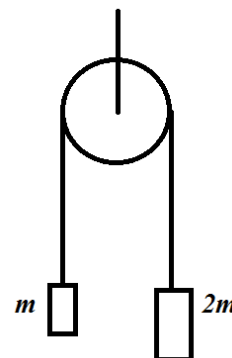


Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	10.11.2025	10.00	13.00

1. Тянем-потянем...

Система состоит из невесомого блока с перекинутой через него легкой нерастяжимой нитью, на концах которой прикреплены грузы массой m и $2m$. С каким ускорением надо двигать ось блока, чтобы система двигалась вертикально и при этом ускорения грузов отличались в два раза по величине? Ускорение свободного падения g .



Возможное решение:

Направим ось вертикально вниз, запишем 2 закон Ньютона для тел и получим связь ускорений блока и тел из нерастяжимости нити (кинематическая связь).

$$\begin{cases} ma_1 = mg - T \\ 2ma_2 = 2mg - T \\ a = \frac{a_1 + a_2}{2} \end{cases}$$

условие на ускорения $\left| \frac{a_1}{a_2} \right| = 2$; $\frac{1}{2}$ дает нам 4 случая

1) $a_2 = \frac{1}{2}a_1$

$$\begin{cases} ma_1 = mg - T \\ 2m \frac{1}{2}a_1 = 2mg - T \\ a = \frac{a_1 + \frac{1}{2}a_1}{2} = \frac{3}{4}a_1 \end{cases} \text{ не имеет решения,}$$

в этом случае нить будет провисать $T=0$

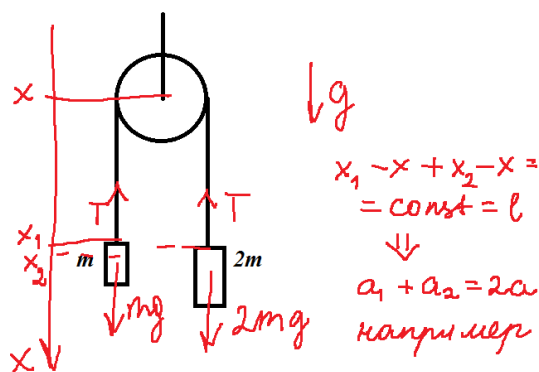
2) $a_2 = 2a_1$

$$\begin{cases} ma_1 = mg - T \\ 2m2a_1 = 2mg - T \\ a = \frac{a_1 + 2a_1}{2} = \frac{3}{2}a_1 \end{cases}$$

дают решение $a_1 = \frac{1}{3}g$, $a = \frac{1}{2}g$, ускорение блока направлено вниз

3) $a_2 = -\frac{1}{2}a_1$

$$\begin{cases} ma_1 = mg - T \\ -2m \frac{1}{2}a_1 = 2mg - T \\ a = \frac{a_1 - \frac{1}{2}a_1}{2} = \frac{1}{4}a_1 \end{cases}$$



Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	10.11.2025	10.00	13.00

дают решение $a_1 = -\frac{1}{2}g, a = -\frac{1}{8}g$, ускорение блока направлено вверх

4) $a_2 = -2a_1$

$$\begin{cases} ma_1 = mg - T \\ -2m2a_1 = 2mg - T \\ a = \frac{a_1 - 2a_1}{2} = -\frac{1}{2}a_1 \end{cases}$$
 дают решение $a_1 = -\frac{1}{5}g, a = \frac{1}{10}g$, ускорение блока направлено вниз

Итого 3 решения :

$a = \frac{1}{2}g$, ускорение блока направлено вниз;

$a = -\frac{1}{8}g$, ускорение блока направлено вверх;

$a = \frac{1}{10}g$, ускорение блока направлено вниз

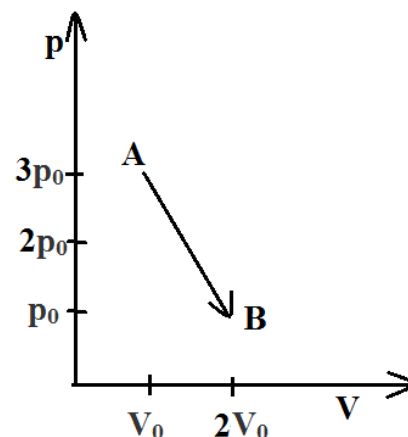
Критерии оценивания:

