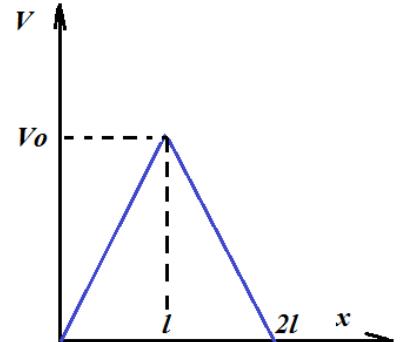


Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

### 1. Непривычное ускорение

Тело массы  $m$  движется прямолинейно вдоль оси  $x$ , дан график зависимости его скорости от координаты. Найдите зависимость проекции ускорения на ось  $x$  от координаты. Постройте график этой зависимости. Какая максимальная сила действовала на тело в процессе движения?



#### Возможное решение:

Ускорение по определению  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , скорость по определению  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ .

Для малых  $\Delta t$  можно записать  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot v$ ,

$\frac{\Delta v}{\Delta x}$  – угловой коэффициент, находим его по графику, т.к. зависимость скорости от координаты линейна, то угловой коэффициент постоянен, график ускорения от координаты тоже будет кусочно-линеен.

Для начального участка

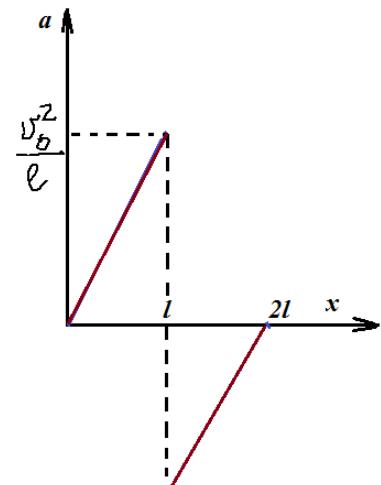
$$\text{при } x \leq l \quad v = \frac{v_0}{l} x, \quad \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{v_0}{l}, \quad a = \frac{v_0^2}{l^2} x$$

$$\text{при } x \geq l \quad v = \frac{v_0}{l} (2l - x), \quad \frac{\Delta v}{\Delta x} = -\frac{v_0}{l}, \quad a = \frac{v_0^2}{l^2} (x - 2l)$$

при  $x=l$  ускорение меняется на противоположное.

Максимальная сила по второму закону Ньютона равна

$$F = ma_{max} = m \frac{v_0^2}{l}, \quad \text{при } x=l, \quad \text{причем меняет свое направление на противоположное.}$$



Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

*Критерии оценивания:*

1.	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	0,5
2.	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	0,5
3.	Получена зависимость ускорения от времени в общем виде $a = \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot v$	2
4.	Найдены угловые коэффициенты по графику скорости от координаты	1
5.	Найдена зависимость при $x \leq l$ , $v = \frac{v_0}{l} x$ ,	1
6.	Найдена зависимость скорости при $x \geq l$ $v = \frac{v_0}{l} (2l - x)$	1
7.	Найдена зависимость при $x \leq l$ , $a = \frac{v_0^2}{l^2} x$	1
8.	Найдена зависимость скорости при $x \geq l$ $a = \frac{v_0^2}{l^2} (x - 2l)$	1
9.	Построен график $a(x)$ (по одному баллу за каждый участок)	1
10.	Найдена максимальная сила $F = ma_{max} = m \frac{v_0^2}{l}$ , (просто 0,5 за 2 закона Ньютона)	1
	<b>Итого:</b>	<b>10</b>

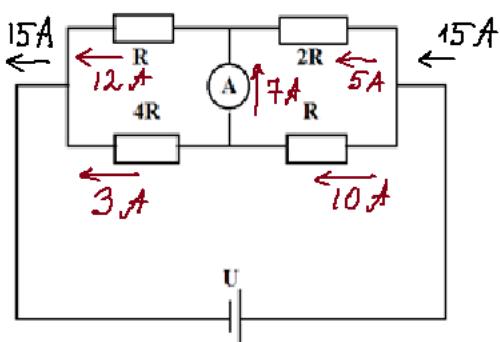
Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

## 2. «Идеальные показания»

В схеме на рисунке напряжение на батарее  $U = 220$  В, сопротивление  $R = 10$  Ом. Амперметр и батарея идеальные. Найдите показания амперметра. Что покажет идеальный вольтметр, если поставить его вместо амперметра?

*Возможное решение:*

Сопротивление идеального амперметра равно нулю, поэтому можно считать, что резисторы  $R$  и  $4R$ , а также  $2R$  и  $R$  включены попарно параллельно.



