Решения к заданиям муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике
2018-19 учебный год
9 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.**

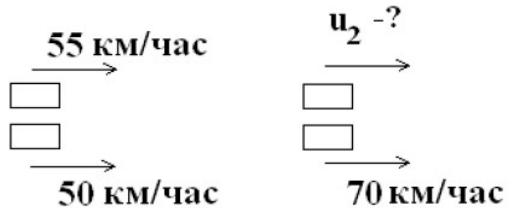
Проверка работ осуществляется Жюри Олимпиады согласно стандартной методике оценивания решений:

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. Два автомобиля движутся равноускоренно параллельными курсами. Второй поравнялся с первым, когда их скорости были v_2 = 55 км/час и v_1 = 50 км/час. Они поравнялись второй раз, когда скорость первого автомобиля стала u_1 = 70 км/час. Найдите скорость второго автомобиля в этот момент и отношение ускорений автомобилей.



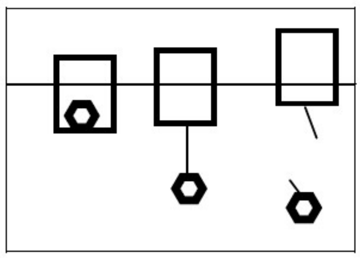
Возможное решение:

Одновременные перемещения равны(2 балла), значит равны средние скорости. Откуда: $v_1 + u_1 = v_2 + u_2$ (3 балла)

$u_2 = v_1 + u_1 – v_2$ = 65 км/час. (2 балла)

Отношение ускорений $a_1/a_2 = (u_1 – v_1)/(u_2 – v_2) = 2$(3 балла) даёт отношение приращений скоростей за равное время. Можно исходить и из формул равноускоренного движения.

2. Внутри плавающей банки лежит гайка, привязанная к ней тонкой невесомой нитью. Объём погружённой в воду части банки V_1 = 388 мл. Когда гайку вынули из банки и опустили в воду, то она повисла на нити, не касаясь дна водоёма. Объём погружённой в воду части банки стал V_2 = 372 мл. После обрыва нити объём погружённой в воду части банки уменьшился до V_3 = 220 мл. Во сколько раз плотность гайки больше плотности воды?



Возможное решение:

В первом и втором случаях объём вытесненной воды одинаков, ведь по закону Архимеда её вес равен суммарному весу гайки и банки. Если V объём гайки, то $V + V_2 = V_1$, откуда $V = V_1 – V_2$. Во первом и третьем случае масса вытесненной воды отличается на массу гайки, то есть

$\rho V = \rho_0 (V_1 – V_3)$, здесь ρ - плотность гайки, а ρ_0 – воды. Откуда после подстановки $\rho/\rho_0 = (V_1 – V_3)/(V_1 – V_2) =10{,}5$.

Возможно решение из записи условий равновесия для каждого случая (M – масса банки) $\rho V + M = V_1 \rho_0$,

$(\rho - \rho_0)V + M = V_2 \rho_0$, $M = V_2 \rho_0$. Откуда получается тот же ответ.

Критерии оценивания.

1) Условия равновесия для каждого случая – 6 баллов
2) Решение уравнений – 2 балла
3) Нахождение искомого отношения – 2 балла.

3. Вода массой m_1 = 500 г переохлаждена до температуры t_1 = -5 ^{0}C. В нее опускают кусок льда массой m_2 = 100 г при температуре t_2 = -10 ^{0}C. Каковы будут состав и температура равновесной системы? Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость льда 2100 Дж/(кг· ^{0}C), воды - 4200 Дж/(кг· ^{0}C), удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг.

Возможное решение:

Состояние воды при нормальном атмосферном давлении и температуре t_1 = -5 ^{0}C является термодинамически неустойчивым. Внесение кристалла льда в такую воду приводит к переходу системы в состояние термодинамического равновесия.

При таком переходе вода должна замерзать, выделяя энергию, а лед нагреваться. (3 балла за рассуждение).

Состояние равновесия может установиться:

а) при температуре t = 0 ^{0}C, если вода замезнет не вся, но выделившегося количества теплоты будет достаточно, чтобы нагреть внесенный в нее кусок льда от -10 до 0^{0}C.

