ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «Робофест» по ФИЗИКЕ
ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП 2025-2026 года, вопросы по физике.

Вариант 5 (7 и 8 классы)

Задача 1. Три группы конструкторов разработали три варианта модели гоночного автомобиля. Для испытания моделей устроили гонку по кольцевой трассе. Лучшее время прохождения круга было у первой модели, время второй было в y = 1,1 раза меньше, чем у третьей, которая ехала медленнее всех – она в среднем тратила на круг t = 110 с. После этой гонки вторая группа конструкторов улучшила аэродинамику своей модели, и ее средняя скорость на трассе возросла на x %. Третья группа улучшила сцепление колес своей модели с дорогой, и ее средняя скорость возросла на $1{,}5\cdot x$ %. Первая группа не внесла изменений в конструкцию своей модели. В повторной гонке у всех трех моделей время прохождения круга оказалось одинаковым.

1.1. Определите величину x. Ответ запишите в виде целого числа.

1.2. Какое среднее время прохождения круга было у каждой из моделей в повторной гонке? Ответ запишите в секундах с точностью до целого числа.

Ответы: 1.1. **25**. 1.2. **80**.

Возможное решение:
Пусть средние скорости моделей равны $v_{1,2,3}$. Из условия понятно, что $\frac{v_2}{v_3} = y = 1{,}1$. В повторной гонке новые средние скорости моделей ($v'_3 = (1 + 1{,}5 \cdot x)v_3$ и $v'_2 = (1 + x)v_2$) оказались равны:

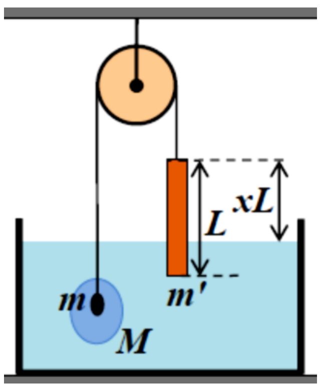
$$(1 + 1{,}5 \cdot x)v_3 = (1 + x)v_2 \Rightarrow 1 + 1{,}5 \cdot x = y(1 + x) \Rightarrow x = \frac{2(y - 1)}{3 - 2y} = 0{,}25 = 25\ \%.$$

Обозначим время прохождение круга первой моделью в первой гонке $t_1 \equiv t/z$. Ясно, что $z = \frac{v_1}{v_3}$. Поскольку в повторной гонке средние скорости третьей и первой модели стали одинаковы, то

$$(1 + 1{,}5 \cdot x)v_3 = v_1 \Rightarrow z = 1 + 1{,}5 \cdot x = \frac{y}{3 - 2y} = 1{,}375 \Rightarrow t_1 = \frac{t}{1{,}375} = 80\text{ с}.$$

В повторной гонке средняя скорость первой модели не изменялась. Значит, это и есть время прохождения круга у каждой из моделей в повторной гонке.

Задача 2. К двум концам тонкой легкой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный неподвижный блок, прикрепили груз массой m = 120 г и однородную доску постоянного сечения с массой m' = 200 г. Груз сильно охладили и на него наморозился лед с такой массой M, что в воздухе система оказалась в равновесии. Затем под грузом и доской установили большой резервуар, наполненный холодной водой. Доску аккуратно переместили в положение, в котором груз вместе со льдом целиком оказались под водой, а доска была опущена в воду нижним концом (см. рисунок), и отпустили. Известно, что плотность воды ρ_0 = 1 г/см^3, плотность льда $\rho_л$ =0,9 г/см^3, плотность дерева, из которого изготовлена доска, ρ' = 0,45 г/см^3, а плотность материала груза ρ = 4,5 г/см^3.



2.1. Найдите массу льда M, намороженного на груз. Ответ запишите в граммах.

2.2. Какая часть длины доски x_0 должна была находиться над водой сразу после отпускания, чтобы система осталась в равновесии? Ответ запишите в процентах с точностью до целого значения.

2.3. Масса льда на грузе медленно растет (лед еще намораживается). Какая часть длины доски x_1 будет находиться над водой, когда масса льда станет равна $2M$? Ответ запишите в процентах с точностью до десятых.

Ответы: 2.1. **80**. 2.2. **74**. 2.3. **72**.