Общее сопротивление цепи  $4/5 R + 2/3 R = 22/15 R$ . Сила тока, текущего через источник:  $I = 15U/22R = 15$  А. Токи в ветвях соответственно: в верхней ветви цепи текут токи 12 А и 5 А, в нижней ветви – 3 А и 10 А. Поэтому сила тока, текущего через амперметр, равна 7 А. Распределение токов в цепи показано на схеме.

*Другой способ:* если расставлять токи, то из соображений, что

напряжение на амперметре равно нулю, и напряжение на верхнем левом резисторе равно напряжению на нижнем левом, аналогично справа. Токи в узлах справа и слева равны:  $5I_1 = 3I_2$ . Напряжение  $U = 4I_1R + 2I_2R$

Найдем токи:  $I_1 = \frac{3U}{22R} = 3$  А,  $I_2 = \frac{5U}{22R} = 5$  А.

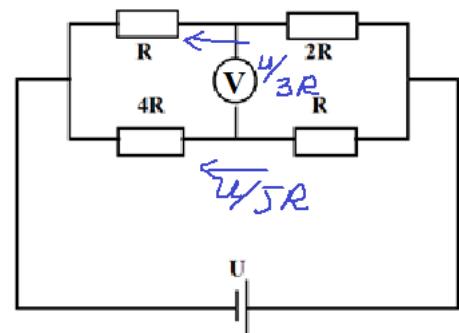
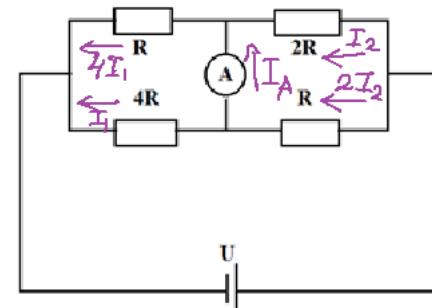
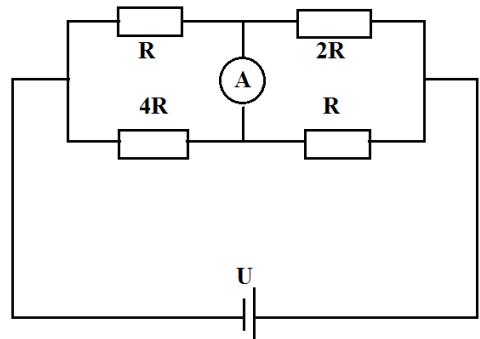
$$I_A = 4I_1 - I_2 = \frac{7U}{22R} = 7 \text{ А}$$

Из равенства напряжений при параллельном подключении находим токи на верхней и нижней ветвях:  $I_1 = U/3R$  ток  $I_2 = U/5R$ .

Обойдем левый контур:  $I_1R - I_2 \cdot 4R + U_V = 0$ .

Найдем напряжение, которое показывает вольтметр:

$$U_V = I_2 \cdot 4R - I_1 \cdot R = U \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \right) = \frac{7}{15} U \approx 102,7 \text{ В.}$$



<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

***Критерии оценивания:***

		<i>баллы</i>
1.	Эквивалентная замена амперметра перемычкой (напряжение на амперметре равно нулю).	1
2.	Расчет общего сопротивления схемы попарно параллельных резисторов $4/5 R + 2/3 R = 22/15 R$ , или расстановка токов из одинаковости напряжений (см картинку).	1
3.	Нахождение общего тока: $I = 15U/22R = 15$ А, или равенство токов в узлах справа и слева: $5I_1 = 3I_2$ .	1
4.	Нахождение токов через отдельные резисторы: $I_1 = \frac{3U}{22R} = 3$ А, $I_2 = \frac{5U}{22R} = 5$ А.	2
5.	Нахождение тока через амперметр: $I_A = 4I_1 - I_2 = \frac{7U}{22R} = 7$ А.	1
6.	Вольтметр = разрыву цепи (ток через вольтметр не течет)	1
7.	Найдены токи в верхней и нижней ветвях $I_1 = U/3R$ ток $I_2 = U/5R$ .	2
8.	Найдено напряжение, которое показывает вольтметр $U_V = I_2 \cdot 4R - I_1 \cdot R = U \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \right) = \frac{7}{15} U \approx 102,7$ В.	1
	<b>Итого:</b>	<b>10</b>

*Примечание:* Можно решать другими способами, правила Кирхгофа, узловые потенциалы и т.п. В этом случае баллы ставятся пропорционально за соответствующий этап.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

### 3. Встреча в воздухе

Белка сидит на дереве и бросает вниз шишки. Добрый Василий решил кинуть шишку белке обратно. Две шишки были запущены одновременно с одинаковыми скоростями, одна сверху вниз с высоты  $H = 30$  м, другая – снизу вверх. Шишки встретились в воздухе на высоте  $h = H/8$ . Найдите, с какой скоростью были брошены шишки. Через какое время от момента броска шишки встретились? Чему равны скорости шишек в этот момент? На какую максимальную высоту поднималась шишка, запущенная снизу? Ускорение свободного падения  $g \approx 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивлением воздуха пренебречь.

