

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</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 приводятся 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*.

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 1. Подвеска груза

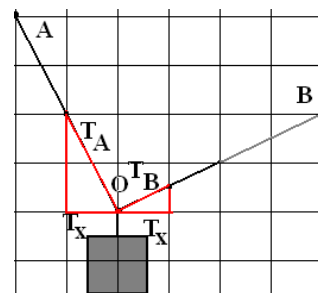
Концы шнура закреплены в точках А и В, к середине шнура привязан массивный груз. Каково отношение натяжений участков шнура слева и справа от груза? Фон на рисунке – сетка с квадратными ячейками.

*Возможное решение:*

Рассмотрим равновесие сил, приложенных к О – середине шнура <1>. Это натяжения шнура слева и справа и вес груза <1>. Груз тянет по вертикали вниз <1>, а натяжения вдоль участков шнура слева и справа <1>.

По горизонтали действуют только горизонтальные составляющие натяжений, в случае равновесия они одинаковы по величине <1>.

Отложим от О два одинаковых отрезка  $T_x$ , а от их концов проведём вертикали до пересечения со шнуром <1>. Таким образом, получаем в масштабе натяжения  $T_A$  слева и  $T_B$  справа <2>. Отношение  $T_A:T_B = 2$  после этого найдём из теоремы Пифагора или из подобия треугольников <2>.



*Критерии оценивания:*

№	Этапы решения	соотношения	балл
1.	Анализ равновесия сил, приложенных к середине шнура (что за силы, как направлены)		4
2.	Равенство горизонтальных проекций натяжений		1
3.	Получение построением вертикальных проекций и самих натяжений		3
4.	Нахождение $T_A:T_B$	$T_A:T_B = 2$	2
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

**Комментарии:** В решении в угловых скобках дана детальная разбалловка этапов. Она поможет оценить другие варианты решений.

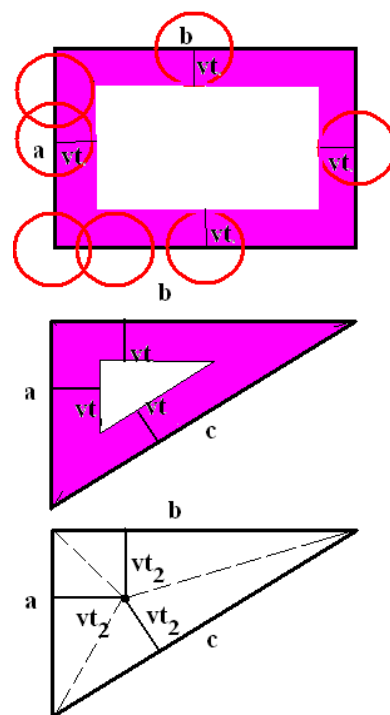
Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

## 2. Горение плёнки

Огонь распространяется по плёнке во все стороны с одинаковой скоростью. Прямоугольный кусок плёнки со сторонами  $a = 50$  см и  $b = 120$  см при одновременном поджоге по периметру полностью охватывается огнём через время  $t_1 = 25$  с. Теперь поджигают по периметру кусок этой плёнки в виде прямоугольного треугольника с катетами  $a$  и  $b$ . Через какое время весь треугольник будет охвачен огнём?

*Возможное решение:*

От всех точек периметра проведём окружности радиуса  $r = vt$ , наложение окружностей даст область, охваченную огнём через время  $t$ . Границы области параллельны исходным сторонам и отстоят от них на расстояние  $r = vt$ . Для прямоугольного куска граница не загоревшегося участка прямоугольник, стороны которого меньше на  $2vt$ . Меньшая сторона сократится до нуля через время  $t_1 = a/2v$  или  $v = a/2t_1 = 1$  см/с. Для треугольника не загоревшийся участок - это треугольник, подобный исходному. В момент, когда незагоревшийся участок сократится до точки, расстояния этой точки до всех сторон  $h = vt_2$ .  $h$  - это высоты трёх треугольников основаниями  $a$ ,  $b$  и  $c$ , на которые разрезается исходный треугольник, откуда из рассмотрения площадей  $S = h(a + b + c)/2 = ab/2$ . Найдём длину гипотенузы  $c = 130$  см по теореме Пифагора. Тогда искомое время загорания треугольника  $t_2 = ab/v(a + b + c) = 20$  с.



Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

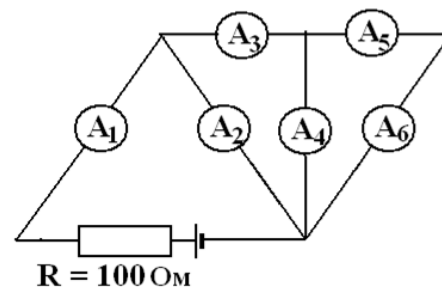
*Критерии оценивания:*

<i>№</i>	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1.	Область, охваченная огнём, через время $t$ , как наложение кругов радиусом $r = vt$		1
2.	Границы этой области, параллельность исходным сторонам и расстояние от них	$r = vt$	1
3.	Незагоревшийся участок для прямоугольника		1
4.	Время полного загорания прямоугольника и нахождение скорости распространения огня $v$	$t_1 = a/2v$ и $v = a/2t_1 = 1$ см/с	1
5.	Незагоревшийся участок для треугольника	Подобие исходному	1
6.	Сокращение его до точки, равенство расстояний до исходных сторон	$h = vt_2$	1
7.	Разрезание исходного треугольника на три и связь площадей	$S = h(a + b + c)/2 = ab/2$	1
8.	Нахождение гипотенузы	$c = 130$ см	1
9.	Нахождение искомого времени	$t_2 = ab/v(a + b + c) = 20$ с	2
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 3. Шесть амперметров

По указанной схеме к батарее и резистору сопротивлением  $R = 100$  Ом подсоединено шесть одинаковых амперметров. Амперметр  $A_4$  показал ток  $I_4 = 4$  мА. Найдите токи, показываемые остальными амперметрами. Верно ли, что напряжение на батарее равно 1 В?



*Возможное решение:*

Рассчитаем токи во всех амперметрах. Амперметры  $A_5$  и  $A_6$  соединены последовательно, тогда токи через них равны:  $I_5 = I_6$ . Напряжение на  $A_4$  равно сумме напряжений на  $A_5$  и  $A_6$ , поскольку амперметры одинаковы, то одинаковы и их сопротивления, а токи пропорциональны напряжениям. Тогда  $I_4 = 2I_5$  и  $I_5 = I_6 = 2$  мА.

Из разветвления токов имеем  $I_3 = I_4 + I_5 = 6$  мА.

Напряжение на  $A_2$  равно сумме напряжений на  $A_3$  и  $A_4$ , тогда получим для токов  $I_2 = I_3 + I_4 = 10$  мА.

Наконец для токов в следующем узле записываем  $I_1 = I_2 + I_3 = 16$  мА.

Ток  $I_1$  идёт через сопротивление  $R = 100$  Ом, поэтому падение напряжения на резисторе  $U = I_1 R = 1,6$  В! Напряжение на батарее  $U_6 = U + I_1 r + I_2 r$  больше  $U$ , каким бы малым ни было сопротивление  $r$  амперметра. Таким образом, оно не может быть равным 1 В.

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

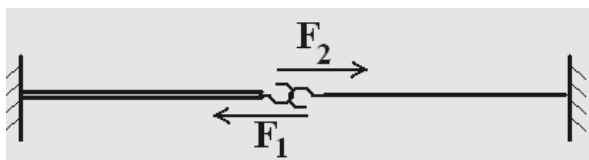
*Критерии оценивания:*

№	Этапы решения	соотношения	балл
1.	Равенство токов через $A_5$ и $A_4$ (последовательное соединение)	$I_5 = I_6$	1
2.	Связь напряжений и токов для $A_4$ , $A_5$ и $A_6$	$U_4 = U_5 + U_6$ ; $I_4 = 2I_5$ и $I_5 = I_6 = 2 \text{ мА}$	3
3.	Нахождение $I_3$ из разветвления токов	$I_3 = I_4 + I_5 = 6 \text{ мА}$	1
4.	Связь напряжений и токов для $A_2$ , $A_3$ и $A_4$	$U_2 = U_3 + U_4$ , тогда $I_2 = I_3 + I_4 = 10 \text{ мА}$	1
5.	Нахождение $I_1$ из разветвления токов (сумма токов в узле=0)	$I_1 = I_2 + I_3 = 16 \text{ мА}$	1
6.	Нахождение напряжения на резисторе	$U = I_1 R = 1,6 \text{ В}$	1
7.	Вывод, что напряжение на батарее не может быть равно 1В (1 балл за правильное выражение, 1 балл за неравенство)	$U_6 = U + I_1 r + I_2 r > U = 1,6 \text{ В}$	2
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

**Комментарии:** Возможны решения, исходящие из рассмотрения последовательных и параллельных соединений сопротивлений амперметров и соотношения токов при этом. При полном и обоснованном решении таким образом суммарная оценка 10 баллов. Здесь нужно внимание при проверке, ибо правильные ответы могут быть просто угаданы. Приведённое решение и таблица помогут вычленивать эквивалентные этапы в других вариантах решения и убедиться в полноте и обоснованности рассмотрения или в необоснованности и недостаточной полноте и соответствующем понижении баллов.