		баллы
1.	выписан 2 закон Ньютона для 1 тела $ma_1 = mg - T$	1
2.	выписан 2 закон Ньютона для 2 тела $2ma_2 = 2mg - T$	1
3.	Найдена связь между ускорениями блока и тел $a = \frac{a_1 + a_2}{2}$, если рассматриваем проекции ускорений на ось x	1
4.	условие на ускорения дает 4 случая	0,5
5.	Нахождение решения в первом случае (нет решения, нить провисает)	0,5
6.	2 случай $a = \frac{1}{2}g$, ускорение блока направлено вниз (1 балл за решение, 1 за правильный ответ) если найдены модули ускорения, то нужно пояснять, куда движется блок, если исходно находилась проекция на ось и указан знак, этого достаточно; если направление не понятно, то ставится 0,5 балла за ответ)	2
7.	3 случай $a = -\frac{1}{8}g$, ускорение блока направлено вверх (оценивание аналогично 6 пункту)	2
8.	4 случай $a = \frac{1}{10}g$, ускорение блока направлено вниз (оценивание аналогично 6 пункту)	2
	Сумма:	10

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	10.11.2025	10.00	13.00

2. Простой процесс

На PV -диаграмме изображён график процесса AB , проведённого с одним молем идеального одноатомного газа. График представляет собой прямолинейный участок от точки $A (V_0, 3p_0)$ до точки $B (2V_0, p_0)$. Постройте график зависимости температуры газа от объёма. Найдите максимальную температуру газа в процессе. Какую работу совершил газ? Найдите количество теплоты, полученное газом от нагревателя в этом процессе.



Возможное решение:

Найдем зависимость температуры от объема. По графику найдем зависимость $p(V)$: $p = 5p_0 - 2\frac{p_0}{V_0}V$. Используя уравнение состояния $pV = \nu RT$,

$$\text{выразим } T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{1}{R} \left(5p_0 - 2\frac{p_0}{V_0}V \right) V = \frac{V_0 p_0}{R} \left(5 - 2\frac{V}{V_0} \right) \frac{V}{V_0}.$$

Построим график $T(V)$ – это парабола ветвями вниз.

Вершина параболы при $V = \frac{5V_0}{4}$ дает $T_{\max} = \frac{25V_0 p_0}{8R}$.

Работу найдем, как площадь под графиком на PV -диаграмме: $A = 2p_0 V_0$.

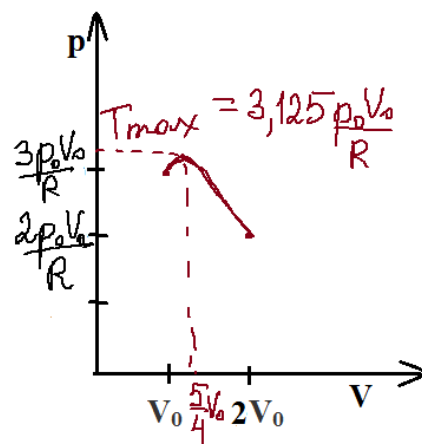
Чтобы найти количество подведенного тепла, надо найти особую точку, где локально $\Delta Q = 0$. Это точка касания адиабаты. Можно продифференцировать

адиабату $(pV)^\gamma = \text{const}$, где $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{5}{3}$ для одноатомного газа и получить $\frac{dp}{dV} = -\gamma \frac{p}{V}$

(это выражение можно получить и из $\Delta Q = \frac{3}{2}\Delta(pV) + p\Delta V = 0$). Подставив в это выражение $p = 5p_0 - 2\frac{p_0}{V_0}V$ и приравняв угловые коэффициенты $\frac{dp}{dV} = -2\frac{p_0}{V_0}$, получим

значения давления и объема в этой точке: $p_x = \frac{15}{8}p_0$, $V_x = \frac{25}{16}V_0$. Теплоту находим, используя 1 начало термодинамики: $\Delta Q = \Delta U + A$, где надо искать ΔU и A ровно от начала до этой особой точки, далее газ будет отдавать тепло. $\Delta U = \frac{3}{2}\nu\Delta T_0 = \frac{3}{2}\Delta(pV)$

$$\Delta Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \left(\frac{15}{8} \cdot \frac{25}{16} p_0 V_0 - 3p_0 V_0 \right) + \frac{1}{2} p_0 V_0 \left(3 + \frac{15}{8} \right) \left(\frac{25}{16} - 1 \right) \approx 1,266 p_0 V_0$$