#### *Возможное решение:*

Введем ось  $y$ , например, вертикально вверх. Запишем координаты шишки, запущенной сверху и шишки, брошенной вверх, в момент встречи эти координаты равны  $h = \frac{H}{8}$ .

$$y_1 = H - vt - \frac{gt^2}{2} = h = \frac{H}{8}.$$

$$y_2 = vt - \frac{gt^2}{2} = h = \frac{H}{8}.$$

Решим уравнения, если, например, сложить уравнения, то избавимся от скорости:  $gt^2 = H - \frac{H}{4} = \frac{3}{4}H$ .

Тогда  $t = \sqrt{\frac{3H}{4g}} = 1,5$  с.

Выразим начальную скорость  $2vt = H$ , тогда  $v = \frac{H}{2t} = \frac{H}{2\sqrt{\frac{3H}{4g}}} = \frac{\sqrt{gH}}{\sqrt{3}} = 10$  м/с. Скорость

в момент столкновения у верхнего:  $v_{\text{в}} = v + gt = 10 + 10 \cdot 1,5 = 25$  м/с;  $v_{\text{н}} = v - gt = 10 - 10 \cdot 1,5 = -5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , т.е. шишка, запущенная снизу в этот момент уже летела вниз. Найдем, на какую максимальную высоту поднималась шишка, запущенная снизу. Можно из кинематики (уравнения по оси  $y$ , скорость в верхней точке равна нулю, а проще из закона сохранения энергии)  $h_{\text{max}} = \frac{v^2}{2g} = 5$  м.

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

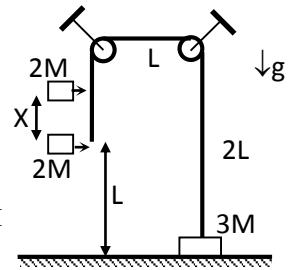
**Критерии оценивания:**

	<i>этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1	Записана координата шишки, запущенной сверху	$y_1 = H - vt - \frac{gt^2}{2}$	<b>1</b>
2	Записана координата шишки, запущенной снизу	$y_2 = vt - \frac{gt^2}{2} = h = \frac{H}{8}$	<b>1</b>
3	При встрече координаты равны	$y_1 = y_2 = h = \frac{H}{8}$	<b>1</b>
4	Найдено время (один балл за формулу, один за числовой ответ)	$t = \sqrt{\frac{3H}{4g}} = 1,5 \text{ с}$	<b>2</b>
5	Найдена скорость (один балл за формулу, один за числовой ответ)	$v = \frac{H}{2t} = \frac{\sqrt{gH}}{\sqrt{3}} = 10 \text{ м/с}$	<b>2</b>
6	Найдена скорость верхнего	$v_{\text{в}} = v + gt = 10 + 10 \cdot 1,5 = 25 \text{ м/с}$	<b>1</b>
7	Найдена скорость нижнего (проекция на ось или модуль)	$v_{\text{н}} = v - gt = 10 - 10 \cdot 1,5 = -5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	<b>1</b>
8	Найдем, на какую максимальную высоту поднималась шишка, запущенная снизу	$h_{\text{max}} = \frac{v^2}{2g} = 5 \text{ м}$	<b>1</b>
		<b>Итого:</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

#### 4. Упругий шнур

Через два маленьких блока перекинут невесомый однородный резиновый шнур длиной  $4L$ . К одному концу шнура прикреплен груз с массой  $3M$ , который лежит на полу. К другому концу, а также выше него на расстоянии  $X < L$  к шннуру прикрепляют одинаковые грузы с массами  $2M$  и медленно их отпускают. При каком значении жесткости шнура  $k$  груз с массой  $3M$  будет касаться пола и в новом положении равновесия? Размерами грузов пренебречь.



