Решения к заданиям муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике
2018-19 учебный год
11 класс

Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10. Жюри Олимпиады оценивает записи, приведенные **только** в чистовике. Черновики не проверяются.

Не допускается снятие баллов за «плохой почерк», за решение задачи нерациональным способом, не в общем виде, или способом, не совпадающим с предложенным методической комиссией. **Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается.**

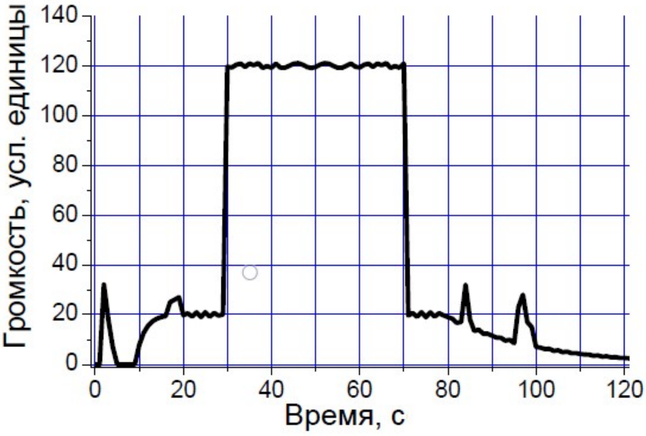
Проверка работ осуществляется Жюри Олимпиады согласно стандартной методике оценивания решений:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

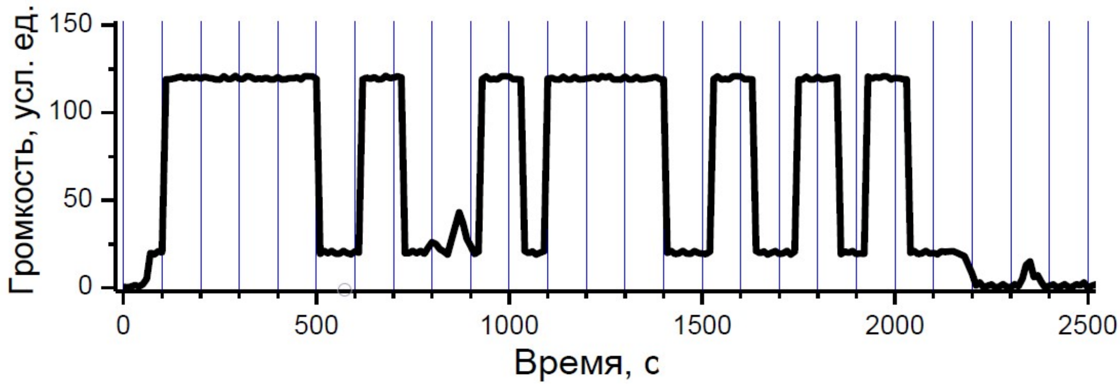
Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, член жюри заносит ее в таблицу на первой странице работы и ставит свою подпись под оценкой.

В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции.

1. Школьник взял микрофон из школьной лаборатории и стал записывать звуки в столярной мастерской, в которой был станок для распиливания древесины. Когда на этом станке распилили кусок фанеры шириной 15 см, то у него получилась запись громкостив зависимости от времени, как показано справа:



Потом в этой мастерской распилили без остатка один большой квадрат из той же фанеры на несколько меньших квадратов. При этом запись громкости звуков имела такой вид, как показано ниже:



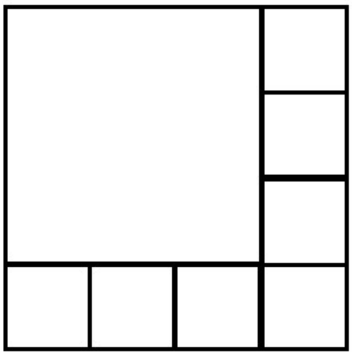
Сколько всего новых квадратов получилось из исходного листа фанеры? Чему примерно равна площадь самого большого из новых квадратов, если шириной разреза можно пренебречь?

Считается, что распил производится от края до края одного целого куска фанеры с постоянной скоростью.

Возможное решение:

Судя по первому графику, распиливание куска на длину 15 см требует 40 с, т.е. скорость распиливания такой фанеры на данном станке составляет 15/40 см/с (+1 балл). Так как самый долгий распил на другом графике длится примерно 400 с, т.е. он имеет длину около 1.5 м (+ 1 балл), а сам исходный лист был квадратом с длиной стороны примерно 1.5 м (+1 балл).

