

**Муниципальный этап
 всероссийской олимпиады школьников
 по физике
 2020/21 учебный год
 10 класс**

Возможные решения и критерии оценивания

Задача 1

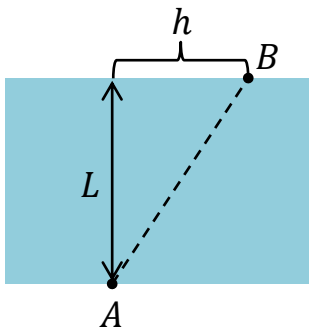


Рис. 1

Лодочник переправляется через реку шириной $L = 400$ м из пункта A в пункт B , расположенный на расстоянии $h = 300$ м ниже по течению (рис. 1), двигаясь с минимальной относительно течения скоростью. Лодка достигает пункта B за время $t = 8$ мин.

Чему равна скорость течения u ?

Возможное решение

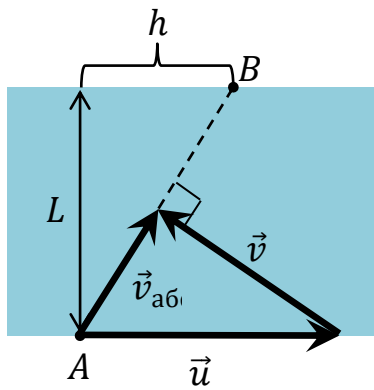


Рис. 2

Скорость лодки относительно воды будет минимальной, если она перпендикулярна траектории лодки относительно берега (рис. 2). Тогда из подобия треугольников

$$\frac{u}{v_{абс}} = \frac{AB}{h}. \quad (1)$$

В свою очередь

$$v_{абс} = \frac{AB}{t}. \quad (2)$$

Отсюда

$$u = \frac{AB^2}{ht} =$$

$$\frac{L^2 + h^2}{ht} \approx 1,7 \frac{м}{с}. \quad (3)$$

Критерии оценивания

Записано уравнение (1)	3 балла
Записано уравнение (2)	3 балла
Правильно проделаны математические преобразования	3 балла
Получен правильный ответ	1 балл
Всего за задачу	10 баллов

Задача 2

На станции глубокого заложения в Московском метрополитене длина эскалатора равна $L = 100$ м, угол его наклона к горизонту равен $\alpha = 22,5^\circ$, а скорость движения составляет $v = 1,2$ м/с. Какова должна быть минимальная мощность электромотора, приводящего в движение эскалатор, чтобы в «час пик», когда эскалатор плотно заполнен людьми, этот мотор мог справиться с нагрузкой при движении вверх? Считать, что люди в среднем имеют массу $m = 70$ кг и располагаются в два ряда на среднем расстоянии друг от друга (по горизонтали) $l = 50$ см, а КПД механической части эскалатора равен $\eta = 0,7$.

Возможное решение

Всего на эскалаторе в «час пик» помещается число людей

$$n = 2 \frac{L \cos \alpha}{l} \quad (1)$$

общей массой $M = nm$ и весом $P = nmg$. (2)

Эскалатор должен двигать людей с вертикальной скоростью

$$u = v \sin \alpha. \quad (3)$$

Таким образом, полезная механическая мощность эскалатора равна

$$N = Pu, \quad (4)$$

а минимальная мощность электромотора с учётом КПД механической части эскалатора равна

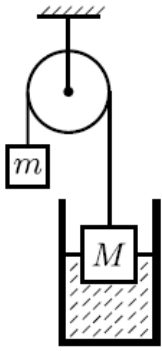
$$N_{\min} = \frac{N}{\eta} = \frac{Pu}{\eta} = \frac{nmgv \sin \alpha}{\eta} = \frac{2Lmgv \cos \alpha \sin \alpha}{l\eta} = \frac{mgLv \sin 2\alpha}{l\eta} \approx \quad (5)$$
$$\approx \frac{70 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 100 \text{ м} \cdot 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,7}{0,5 \text{ м} \cdot 0,7} \approx 170 \text{ кВт.}$$

Критерии оценивания

Записано уравнение (1)	2 балла
Записано уравнение (2)	2 балла
Записано уравнение (3)	1 балл
Записано уравнение (4)	1 балл
Записано уравнение (5)	2 балла
Правильно проделаны математические преобразования	1 балл
Получен правильный ответ	1 балл

Всего за задачу 10 баллов

Задача 3



К одному концу нити, перекинутой через блок, подвешен груз массой M , изготовленный из материала плотностью ρ_1 . Груз погружен в сосуд с жидкостью плотностью ρ_2 . К другому концу нити подвешен груз массой m (см. рисунок). При каких значениях m груз массой M в положении равновесия может плавать в жидкости? Трения нет.

Возможное решение

В соответствии с «золотым правилом механики» неподвижный блок не даёт выигрыша в силе. Поэтому в положении равновесия силы, действующие на концы нити, должны быть равны.