Возможное решение:
Условие равновесия системы в воздухе (плотность которого пренебрежимо мала) означает, что $m + M = m' \Rightarrow M = m' - m = 80$ г.
Условие равновесия в системы после появления резервуара с водой удобно получить, приравнивая силы натяжения левого и правого вертикальных участков нити, которые, в свою очередь, равны разностям сил тяжести и сил Архимеда для прикрепленных к ним тел:

$$T = (m + M)g - \rho_0\left(\frac{m}{\rho} + \frac{M}{\rho_л}\right)g = m'g - \rho_0(1 - x)\frac{m'}{\rho'}g.$$

(здесь g – ускорение свободного падения). Из этого уравнения, учитывая связь $m = 0{,}6 \cdot m'$ и соотношение плотностей, получаем выражение для x в зависимости от массы льда M:

$$x = 0{,}76 - 0{,}05\frac{M}{m'}.$$

Значит, начальному значению $M = m' - m = 80$ г соответствует $x_0 = 0{,}74 = 74$ %, а при массе льда $2M$ =160 г $x_1 = 0{,}72 = 72$ %.

Задача 3. В термосе находится кипяток, заполняющий термос ровно наполовину. В него медленно засыпают мокрый снег, состоящий на 75 % (по объему) из кристаллов льда и на 25 % из воды, находящихся в равновесии – до тех пор, пока термос не будет заполнен полностью. Известно, что давление воздуха вокруг термоса равно нормальному атмосферному. Кроме того, можно считать точными следующие данные: плотность льда равна 900 кг/м^3, плотность воды – 1000 кг/м^3, удельная теплота плавления льда λ = 336 кДж/кг, удельная теплоемкость воды c = 4,2 кДж/(кг·°С). Теплообменом содержимого термоса с окружающей средой и испарением кипятка пренебречь.

3.1. Какую часть от объема термоса V составляет объем снега $V_с$, засыпанного в термос? В ответе укажите отношение $V_с/V$, с точностью до сотых.

3.2. Какая температура будет у содержимого термоса после установления равновесия? Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до десятых.

Ответы: 3.1. **0,54**. 3.2. **20,8**.

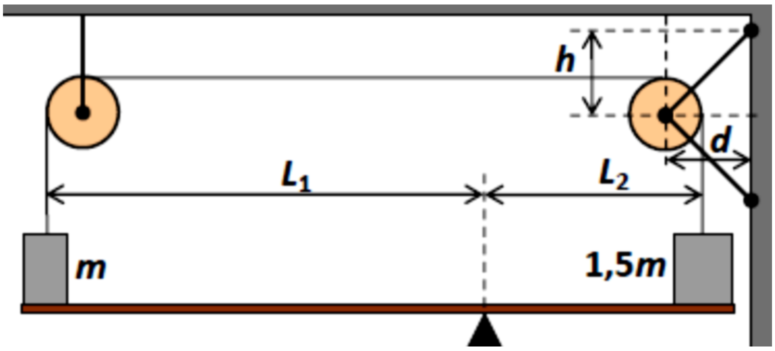
Возможное решение:
В процессе засыпания снега входящий в его состав лед будет таять, и занимаемый им объем будет уменьшаться (при одинаковой массе, как следует из соотношения плотностей, объем воды составляет 0,9 от объема растаявшего льда). Пусть V' – объем засыпанного снега. Тогда объем входящего в него льда равен $0{,}75 \cdot V'$, а воды – $0{,}25 \cdot V'$. Предположим, что к моменту заполнения термоса весь лед растает. Тогда V' определяется из соотношения

$$V = 0{,}25 \cdot V' + 0{,}75 \cdot V' \cdot 0{,}9 + 0{,}5 \cdot V \Rightarrow V' = \frac{0{,}5}{0{,}925}V = \frac{20}{37}V \approx 0{,}54 \cdot V.$$

Теперь запишем уравнение теплового баланса для установления равновесия: количество теплоты, отданное кипятком, равно сумме количеств тепла, израсходованных на плавление льда и на нагрев воды, полученной из мокрого снега (при этом учтем, что температура кипятка равна 100°С, а температура мокрого снега равна 0°С):

$$c \cdot \rho_В \cdot 0{,}5 \cdot V(100°\text{C} - t) = (\lambda + ct) \cdot \rho_Л \cdot 0{,}75V' + c \cdot \rho_В \cdot 0{,}25V' \cdot t.$$

С учетом найденной величины V' получаем: $t = 50°\text{C} - \frac{27}{74}\frac{\lambda}{c} \approx 20{,}8°\text{C}$. Температура получилась положительной, так что наше предположение (что весь лед растаял) оправдалось.