б) при температуре ниже 0 ^{0}C, если вода вся замерзнет, но выделившегося тепла будет недостаточно для нагревания внесенного льда до 0 ^{0}C. (2 балла за предположения)

Проведем предварительные расчеты:

Количество теплоты, необходимое для нагревания льда от -10 ^{0}C до 0 ^{0}C, равно $Q_1 = c_л m_2(t - t_2) = 2{,}1$ кДж

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды от -5 ^{0}C до 0 ^{0}C равно $Q_2 = c_в m_1(t - t_1) = 1{,}05$ кДж

Количество теплоты, которое может выделиться при замерзании всей воды $Q_3 = \lambda m_1 = 115$ кДж, что намного больше суммы $Q_1 + Q_2$. Таким образом, реализуется предположение а). (2 балла за проверку)

Найдем количество замерзшей воды $\boldsymbol{x}$ из уравнения теплового баланса.

$$c_в m_1(t - t_1) + c_л m_2(t - t_2) = \lambda x$$

Откуда:

$$x = \frac{t(c_в m_1 + c_л m_2)}{\lambda} - \frac{c_в m_1 t_1}{\lambda} - \frac{c_л m_2 t_2}{\lambda} = 0{,}038 \text{ кг}$$ (2 балла)

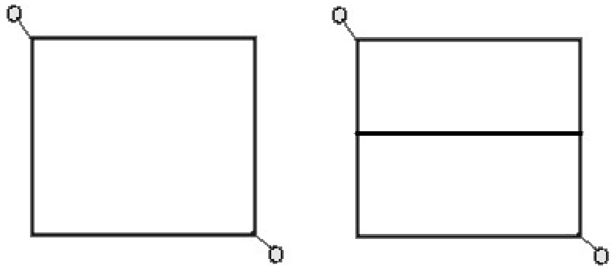
Тогда, в итоге:

Масса льда $m_2 + x = 0{,}138$ кг

Масса воды $m_1 - x = 0{,}462$ кг

(1 балл).

4. Квадрат сделан из проволоки с большим удельным сопротивлением.



Его сопротивление между противоположными углами R. Каким оно станет, если середины противоположных сторон соединить проводом с пренебрежимо малым сопротивлением?

Возможное решение:

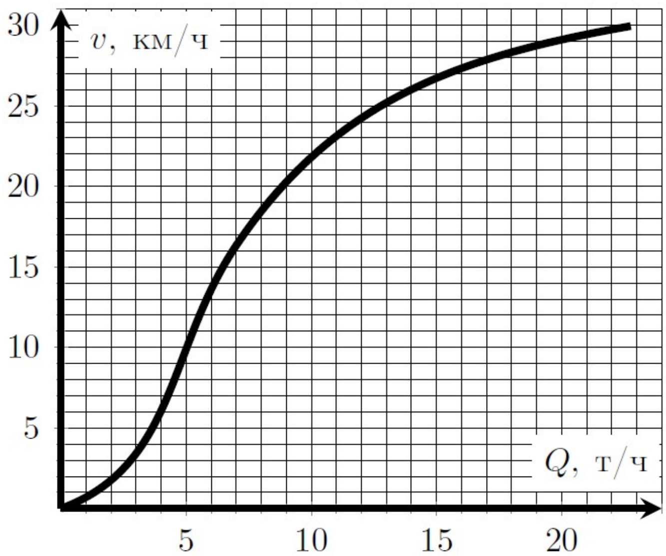
1) Выразим сопротивление R через сопротивление стороны квадрата r. Две стороны соединены последовательно, поэтому их суммарное сопротивления 2 r. Стороны же выше и ниже диагонали соединены параллельно, а тогда общее сопротивление r. То есть R = r (2 балла).

2)Найдём сопротивления от вершин до точек соединения проводом. По правилу последовательного соединения $r_1 = 1{,}5$ R; $r_2 = 0{,}5$ R; $r_3 = 0{,}5$ R; $r_4 = 1{,}5$ R (2 балла).

3)Раз сопротивления провода нулевое, то напряжение на нём нулевое, а тогда напряжения на сопротивлениях r_1 и r_3, выходящих из верхнего угла одинаково (2 балла). Подводимый же к углу ток равен сумме токов в этих сопротивлениях (1 балл). То есть они соединены параллельно, и общее сопротивле-ние равно $r_1r_3/(r_1 + r_3) = 3R/8$ (1 балл). Это же имеет место для сопротивлений r_2 и r_4 присоединённых к нижнему углу (1 балл).

