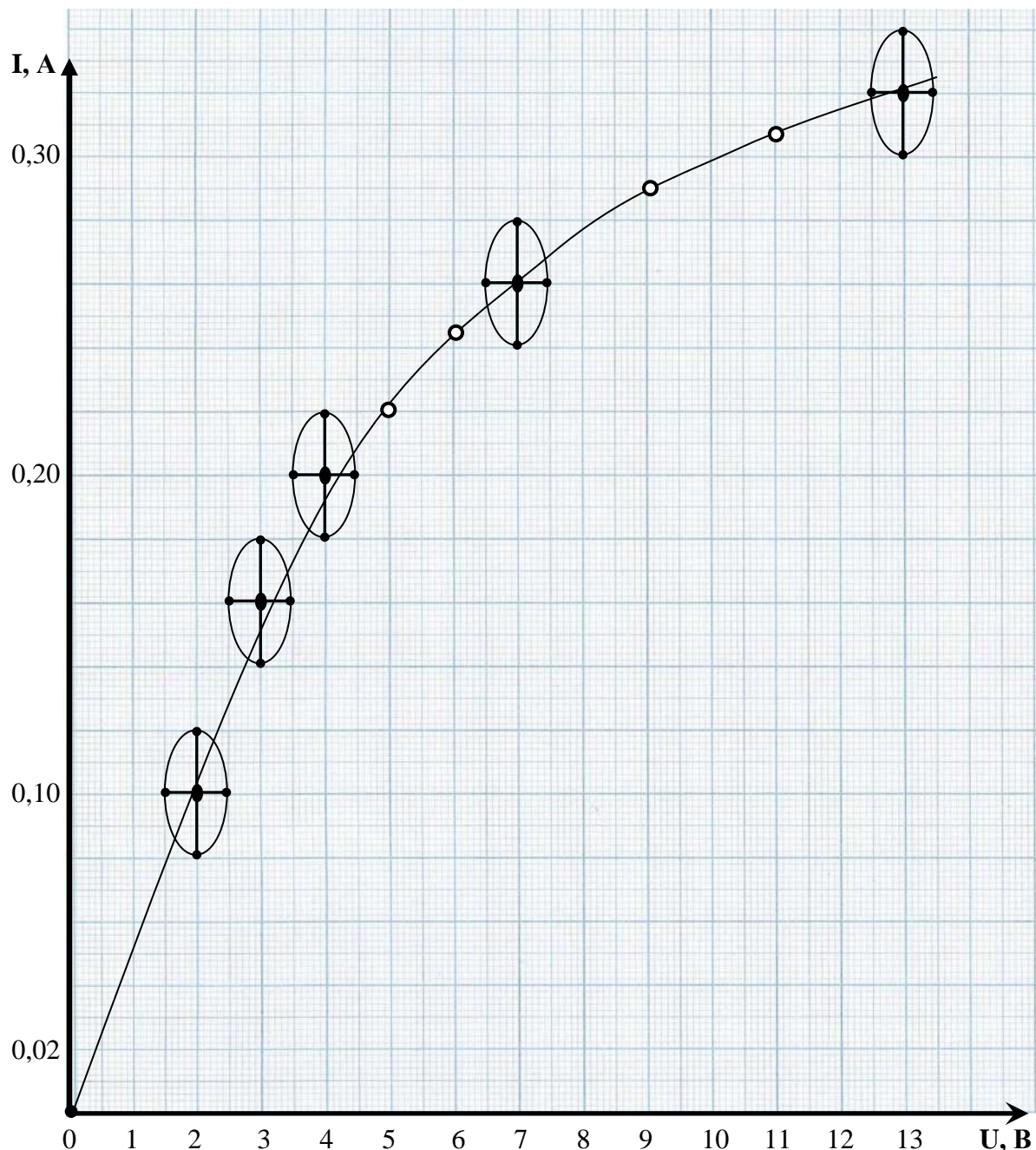
Масштаб по оси абсцисс (оси U) удобно принять, чтобы одно большое деление соответствовало 1 В, одно малое – 0,1 В.

Масштаб по оси ординат (оси I) позволяет принять одно большое деление равным 0,02 А

Отмечаем экспериментальные точки. От каждой точки влево вправо вверх и вниз откладываем отрезки, соответствующие погрешности измерения напряжения

(0,5 В – 0,5 клетки и 0,2 А – 1 клетка). Вокруг получившихся крестов проводим эллипсы, которые ограничивают на графике область допустимых положений истинных значений силы тока и напряжения.





Анализ графика показывает, что через эти области нельзя провести прямую, следовательно, зависимость имеет нелинейный характер. Проводим плавную линию, проходящую наиболее близко к каждой экспериментальной точке. Эта интерполирующая линия иллюстрирует взаимосвязь силы тока и напряжения в этом процессе. Получилась вольт-амперная характеристика. На интерполирующей линии отмечаем точки с координатами напряжений из таблицы и по этим точкам находим соответствующие им значения силы тока. На основании полученных результатов восстанавливаем таблицу Лампочкина. Значения силы тока и напряжения, полученные по графику интерполирующей линии, округляем в соответствии с допустимыми погрешностями измерения этих величин

U, В	0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	11,0	13,0
I, А	0	0,12	0,16	0,20	<b>0,22</b>	<b>0,24</b>	0,26	<b>0,29</b>	<b>0,31</b>	0,32

#### Рекомендуемые критерии оценки.

5.1. Заполнение таблицы по фотографиям 3 балла.

Если по сведениям из фотографий таблица заполнена с ошибками, то ставить 1 балл

5.2. Построение графика зависимости силы тока от напряжения с отметкой экспериментальных точек в виде точек при любом масштабе осей и вне зависимости от того на какой основе построен график ставить 1 балл

Если проведена интерполирующая линия с изгибом, то вне зависимости от её точности ставить 1 балл

Если график построен на масштабной бумаге, добавить 1 балл.

Если выбран удачный масштаб, позволяющий точно откладывать экспериментальные точки, то добавить 1 балл.

Если возле экспериментальных точек отмечены крестики с погрешностями, причём размеры крестиков соответствуют погрешностям величин, то добавить 1 балл

Если выделены эллиптические или прямоугольные области допустимых положений экспериментальных точек, то добавить 1 балл.

Если значения, найденные по графику вольт-амперной характеристики отличаются от приведённых ниже, не более, чем на 0,02 А или 0,5 В то добавить 1 балл.

U, В	0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	11,0	13,0
I, А	0	0,12	0,16	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32

Если вольт-амперная характеристика не строилась, а числовые значения определялись исходя из предположения о линейности каждого участка между соседними значениями сохранившимися в таблице или на фотографиях, то за пункт 5.2. ставить 3 балла в случае, если они отличаются от приведённых ниже, не более, чем на 0,02 А или 0,5 В. При условии наличия обоснований для этого.

Если обоснований нет, но найденные значения достаточно точные, то ставить 2 балла.

Если значения отличаются более, чем отмеченные, то ставить 1 балл