Задача 4. Два груза с массами m = 400 г и 1,5·m = 600 г установлены на разные концы легкого горизонтального рычага так, что относительно точки опоры рычага плечи сил, с которыми они давят на этот рычаг, равны L_1 = 60 см и L_2 = 30 см. Кроме того, эти грузы соединены легкой нерастяжимой нитью, перекинутой через два легких неподвижных цилиндрических блока, вращающиеся без трения (см. рисунок). Ось первого блока закреплена на паре параллельных вертикальных стержней, жестко скрепленных с горизонтальным потолком, а ось второго – на паре одинаковых легких стержней, соединенных друг с другом и с вертикальной стенкой легкими шарнирами (все три шарнира и горизонтальный участок нити находятся в одной вертикальной плоскости, перпендикулярной этой стенке). Горизонтальные и вертикальные проекции этих стержней равны d = h = 11 см. В этом положении система из рычага, грузов и блоков находится в равновесии.

4.1. Найдите величину силы натяжения нити в этом положении. Ответ запишите в ньютонах с точностью до целого значения. При расчете ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10$ м/с^2.

4.2. Найдите величину силы упругости нижнего из стержней, удерживающих ось второго блока. Ответ запишите в ньютонах с точностью до десятых.

4.3. Найдите величину силы упругости верхнего из стержней, удерживающих ось второго блока. Ответ запишите в ньютонах с точностью до десятых.

Математическая подсказка для 7 класса: $\sqrt{2} \approx 1{,}414$ – это число, квадрат которого равен 2.

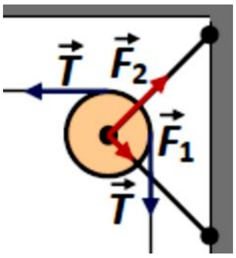
Ответы: 4.1. **2**. 4.2. **0,0**. 4.3. **2,8**.

Возможное решение:

Силы реакции между грузами и рычагом равны разности сил тяжести и силы натяжения нити, которая одинакова по всей ее длине: $N_1 = mg - T$, $N_2 = 1{,}5 \cdot mg - T$. Поэтому условие равновесия рычага имеет вид

$$N_1L_1 = N_2L_2 \Rightarrow T = \frac{2L_1 - 3L_2}{2(L_1 - L_2)}mg = \frac{1}{2}mg \approx 2 \text{ Н}.$$

Отметим, что в соответствии с условием стержни, удерживающие ось второго блока, взаимно перпендикулярны и направлены под углом 45° к горизонту. Кром того, силы упругости этих стержней направлены вдоль них. Действительно, поскольку силой тяжести для «легких» стержней можно пренебречь, то сумма сил, действующих на стержень со стороны шарниров, к которым прикреплены его концы, в состоянии равновесия равны нулю, как и сумма моментов этих сил. Из



этих требований следует, что эти силы равны по величине, противоположны по направлению и направлены вдоль стержня, и при этом именно они растягивают либо сжимают стержень и вызывают появление сил упругости. Обозначим величины сил упругости нижнего и верхнего стержней F_1 и F_2 соответственно. Сумма сил, приложенных ко второму блоку (а это силы упругости стержней и силы натяжения горизонтального и вертикального участков нити), в состоянии равновесия тоже равна нулю. Нетрудно заметить, что сумма сил натяжения нитей направлена в точности вдоль верхнего стержня. Поэтому нижний стержень не будет ни сжат, ни растянут, и его сила упругости равна нулю. Верхний стрежень будет растягиваться суммой сил натяжения, и по теореме Пифагора $F_2 = T\sqrt{2} = \frac{mg}{\sqrt{2}} \approx 2{,}8$ Н. В добавление продемонстрируем еще один способ получения этого ответа. Можно исходить из того, что сила натяжения каждого из участков нити должна быть уравновешена суммами горизонтальных и вертикальных составляющих сил упругости. Тогда:

$$\left.\begin{cases} F_1\dfrac{1}{\sqrt{2}}+F_2\dfrac{1}{\sqrt{2}}=T \\ F_2\dfrac{1}{\sqrt{2}}-F_1\dfrac{1}{\sqrt{2}}=T \end{cases}\right\} \Rightarrow \begin{cases} F_2=T\sqrt{2}=\dfrac{mg}{\sqrt{2}}\approx 2{,}8\ \text{Н} \\ F_1=0 \end{cases}.$$