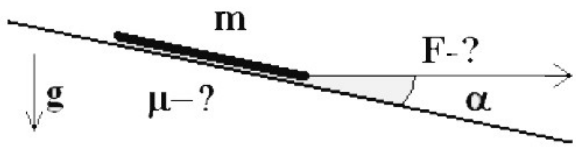
Судя по второму графику, всего сделано 7 распилов от края до края, т.е. всего получится 8 частей, которые по условию являются квадратами (+2 балла). Самые короткие распилы длятся вчетверо короче, чем самый долгий, причем это соотношение, 1:4, определяется точнее, чем сами по себе времена – иначе не получить квадратов. Таким образом, длина стороны самых малых квадратов составляет около 37.5 см. Отсюда следует, что от прямоугольника, оставшегося после первого распила, должны были, как минимум, отрезать часть, равную по длине малому квадрату (+1 балл). В противном случае не все детали в конечном итоге получились бы квадратами.



Искомые длительности звуков соответствуют распиливанию исходного квадрата на 8 частей, *как показано на рисунке* (за определение способа распила + 2 балла): сначала сделали длинный распил на всю длину стороны исходного квадрата.

Затем от образовавшегося прямоугольник с соотношением сторон 1:4 отпилили два меньших квадрата с длиной стороны в 4 раза меньше, чем у исходного. Затем отпилили прямоугольник с соотношением сторон 1:3 от оставшегося куска фанеры так, что получился квадрат с длиной стороны ¾ от исходного квадрата. Затем каждый из оставшихся двух прямоугольников с соотношением сторон 1:2 и 1:3 распилили, соответственно, на 2 и 3 квадрата. Т.е. получилось 7 малых квадратов и один большой, который имеет площадь 9/16 от площади исходного квадрата, что составляет примерно 1.3 м^2 (+ 2 балла).

2. На плоскости с углом наклона α лежит однородная линейка массы m. Её тянут по горизонтали за нить, привязанную к нижнему концу. При какой максимальной силе натяжения F_{max} линейка не оторвётся от плоскости? Найдите наименьший коэффициент трения μ_{min} такой, что при этом линейка не будет и соскальзывать. Ускорение свободного падения g.



Возможное решение:

Максимум силы – отсутствие поворота вокруг верхнего конца, из условия равновесия моментов сил:$F_{max}\sin\alpha = \frac{mg}{2}\cos\alpha$, то есть $F_{max} = \frac{mg}{2}\operatorname{ctg}\alpha$, при $F \geq \frac{mg}{2}\operatorname{ctg}\alpha$ нет поворота. (4балла)

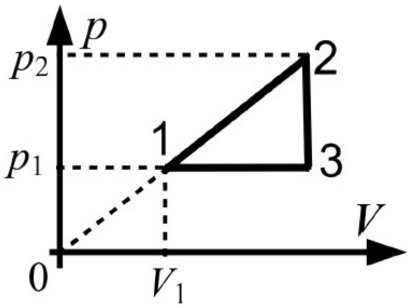
Отсутствие проскальзывания $F\cos\alpha + mg\sin\alpha \leq \mu N$;

$N = mg\cos\propto - F\sin\propto$; $\mu \geq \frac{(F\cos\propto + mg\sin\propto)}{mg\cos\propto - F\sin\propto}$ (3балла) при любых допустимых силах, то есть и при $F = F_{max} = \frac{mg}{2}\operatorname{ctg}\alpha$ (1 балл)

Тогда $\mu \geq \operatorname{ctg}\alpha + 2\operatorname{tg}\alpha$ или $\mu \geq \frac{1+(\sin\alpha)^2}{\cos\alpha}$; $\mu_{min} = \operatorname{ctg}\alpha + 2\operatorname{tg}\alpha$

(2 балла)

3. Идеальный газ участвует в процессе 1-2-3-1, представленном на диаграмме p(V), см. рисунок. Прямая 1-2 проходит через начало координат. Значения p_1, p_2 и V_1 даны. В ходе процесса количество вещества газа менялось пропорционально его абсолютной температуре T , т.е. по закону ν(T) = zT , где z – известный коэффициент. Изобразите процесс 1-2-3-1 на диаграмме V (T). Не забудьте найти и подписать на диаграмме объем и температуру газа в точках 1, 2, 3.