<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>10.11.2025</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

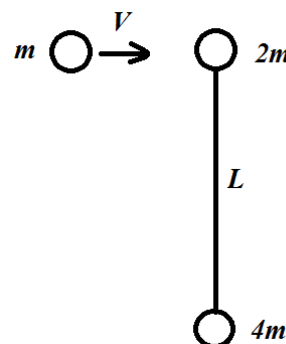
Критерии оценивания:

	<i>этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1	По графику найдена зависимость давления от объема	$p = 5p_0 - 2 \frac{p_0}{V_0} V$	1
2	Записано уравнение состояния идеального газа	$pV = \nu RT$	1
3	Получена зависимость температуры газа от объема	$T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{1}{R} \left(5p_0 - 2 \frac{p_0}{V_0} V \right) V$	1
4	Построена парабола ветвями вниз с характерными точками (значения температур в А и В) и вершиной при $V = \frac{5V_0}{4}$	<i>Схематический график</i>	1
5	Найдена максимальная температура газа в процессе	$V = \frac{5V_0}{4}, T_{max} = \frac{25V_0 p_0}{8R}$	1
6	Найдена работа, как площадь под графиком	$A = 2p_0 V_0.$	1
7	Выписано первое начало термодинамики	$\Delta Q = \Delta U + A$	1
8	Найдена точка касания адиабаты	$p_x = \frac{15}{8} p_0, V_x = \frac{25}{16} V_0$	2
9	Рассчитано количество теплоты, полученное от нагревателя	$\Delta Q = \frac{3}{2} \left(\frac{15}{8} \cdot \frac{25}{16} p_0 V_0 - 3p_0 V_0 \right) + \frac{1}{2} p_0 V_0 \left(3 + \frac{15}{8} \right) \left(\frac{25}{16} - 1 \right) \approx 1,266 p_0 V_0$	1
		Итого:	10

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	10.11.2025	10.00	13.00

3. Упругое столкновение

Две шайбы массами $2m$ и $4m$, соединенные нитью длиной L , лежат на гладком горизонтальном столе. На шайбу массой $2m$ налетает третья шайба массой m , ее скорость равна V и направлена перпендикулярно нити. Происходит центральный абсолютно упругий удар. С какой угловой скоростью начнет вращаться шайба массой $2m$? Найдите силу натяжения нити сразу после удара. Размерами шайб можно пренебречь.



Возможное решение:

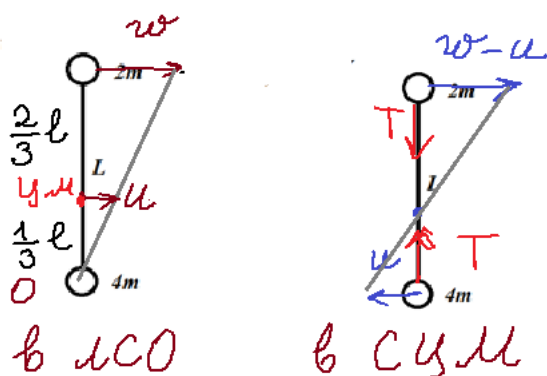
Запишем закон сохранения энергии и импульса для столкновения шайб:

$$\begin{cases} mv = mv_1 + 2mw \\ \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{2mw^2}{2} \end{cases} \text{ преобразуем } \begin{cases} v - v_1 = 2w \\ v^2 - v_1^2 = 2w^2 \end{cases} \begin{cases} v - v_1 = 2w \\ v + v_1 = w \end{cases}, \text{ получим скорость}$$

массы $2m$ после удара $w = \frac{2}{3}v$, скорость массы m находить необязательно $v_1 = -\frac{1}{3}v$.

Угловую скорость можно найти сразу, т.к. в первый момент масса $4m$ покоится (мгновенный центр вращения) $\omega = \frac{w}{L} = \frac{2v}{3L}$.