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

#### 4. Упругие шнуры



Имелось три одинаковых упругих шнура. Два шнура прикрепили концами к левой стенке, а с другой стороны к крючку. Оставшийся шнур с крючком на конце прикрепили другим концом к правой стенке.

Чтобы сцепить их, одинарный шнур растянули за крючок силой  $F_1 = 100$  Н, а двойной шнур – силой  $F_2 = 70$  Н. Сцепив крючки, их отпустили. Каким станет натяжение одинарного шнура после прекращения колебаний?

*Возможное решение:*

Из закона Гука и условия равновесия имеем в начальной ситуации:

$F_1 = kx_1$  <1>;  $F_2 = 2kx_2$  <2>, где  $k$  жёсткость одного шнура,  $x_1$  и  $x_2$  растяжения одинарного и двойного шнура.

Условие равновесия в конечной ситуации  $2T_2 = T_1$ , где  $T_2$  натяжение одного шнура в двойном шнуре, а  $T_1$  искомое натяжение одинарного шнура <1>.

Отсюда из закона Гука  $2kx_2' = kx_1'$  для конечных растяжений  $2x_2' = x_1'$ . <1>

Из неизменности расстояния между стенами сумма растяжений остаётся неизменной  $x_2' + x_1' = x_2 + x_1$  <2>.

Поскольку  $T_1 = kx_1'$ , то исключая последовательно все растяжения и выражая  $T_2$  через  $T_1$  найдём  $T_1 = (2F_1 + F_2)/3 = 90$  Н <3>.

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

*Критерии оценивания:*

№	Этапы решения	соотношения	балл
1.	Закон Гука и условие равновесия в начале	$F_1 = kx_1; F_2 = 2kx_2$ или аналог	1+2
2.	Условие равновесия в конце	$2T_2 = T_1$	1
3.	Вывод связи конечных растяжений	$2kx_2' = kx_1$ или $2x_2' = x_1'$	1
4.	Связь конечных и начальных растяжений	$x_2' + x_1' = x_2 + x_1$	2
5.	Получение уравнения для искомого натяжения и его решение, ответ	$T_1 = (2F_1 + F_2)/3 = 90 \text{ Н}$	2+1
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

**Комментарии:** Возможно участники не будут вводить жёсткости, а использовать пропорциональность упругих сил и растяжений. Если всё правильно, то оценка не снижается. Но при таком решении легко допустить ошибку, скажем, потерять двойку, будьте внимательны. В пункте 4 при наличии равенства  $x_2' + x_1' = x_2 + x_1$  и отсутствии объяснения ставится 1 балл. Участники по ходу могут получать отдельные соотношения, ведущие к решению в пункте 5. Если их достаточно и получен ответ, то даётся полный балл. При отсутствии верного ответа максимум 1 балл за этот пункт.



Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 5. Теплоизоляция

Электрический нагреватель находится внутри бака с водой. При включении на время  $t_1 = 30$  с нагревателя мощности  $N_1 = 1$  кВт температура воды в идеально теплоизолированном баке поднялась от  $T_0 = 17$  °С до  $T_1 = 37$  °С. Тепловою изоляцию сняли, а мощность нагревателя уменьшили до  $N_2 = 0,9$  кВт, из-за чего температура воды в баке за время  $t_2 = 20$  с выросла от  $T_1 = 37$  °С до  $T_2 = 47$  °С. Какое количество тепла в килоджоулях за время  $t_2$  ушло через стенки бака?

*Возможное решение:*

Поступившее от нагревателя тепло при идеальной теплоизоляции идёт на повышение температуры бака и воды. Связь повышения температуры и полученного тепла можно установить через теплоёмкость <2>. При теплоёмкости бака с водой  $C$  уравнение теплового баланса в первом случае даёт  $N_1 t_1 = C(T_1 - T_0)$  <2>.

Во втором случае полученное тепло идёт как на повышение температуры, так и на утечку тепла через стенки бака:  $N_2 t_2 = C(T_2 - T_1) + Q$  <2>.

Из теплового баланса в первом случае  $C = N_1 t_1 / (T_1 - T_0) = 1,5$  кДж/°С <1>.

А из теплового баланса во втором случае  $Q = N_2 t_2 - C(T_2 - T_1)$ , а после подстановки находим искомое тепло  $Q = N_2 t_2 - N_1 t_1 (T_2 - T_1) / (T_1 - T_0) = 3$  кДж <2+1>.