#### Возможное решение:

Груз  $3M$  будет касаться пола, если натяжение шнура будет меньше  $3Mg$  (+0.5б). Это возможно, только если нижний груз слева (по рисунку) будет лежать на полу (+0.5б). Подвешиваемые грузы делят шнур на два более коротких отрезка, с жесткостями  $4kL/X$  (+1б) и  $4kL/(4L-X)$  (+1б). Для последовательно соединенных пружин складываются  $1/k$ , или проще, пружина в  $n$  раз большей длины имеет в  $n$  раз меньшую жесткость.

В граничном случае растяжение более длинной правой части шнура составит  $L_1=3Mg(4L-X)/(4kL)$  (+1б), более короткий шнур между подвешиваемыми грузами будет иметь натяжение  $Mg$  (+1б) и растяжение  $L_2=MgX/4kL$  (+1б).

Из условия  $L_1+L_2=L$  (+1б) следует, что в такой ситуации  $k=\frac{6L-X}{2L^2}Mg$  (+2 балла за граничное значение). Значит, груз с массой  $3M$  останется лежать на полу при жесткостях, отвечающих условию  $k < \frac{6L-X}{2L^2}Mg$  (+1 балл за явно сформулированное утверждение)

#### Критерии оценивания:

	этапы решения	соотношения	балл
1	Условие касания пола груза $3M$	$T < 3Mg$	0,5
2	При этом нижний груз слева (по рисунку) на полу	Можно рисунком	0,5
3	Найдены жесткости соответствующих участков	$4kL/X$ и $4kL/(4L-X)$	2

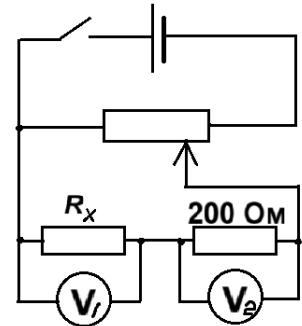
<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>10.11.2025</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

4	Растяжение более длинной правой части шнура в граничном случае	$L_1=3Mg(4L-X)/(4kL)$	<b>1</b>
5	натяжение более короткого шнура между подвешиваемыми грузами из условия равновесия среднего груза	$T_2 = 3Mg - 2Mg = Mg$	<b>1</b>
6	Растяжение нижнего груза	$L_2= MgX/4kL$	<b>1</b>
7	Суммарное растяжение	$L_1+ L_2=L$	<b>1</b>
8	Найдено k	$k = \frac{6L-X}{2L^2} Mg$	<b>2</b>
9	Сделан вывод, при каких значениях груз 3М останется лежать на полу	$k < \frac{6L-X}{2L^2} Mg$	<b>1</b>
		<b>Итого:</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

### 5. ВАХ резистора

Для определения сопротивления неизвестного резистора юный физик Глеб хотел построить ВАХ – вольтамперную характеристику, т.е. зависимость силы тока в резисторе от напряжения на нём, однако в его распоряжении не оказалось амперметра, а только два вольтметра. Находчивый Глеб догадался, что можно обойтись и так, собрал схему (смотри рисунок) и снял серию измерений.



$U_1, \text{ В}$	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
$U_2, \text{ В}$	0,8	1,8	2,6	3,3	4,0	4,5	5,1	5,8	6,4	7,0

Используя экспериментальные данные, необходимо: 1) построить график зависимости силы тока в неизвестном резисторе  $R_x$  от напряжения на нём; 2) по графику определить сопротивление неизвестного резистора; 3) определить показания вольтметров, если на участок цепи с резисторами будет подано напряжение 9В.

#### *Возможное решение и критерии оценивания:*

1) Произведён расчёт силы тока в неизвестном резисторе, соединённом последовательно с известным, по напряжению  $U_2$  на известном резисторе  $R=200 \text{ Ом}$ , дополнена таблица значениями силы тока  $I = \frac{U_2}{R}$  **1 балл**

$U_1, \text{ В}$	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
$U_2, \text{ В}$	0,8	1,8	2,6	3,3	4,0	4,5	5,1	5,8	6,4	7,0
$I, \text{ мА}$	4	9	13	16,5	20	22,5	25,5	29	32	35

2) Построен график зависимости  $I$  ( $U$ )

**3 балла**

- верно подписаны и оцифрованы оси (см требования к РЭ) 0,5 балла
- подходящий масштаб (больше 50%) 1 балл
- нанесены **ВСЕ** точки из таблицы 0,5 балла
- верно проведена сглаживающая **прямая** 1 балл

2) С помощью графика определён угловой коэффициент

**2 балла**

- из графика найдено  $R_x = \frac{\Delta U}{\Delta I} \approx \frac{1,05 \text{ В}}{0,024 \text{ А}} \approx 44 \text{ Ом}$