На конец нити, к которому подвешен груз массой m , всё время действует сила $P = mg$. На второй же конец нити, когда груз массой M плавает в жидкости, действует сила F , равная разности сил тяжести Mg и Архимеда $\rho_2 g V$, то есть

$$F = Mg - \rho_2 g V, \quad (1)$$

где V — объём погруженной в жидкость части тела массой M . Поэтому условие равновесия системы имеет вид:

$$mg = Mg - \rho_2 g V. \quad (2)$$

Объём V может изменяться от 0 (тело не погружено в жидкость) до величины M/ρ_1 (тело полностью погружено в жидкость).

Значит, из последнего равенства следует, что величина m должна удовлетворять следующим условиям:

$$M \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) \leq m \leq M \quad (3)$$

Найденный ответ справедлив при условии $\rho_2 \leq \rho_1$, то есть когда груз массой M сделан из материала, который не легче жидкости.

В случае $\rho_2 > \rho_1$, ввиду положительности m , решение принимает вид:

$$0 \leq m \leq M. \quad (4)$$

Это означает, что если груз массой M легче жидкости, то он будет плавать в ней до тех пор, пока к другому концу нити не подвешат груз массой, большей M .

Критерии оценивания

Записано уравнение (1)	2 балла
Записано уравнение (2)	2 балла
Записано уравнение (3)	3 балла

Записано уравнение (4)3 балла
Если не указан интервал.....1 балл
Всего за задачу 10 баллов

Задача 4

Санки длиной $L = 80$ см скользят горизонтально по снегу и останавливаются, частично выехав на асфальт. Определите время торможения, если трение о снег отсутствует, а коэффициент трения об асфальт $\mu = 0,4$. Масса санок распределена по их длине равномерно.

Возможное решение

Так как масса санок распределена по длине равномерно, то сила трения будет линейно нарастать при смещении по асфальту:

$$F_{\text{тр}}(x) = \mu g m_x, \quad \text{где } m_x = x m/L,$$

тогда $F_{\text{тр}} = \mu g x m/L$. (1)

Сила трения направлена против смещения и пропорциональна этому смещению

$$F = -k x, \quad \text{где } k = \mu g m /L, \quad (2)$$

следовательно, мы имеем ситуацию, аналогичную той, которая наблюдается при колебаниях, например при колебаниях груза на пружине. Поэтому эти два процесса будут описываться одинаковыми уравнениями.

Уменьшение скорости санок будет происходить так же, как уменьшение скорости при отклонении груза от положения равновесия. Скорость убывает от максимального значения до нуля. При этом время будет равно четверти периода колебаний.

Период колебаний равен:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (3)$$

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mL}{\mu g}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{\mu g}} = 0,7 \text{ с}. \quad (4)$$

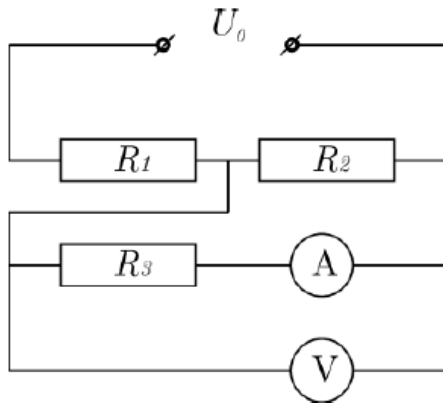
Критерии оценивания

Записано уравнение (1)2 балла
Записано уравнение (2)2 балла
Установлено, что уменьшение скорости санок будет происходить так же, как уменьшение скорости при отклонении груза от положения равновесия, записано уравнение (3)3 балла

Установлено, что время торможения будет равно четверти периода колебаний, записано уравнение (4)2 балла
 Получен правильный ответ1 балл
Всего за задачу 10 баллов

Задача 5

В электрической цепи (см. рис.) сопротивление $R_1 = R_2 = 50\text{ Ом}$. Сопротивление R_3 неизвестно. Вольтметр и амперметр идеальные. Сила тока, протекающего через амперметр $I_A = 0,25\text{ А}$. Определите показания вольтметра. Напряжение на входных клеммах $U_0 = 4,5\text{ В}$.



Возможное решение

Обозначим показания вольтметра за V , а ток через источник за I .

Ток через сопротивление R_2 :

$$I_2 = I - I_A = \frac{V}{R_2} = \frac{V}{R}, \quad (R = R_1 = R_2) \quad (1)$$

$$I = I_A + \frac{V}{R}. \quad (2)$$

Напряжение на клеммах источника равно сумме падения напряжения на резисторе R_1 и резисторе R_2 :

$$U_0 = \left(I_A + \frac{V}{R}\right)R + V = I_A R + 2V, \quad V = \frac{U_0 - I_A R}{2}. \quad (3)$$

Численно $U = 1,625\text{ В}$.

Критерии оценивания

Записано уравнение (1)2 балла

Записано уравнение (2)2 балла

Записано уравнение (3)3 балла

Правильно проделаны математические преобразования2 балла

Получен правильный ответ1 балл

Всего за задачу 10 баллов

Всего за работу 50 баллов