Но можно представить дальнейшее движение системы как движение поступательное центра масс плюс вращение тел с постоянной угловой скоростью относительно центра



масс. Найдем положение центра масс и его

$$\text{скорость: } x = \frac{4mL}{2m+4m} = \frac{2}{3}L; u = \frac{1}{3}w = \frac{2}{9}v.$$

скорость можно найти из подобия, или из ЗСИ:

$$2mw = (2m + 4m)u. \text{ Тогда угловую скорость найдем, перейдя в систему центра масс } \omega =$$

$$\frac{u}{L/3} = \frac{2v}{3L}. \text{ В системе центра масс, оба тела двигаются по окружности, и т.к. СЦМ инерциальная, запишем для любого из тел}$$

второй закон Ньютона: $4ma_{\text{цс}} = T. a_{\text{цс}} = \frac{u^2}{L/3}$

например, для массы $4m$. Тогда $T = 4m \frac{u^2}{L/3} = \frac{16v^2}{27L}$.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>10.11.2025</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

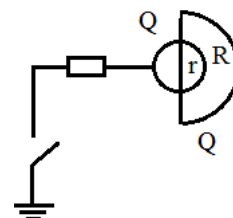
Критерии оценивания:

	<i>этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1	Выписан ЗСИ	$mv = mv_1 + 2mw$	1
2	Выписан ЗСЭ	$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{2mw^2}{2}$	1
3	Найдена скорость массы $2m$ после удара	$w = \frac{2}{3}v$	1
4	Найдена угловая скорость вращения системы	$\omega = \frac{2v}{3L}$	1
5	Найдено расстояние от любой массы до ЦМ	$x = \frac{2}{3}L$ или $\frac{1}{3}L$ для другого тела	1
6	Найдена скорость ЦМ	$u = \frac{1}{3}w = \frac{2}{9}v$	1
7	Осуществлен переход в СЦМ		1
8	Записан второй закон Ньютона для любого из тел в СЦМ и найдено центростремительное ускорение	$4ma_{\text{цс}} = T$, где $a_{\text{цс}} = \frac{u^2}{L/3}$ или через угловую скорость	2
9	Получена сила натяжения нити	$T = \frac{16mv^2}{27L}$	1
		Итого:	10

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	10.11.2025	10.00	13.00

4. Заряженное окружение

Проводящий шар радиуса r окружен проводящей концентрической полусферой радиуса R (см. рис.). Заряды шара и полусферы одинаковы и равны Q . Какое количество теплоты выделится на резисторе, если шар заземлить?



Возможное решение:

Запишем начальный потенциал шара: $\varphi_0 = k\left(\frac{Q}{R} + \frac{Q}{r}\right)$, его проще находить в центре!

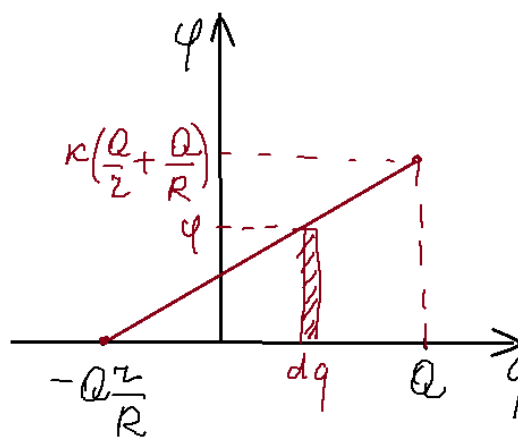
После заземления $\varphi = k\left(\frac{Q}{R} + \frac{q}{r}\right)$, где q - заряд шара в какой-то момент времени. В итоге потенциал шара станет равным нулю (заземление).

Найдем конечный заряд шара: $0 = k\left(\frac{Q}{R} + \frac{q_k}{r}\right)$, $q_k = -\frac{Qr}{R}$

Когда заряд шара изменится на dq , $dq < 0$ на резисторе выделяется $dQ_T = -\varphi dq$. Найдем теплоту, проинтегрировав это выражение:

$$Q_T = -\int_Q^{q_k} \varphi dq = -\int_Q^{q_k} k\left(\frac{Q}{R} + \frac{q}{r}\right) dq = k(Q - q_k)\left(\frac{Q}{R} + \frac{Q+q_k}{2r}\right) = \frac{kQ^2}{2r}\left(1 + \frac{r}{R}\right)^2.$$