<u>Возможное решение:</u>

По условию задачи в процессе 1-2-3-1 выполняется уравнение Клайперона-Менделеева pV = νRT , где ν = zT. Иными словами, уравнение Клайперона-Менделеева принимает вид $pV = zRT^2$ (1)

Рассмотрим процесс 1-2. Так как точки 1 и 2 лежат на одной прямой, проходящей через начало координат (см. рис. 1), все они удовлетворяют условию p = αV , где коэффициент пропорциональности α, а также неизвестный объем V_2 легко найти:

$$\alpha = \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2};\ V_2 = \frac{p_2V_1}{p_1}$$

Так как объемы во всех пронумерованных точках нам теперь известны, температуры в них легко найти с помощью (1):

$$T(V) = \sqrt{\frac{pV}{zR}} =>$$

$$T_1 = \sqrt{\frac{p_1V_1}{zR}},\quad T_2 = \sqrt{\frac{p_2V_2}{zR}} = \sqrt{\frac{p_2^2V_1}{zRp_1}},\quad T_3 = \sqrt{\frac{p_1V_2}{zR}} = \sqrt{\frac{p_2V_1}{zR}} \quad (2)$$

Процесс 1-2 – это множество точек (p,V,T), одновременно удовлетворяющих условиям:

$p = \alpha V$, $pV = zRT^2$, $V \in [V_1, V_2]$.

Поскольку нам необходимо построить расположение этих точек на плоскости V (T), исключим из этой системы уравнений давление:

$\alpha V^2 = zRT^2 <=> V = T\sqrt{\frac{zR}{\alpha}}$ (3)

В последнем равенстсве, извлекая корень, мы учли, что и объем и температура – положительные по определению величины. Итак, мы получили, что в процессе 1-2 объем пропорционален температуре с известным (3) коэффициентом пропорциональности.

Процесс 1-3 – это множество точек (p,V,T), одновременно удовлетворяющих условиям:

$p = p_1$, $pV = zRT^2$; $V \in [V_1, V_2]$.

Также исключим из этой системы уравнений давление:

$P_1V = zRT^2 <=> V = \frac{zRT^2}{p_1}$

Значит, в процессе 1-3 объем пропорционален квадрату температуры, то есть точки этого процесса лежат на параболе, проходящей через начало координат.

Изобразим прямую пропорциональность V(T) в процессе 1-2 и квадратичную зависимость в процессе 1-3 (см. рис. 2). Учтем, что эти графики работают при $V \in [V_1, V_2]$ (эти интервалы прямой и параболы выделены на рисунке жирным). Осталось только дополнить диаграмму горизонтальным отрезком 2-3, на котором по условию объем не меняется.

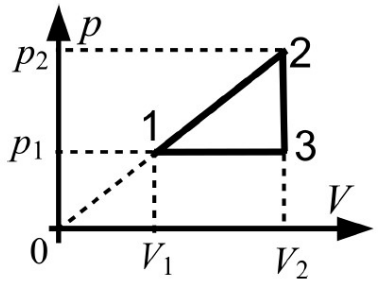


Рис. 1:

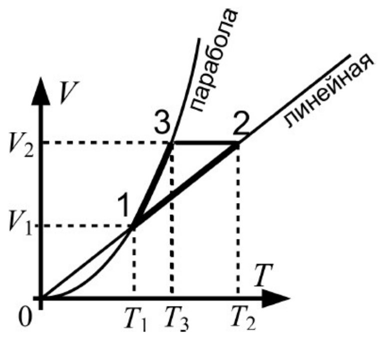
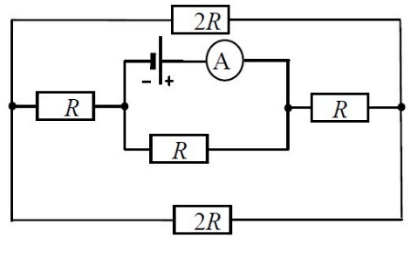


Рис. 2:

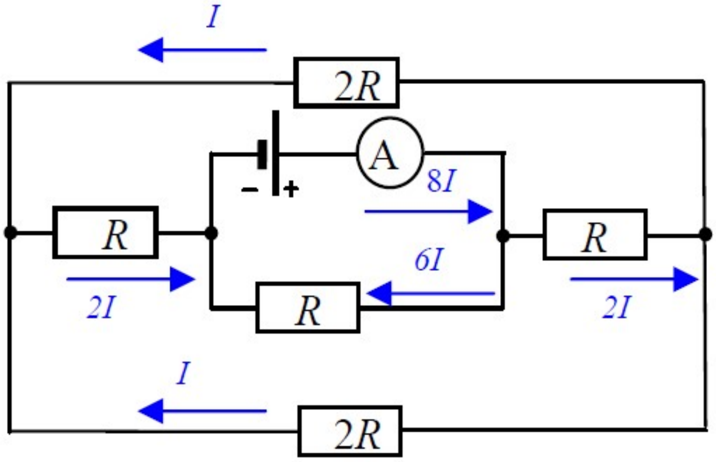
4. Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, состоит из резисторов, имеющих сопротивления R = 2 кОм и 2R, идеального источника с напряжением U = 3 В и идеального амперметра. Определите показание амперметра.



Возможное решение:

Напряжение на верхнем и нижнем резисторах $2R$ одинаковое, следовательно, через них текут одинаковые токи. Обозначим их через I. Тогда, по закону сохранения заряда, через левый и правый резисторы R текут токи $2I$. Теперь можно посчитать напряжение на среднем резисторе R.

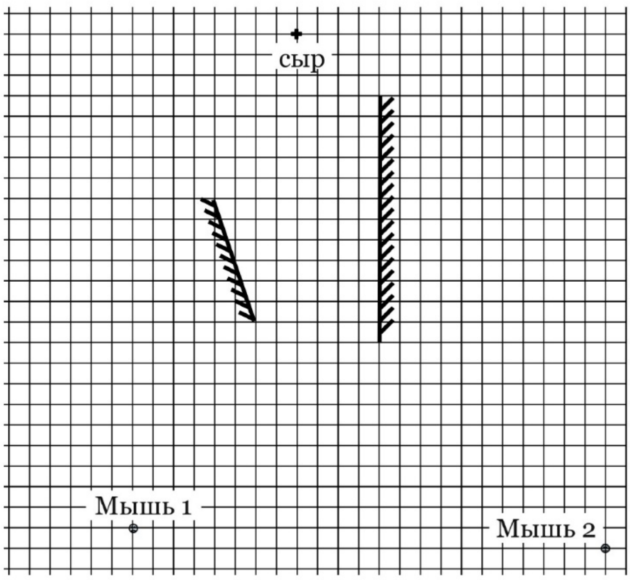
Оно равно $6IR$ и, следовательно, через данный резистор идет ток $6I$. Тогда по ветви, содержащей источник и амперметр, идет ток $8I$, причем $U = 6IR$, и окончательно, $I_A = \frac{4\,U}{3\,R} = 2$ мА



Критерии оценивания:

1) Расставлены токи в ветвях, либо найдено общее сопротивление внешней цепи - 5 баллов
2) Найдена связь напряжения источника и тока через амперметр – 4 балла
3) Получено численное значение тока через амперметр – 1 балл

5. На рисунке, приложенном к условию, изображены две мышки, два зеркала и кусок сыра (вид сверху; сыр помечен крестиком, мышки -точками). Если мышка видит сыр, она начинает бежать к нему по прямой. Если мышка видит изображение сыра в зеркале, она начинает бежать по прямой к изображению. Если мышка видит одновременно и сыр, и изображение сыра (или несколько изображений сыра), она бежит к тому, что ближе. Мышки стартовали одновременно и бегут одинаково быстро. Какая мышка прибежит к сыру быстрее и во сколько раз? Задачу решить графически с помощью линейки.



Возможное решение:

Из рисунка к условию понятно, что ни одна из мышек в начальной точке не видит сыр. Построим изображение сыра в каждом зеркале. Чтобы сделать это, следует воспользоваться стандратным рецептом: опустить из точки, где находится сыр, перпендикуляр на плоскость зеркала и продлить настолько же этот перпендикуляр за зеркало.

При построении $И_1$ (изображения сыра в левом зеркале) и при построении $И_2$ (в правом) приходится продлить линию, изображающую зеркала (см. рис. 1). Тот факт, что перпендикуляры опущены не на сами зеркала, а на их продолжения, никак не повлияет на расположение изображения. Действительно, размер зеркала повлияет лишь на то, откуда можно увидеть изображение. Так, в нашем случае сыр можно увидеть только из области, куда попадают отраженные от зеркала лучи (см. рис. 2), а, например, в точке, где расположен сам сыр, сыр в зеркале не видно. Другими словами, зеркало играет роль ”окна”, через которое наблюдатель словно бы пытается рассмотреть изображение за зеркалом. Маленький размер этого ”окна” приводит к тому, что ”заглянуть за зеркало” можно не отовсюду. Однако, независимо от того, где видно отражённые лучи, а где нет, они отражаются так, словно вышли из точки $И_2$ за зеркалом.