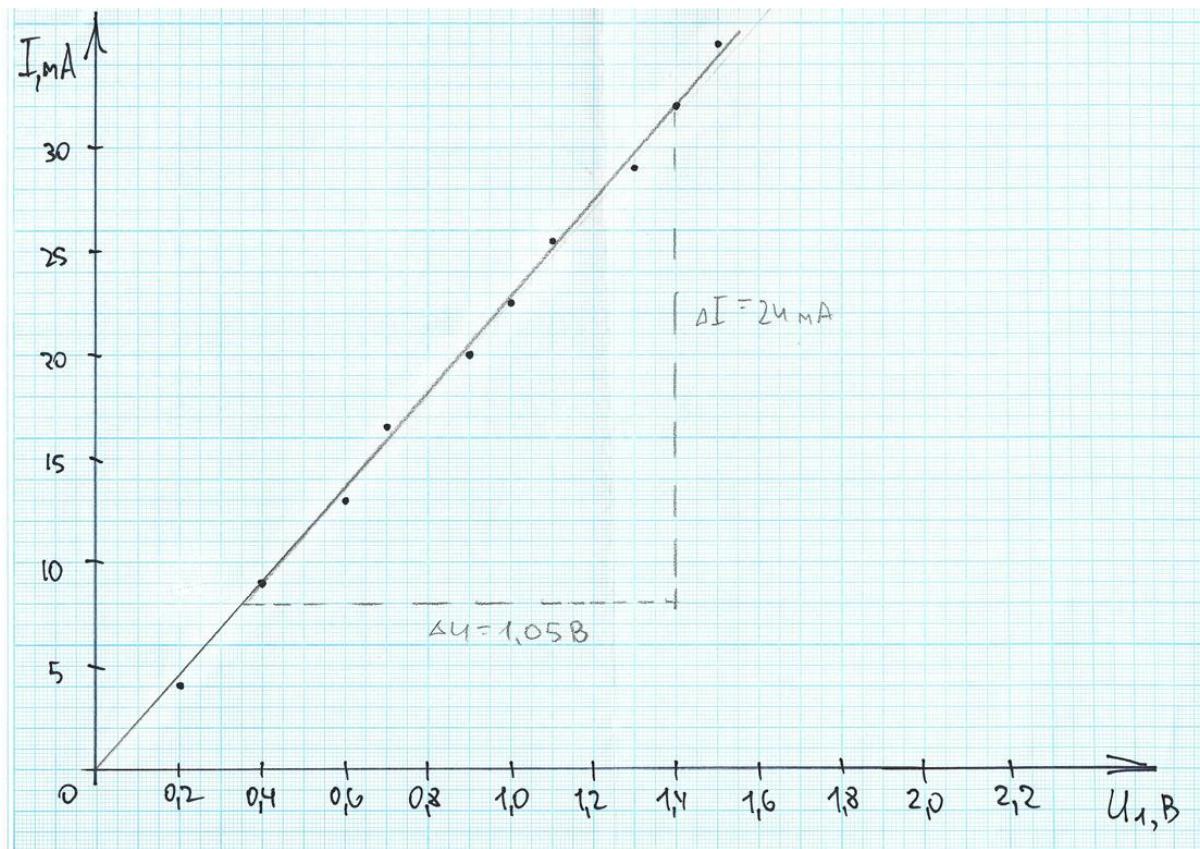
Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

- за верный метод и адекватный выбор значений для расчёта численного значения, т.е. достаточно большой треугольник показан на графике  
1 балл  
(если маленький треугольник, то 0,5 балла; если совсем нет пометки на графике, то 0 баллов)
- числовое значение в пределах  $42 - 46 \text{ Ом}$   
1 балл  
(если в пределах  $40 - 48 \text{ Ом}$ , то 0,5 балла)

3) Определены новые показания вольтметров при  $U=9\text{В}$  **4 балла**

- записаны соотношения напряжений  $U_1+U_2=U$  и сопротивлений  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_x}{R}$   
1 балл
- получены формулы  $U_1 = \frac{U \cdot R_x}{R+R_x}$  и  $U_2 = \frac{U \cdot R}{R+R_x}$   
2 балла
- определены значения  $U_1 \approx 1,6 \text{ В}$  и  $U_2 \approx 7,4 \text{ В}$   
1 балл

*Примерный вид графика*



<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
физика	9	10.11.2025	10.00	13.00

**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](mailto:masha.yuldasheva@mail.ru) или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады *Юлдашевой Марии Рашидовне*.