Но можно и не брать интеграл, а найти площадь под графиком $\varphi(q)$: $Q_T = \frac{1}{2}k\left(\frac{Q}{R} + \frac{Q}{r}\right)\left(Q + \frac{Qr}{R}\right) = \frac{kQ^2}{2r}\left(1 + \frac{r}{R}\right)^2.$



<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>10.11.2025</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Критерии оценивания:

	<i>этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1	Найден потенциал шара вначале (в центре шара легко суммируется потенциал от полусферы и сферы, т.к. заряд находится на поверхности проводника!)	$\varphi_0 = k\left(\frac{Q}{R} + \frac{Q}{r}\right)$	3
2	Найден конечный заряд шара из равенства нулю потенциала в конце	$0 = k\left(\frac{Q}{R} + \frac{q_k}{r}\right), q_k = -\frac{Qr}{R}$	2
3	Выражение для потенциала в произвольный момент	$\varphi = k\left(\frac{Q}{R} + \frac{q}{r}\right)$	1
4	Выражение для теплоты при малом изменении заряда	$dQ_T = -\varphi dq$	1
5	Для нахождения теплоты составляется интеграл или рисуется график и считается его площадь.	$Q_T = -\int_Q^{q_k} \varphi dq$	2
6	Найдена суммарная теплота, выделившаяся на резисторе	$Q_T = \frac{kQ^2}{2r} \left(1 + \frac{r}{R}\right)^2.$	1
		Итого:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>10.11.2025</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

5. ВАХ светодиода

На уроке физики Иван и Александр узнали, что полупроводниковые диоды имеют одностороннюю проводимость, причём у каждого типа диодов определённое напряжение открытия – это пороговое значение, при превышении которого диод начинает проводить электрический ток. Светодиоды при прямом включении ещё и светятся.

Чтобы лучше изучить светодиод модели АЛ307, ребята подключили его с учётом полярности последовательно с токоограничивающим резистором к регулируемому источнику. Меняя напряжение источника, юные физики измеряли силу тока в цепи.



<i>U, В</i>	<i>0,5</i>	<i>1,0</i>	<i>1,5</i>	<i>2,0</i>	<i>2,5</i>	<i>3,0</i>	<i>3,5</i>	<i>4,0</i>	<i>4,5</i>	<i>5,0</i>	<i>5,5</i>	<i>6,0</i>
<i>I, мА</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,1</i>	<i>6,6</i>	<i>15,2</i>	<i>23,9</i>	<i>32,9</i>	<i>42,1</i>	<i>51,2</i>	<i>60,2</i>	<i>69,6</i>	<i>79,2</i>

Построив вольт-амперную характеристику, ребята увидели сомнительный участок и сняли в этом интервале дополнительные значения.

<i>U, В</i>	<i>1,6</i>	<i>1,7</i>	<i>1,8</i>	<i>1,9</i>
<i>I, мА</i>	<i>0,8</i>	<i>1,9</i>	<i>3,4</i>	<i>4,9</i>

Используя экспериментальные данные, необходимо: 1) построить график зависимости силы тока в цепи от напряжения; 2) по графику определить сопротивление токоограничивающего резистора; 3) на этом же графике построить вольтамперную характеристику светодиода.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>10.11.2025</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Примерное решение и критерии оценивания

1) Построен график зависимости $I(U)$

5 баллов

- *верно подписаны и оцифрованы оси* *1 балл*
- *подходящий масштаб (не менее 50%)* *1 балл*
- *нанесены ВСЕ точки из таблицы* *1 балл*
- *верно проведена линия графика, имеющая **прямой** участок (голубой цвет)* *2 балла*

2) С помощью графика определён угловой коэффициент прямой, из которой определено сопротивление токоограничивающего резистора