*Критерии оценивания:*

№	Этапы решения	соотношения	балл
1	Идея учета теплоемкости бака и воды в баке		2
2	Уравнение теплового баланса для первого случая	$N_1 t_1 = C(T_1 - T_0)$	2
3	Уравнение теплового баланса для второго случая	$N_2 t_2 = C(T_2 - T_1) + Q$	2
4	Нахождение теплоёмкости	$C = N_1 t_1 / (T_1 - T_0) = 1,5$ кДж/°С	1
5	Нахождение $Q$ (вывод, числовое значение)	$Q = N_2 t_2 - C(T_2 - T_1) =$ $N_2 t_2 - N_1 t_1 (T_2 - T_1) / (T_1 - T_0) = 3$ кДж	2+1
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

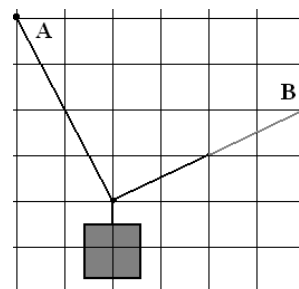
**Комментарии:** Если участник не формулирует явно пункт 1, но обоснованно получает уравнения теплового баланса (пункты 2 и 3), то за пункт 1 нужно поставить 2 балла. При указании на теплоёмкость, но при отсутствии правильных уравнений теплового баланса или их аналогов, а значит и решения вообще максимальная оценка за всё 2 балла. Возможно участники не будут явно вводить теплоёмкость, а укажут на пропорциональность количества тепла приращению температуры, тогда при правильных дальнейших выводах оценка не снижается. Не снижается она, если правильные соотношения приводятся не в общем виде, а через числовые значения.

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 1. Подвеска груза

Концы шнура закреплены в точках А и В, к середине шнура привязан массивный груз. Каково отношение натяжений участков шнура слева и справа от груза?

Фон на рисунке – сетка с квадратными ячейками.

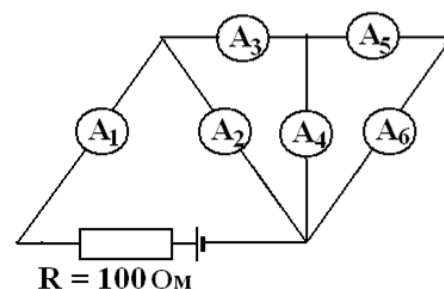


### 2. Горение плёнки

Огонь распространяется по плёнке во все стороны с одинаковой скоростью. Прямоугольный кусок плёнки со сторонами  $a = 50$  см и  $b = 120$  см при одновременном поджоге по периметру полностью охватывается огнём через время  $t_1 = 25$  с. Теперь поджигают по периметру кусок этой плёнки в виде прямоугольного треугольника с катетами  $a$  и  $b$ . Через какое время весь треугольник будет охвачен огнём?

### 3. Шесть амперметров

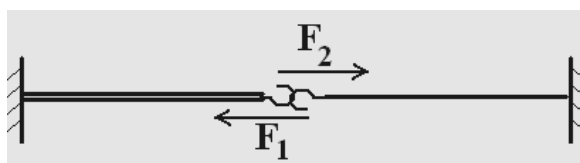
По указанной схеме к батарее и резистору сопротивлением  $R = 100$  Ом подсоединено шесть одинаковых амперметров. Амперметр  $A_4$  показал ток  $I_4 = 4$  мА. Найдите токи, показываемые остальными амперметрами. Верно ли, что напряжение на батарее равно 1 В?



Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>9</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

#### 4. Упругие шнуры

Имелось три одинаковых упругих шнура. Два шнура прикрепили концами к левой стенке, а с другой стороны к крючку. Оставшийся шнур с крючком на конце прикрепили другим концом к правой стенке. Чтобы сцепить их, одинарный шнур растянули за крючок силой  $F_1 = 100$  Н, а двойной шнур – силой  $F_2 = 70$  Н. Сцепив крючки, их отпустили. Каким станет натяжение одинарного шнура после прекращения колебаний?



#### 5. Теплоизоляция

Электрический нагреватель находится внутри бака с водой. При включении на время  $t_1 = 30$  с нагревателя мощности  $N_1 = 1$  кВт температура воды в идеально теплоизолированном баке поднялась от  $T_0 = 17$  °С до  $T_1 = 37$  °С. Тепловую изоляцию сняли, а мощность нагревателя уменьшили до  $N_2 = 0,9$  кВт, из-за чего температура воды в баке за время  $t_2 = 20$  с выросла от  $T_1 = 37$  °С до  $T_2 = 47$  °С. Какое количество тепла в килоджоулях за время  $t_2$  ушло через стенки бака?