4)Получившиеся сопротивления по 3R/8 соединены последовательно, и искомое сопротивление равно их сумме, то есть x = 3R/4.(1 балл).

5. У танкера, перевозящего топливо, закончилось горючее, когда до порта осталось L = 100 км. Чтобы доплыть до пункта назначения, капитан решил использовать груз в качестве топлива. Какое наименьшее количество топлива придется потратить, чтобы добраться до порта по прямой? Скорость зависит от расхода топлива Q так, как показано на рисунке.



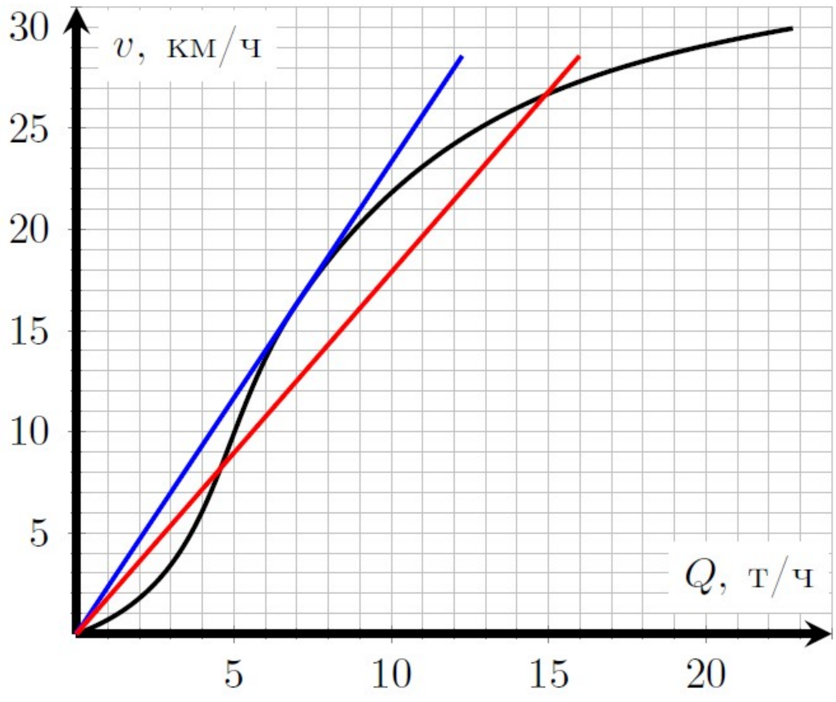
Возможное решение:

Чтобы сжечь наименьшее количество нефти, добираясь до порта, надо тратить на каждый километр пути минимально возможное количества топлива.

Пусть танкер идет некоторое время Δt со скоростью v, а соответствующий данной скорости расход равен Q_v. Тогда за это время будет потрачена масса топлива: $\Delta M = Q_v \cdot \Delta t$.

Пройденное расстояние за это же время равно $\Delta l = v \cdot \Delta t$. Значит, расход топлива в пересчете на единицу пройденного пути μ будет равен:

$$\mu = \frac{\Delta M}{\Delta l} = \frac{Q_v \cdot \Delta t}{v \cdot \Delta t} = \frac{Q_v}{v}$$



Таким образом, чтобы определить минимальный расход, надо найти из графика минимальное отношение $\frac{Q}{v}$.

Чтобы решить задачу графически, представим, что для определенного значения μ_0 мы провели прямую, выходящую из начала координат и проходящую через точку (μ_0, 1) (см. рис.). Несложно понять, что в каждой точке этой прямой соотношение $\frac{Q}{v}$ равно μ_0. Причем, чем меньше μ_0, тем «круче» идет такая прямая. Тогда для решения задачи нам надо найти самую «крутую» прямую, которая имеет общие точки с графиком из условия.

Из рисунка видно, что искомая прямая идет по касательной к графику, так как все остальные прямые, пересекающие график и выходящие из нуля, имеют меньший наклон (пример: нижняя линия на рисунке). Теперь из графика найдем расход топлива на единицу пройденного пути

$$\mu \approx 0{,}43 \text{ т/км}$$

Значит, чтобы добраться до порта, придется потратить

$$M = \mu L \approx 43 \text{ т}$$

Эту задачу также можно решить поиском на графике точки, имеющей минимальное значение $\frac{Q}{v}$.