3 балла

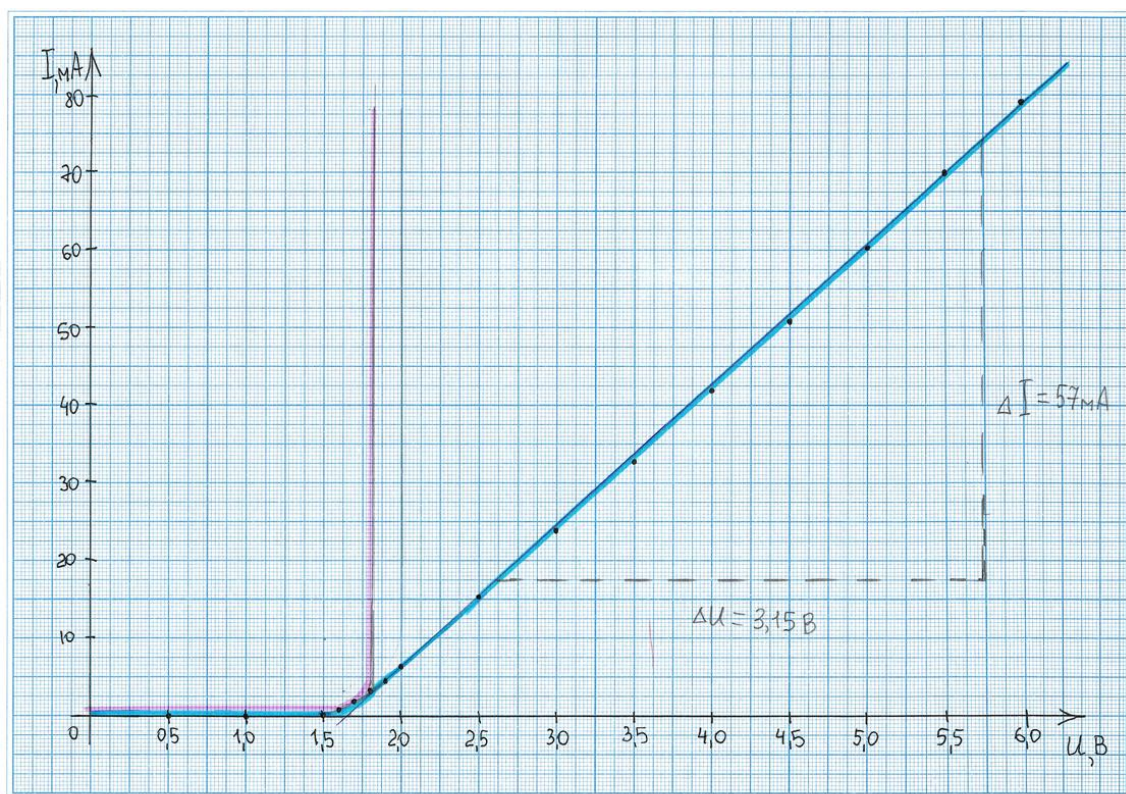
- *из графика найдено $R = \frac{\Delta U}{\Delta I} \approx \frac{3,15\text{В}}{0,057\text{А}} \approx 55 \text{ Ом}$*
- *за верный метод и адекватный выбор значений для расчёта численного значения, т.е. достаточно большой треугольник показан на графике* *2 балла*
(если маленький треугольник, то 0,5 балла; если совсем нет пометки на графике, то 0 баллов)
- *численное значение в пределах 54 – 56 Ом* *1 балл*
(если в пределах 53 – 57 Ом, то 0,5 балла)

3) Построен график, соответствующий вольт-амперной характеристике светодиода с вертикальным участком в районе 1,75 В. (1,5 – 1,8 В)

2 балла

- *рассказано как получить ВАХ диода вычитанием ВАХов* *1 балл*
- *есть вертикальный участок в районе 1,75 В.* *1 балл*
Напряжение открытия составляет примерно (1,5 – 1,8 В).

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	10.11.2025	10.00	13.00



<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>10.11.2025</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Рекомендации для жюри

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Участники олимпиады могут предложить полные и верные решения задач, отличные от приведённых в ключе. За это они должны получить полный балл. Частичное решение или решение с ошибками оценивается, ориентируясь на этапы решения, приведённые в разбалловке. При этом верные выводы из ошибочных допущений не добавляют баллов. Если какой-то этап решения не полный, или частично правильный, то он оценивается частью баллов за этап. Если в решении участника олимпиады предложенные этапы объединены как один, то оценка проводится из суммарного балла. **Наличие лишь ответа без решения не оценивается.** При наличии у участника двух решений без указания, какое он считает верным, оценка проводится по худшему. Для удобства работы жюри решения и критерии оценки для каждой задачи приведены на отдельной странице и при необходимости снабжены комментарием. К некоторым задачам может приводиться два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.

С вопросами по критериям оценок можно обратиться или по электронной почте masha.yuldasheva@mail.ru или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады Юлдашевой Марии Рашидовне.