Итак, в начальный момент мышь 1 бежит к точке $И_2$, а мышь 2 - к точке $И_1$. Далее, в некоторый момент (свой для каждой мыши) сыр покажется из-за края зеркала. В этот момент по условию задачи мышь свернёт и побежит прямо к зеркалу. На рис. 1 жирной серой линией показана траектория движения каждой мыши.

Осталось лишь взять линейку, померить длину траектории каждой мыши (S_1 и S_2) и разделить большую из полученных длин на меньшую. Так как мыши бегут с одинаковой скоростью отношение длин траекторий будет равно отношению времен, за которые мыши достигнут сыра.

Измерять длины траекторий можно в любых единицах (миллиметрах или клеточках). Наши измерения дают:

$$k = \frac{S_2}{S_1} \cong 1{,}18$$

Погрешность аккуратно проведённых измерений может составлять около 5% (не более 5 миллиметров на 10 сантиметров). За правильный ответ засчитываются значения k, лежащие в интервале [1.1, 1.25].

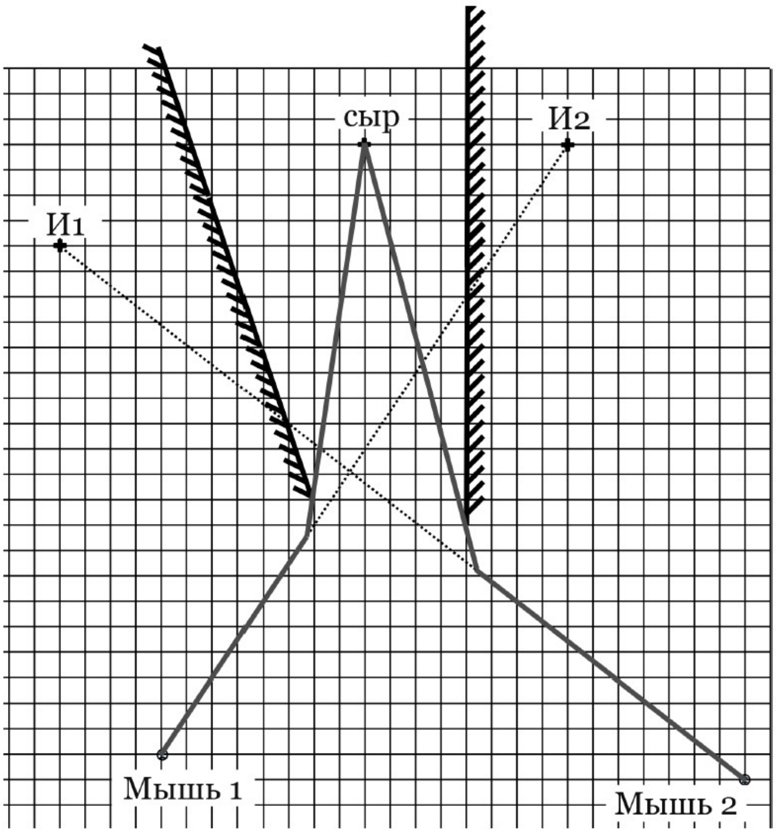


Рис. 1:

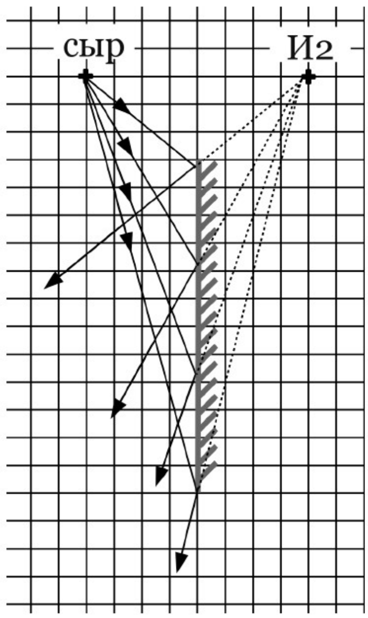


Рис. 2: