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

Вариант 1 (7 и 8 классы)

Задача 1. Три группы конструкторов разработали три варианта модели коночного автомобиля. Для испытания моделей устроили гонку по кольцевой трассе с фиксированной длительностью. Меньше всех (L = 240 км) проехала за время гонки T первая модель, вторая проехала в y = 1,2 раза большее расстояние, а третья проехала больше всех. После этой гонки вторая группа конструкторов улучшила аэродинамику своей модели, и ее средняя скорость на трассе возросла на x %. Первая группа улучшила сцепление колес своей модели с дорогой, и ее средняя скорость возросла на $2x$ %. Третья группа не внесла изменений в конструкцию своей модели. В повторной гонке все три модели проехали одинаковое расстояние.

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

1.2. Какое расстояние проехала каждая из моделей в повторной гонке? Ответ запишите в км с точностью до целого числа.

Ответы: 1.1. **25**. 1.2 **360**.

Возможное решение:
Пусть средние скорости моделей равны $v_{1,2,3}$. Из условия понятно, что $\frac{v_2}{v_1} = y = 1{,}2$. В повторной гонке новые средние скорости моделей ($v'_1 = (1+2x)v_1$ и $v'_2 = (1+x)v_2$) оказались равны:

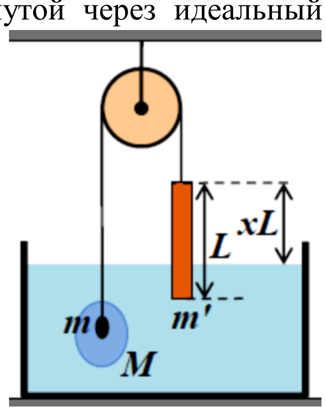
$$(1+2x)v_1 = (1+x)v_2 \Rightarrow 1+2x = y(1+x) \Rightarrow x = \frac{y-1}{2-y} = 0{,}25 = 25~\%.$$

Обозначим путь, который проехала в первой гонке третья модель $L_3 \equiv z \cdot L$. Ясно, что $z = \frac{v_3}{v_1}$. Поскольку в повторной гонке средние скорости третьей и первой модели стали одинаковы, то

$$(1+2x)v_1 = v_3 \Rightarrow z = 1+2x = \frac{y}{2-y} = 1{,}5 \Rightarrow L_3 = 1{,}5 \cdot L = 360 \text{ км}.$$

В повторной гонке средняя скорость третьей модели не изменялась. Значит, это и есть расстояние, которое в повторной гонке проехала каждая из моделей.

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' = 240 г. На груз наморозили лед с такой массой M, что в воздухе система оказалась в равновесии. Затем под грузом и доской установили большой резервуар, наполненный 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. Лед медленно тает. Какая часть длины доски x_1 будет находиться над водой, когда весь лед растает? Ответ запишите в процентах с точностью до десятых.

Ответы: 2.1. **120**. 2.2. **70**. 2.3. **72,5**.

Возможное решение:
Условие равновесия системы в воздухе (плотность которого пренебрежимо мала) означает, что $m + M = m' \Rightarrow M = m' - m = 120$ 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 $m = 0,5 \cdot m'$, получаем выражение для x в зависимости от массы льда M:

$$x = 1 - \frac{\rho'(\rho + \rho_0)}{2\rho\rho_0} - \left(\frac{\rho'}{\rho_л} - \frac{\rho'}{\rho_0}\right)\frac{M}{m'} = 0,725 - 0,05\frac{M}{m'}.$$

Значит, начальному значению $M = m' - m = 120$ г соответствует $x_0 = 0,7 = 70\ \%$, а после окончания таяния льда ($M = 0$) $x_1 = 0,725 = 72,5\ \%$. Впрочем, последний ответ можно получить без вывода общей формулы – достаточно записать условие равновесия с учетом сил Архимеда и без намороженного на груз льда.

Задача 3. В термосе находится мокрый снег, состоящий на 80 % (по объему) из кристаллов льда и на 20% из воды, находящихся в равновесии. Снег заполняет термос ровно наполовину. В термос медленно доливают кипящую воду до тех пор, пока он 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 кипятка $V_к$, долитого в термос? В ответе укажите отношение $V_к/V$, 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. **25,2**.

Возможное решение:
В процессе доливания кипятка 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 термоса. Тогда начальный объем льда равен $0,4 \cdot V$, а воды – $0,1 \cdot V$. Предположим, что к моменту заполнения термоса весь лед растает. Тогда объем долитого кипятка (ΔV) определяется из соотношения

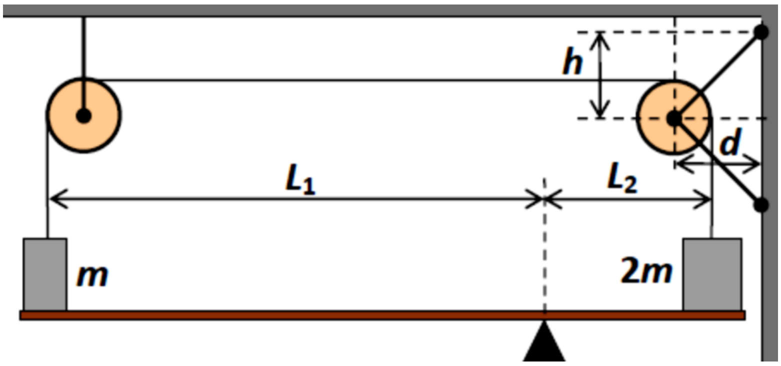
$$V = 0,1 \cdot V + 0,4 \cdot V \cdot 0,9 + \Delta V \Rightarrow \Delta V = 0,54 \cdot V.$$

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):

$$c \cdot \rho_B \cdot \Delta V(100°\text{C} - t) = (\lambda + ct) \cdot \rho_Л \cdot 0,4V + c \cdot \rho_B \cdot 0,1V \cdot t.$$

С учетом найденной величины ΔV получаем: $t = 54°\text{C} - 0,36\frac{\lambda}{c} = 25,2°\text{C}$. Температура получилась положительной, так что наше предположение (что весь лед растаял) оправдалось.

Задача 4. Два груза с массами m = 200 г и $2m$ = 400 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 = 75 см и L_2 = 25 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 $d = h$ = 12 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.

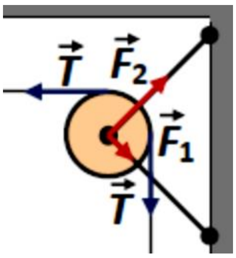
Математическая подсказка для 7 класса: $\sqrt{2} \approx 1{,}414$ – это число, квадрат которого равен 2.

Ответы: 4.1 **1**. 4.2 **0,0**. 4.3 **1,4**.

Возможное решение:
Силы реакции между грузами и рычагом равны разности сил тяжести и силы натяжения нити, которая одинакова по всей ее длине: $N_1 = mg - T$, $N_2 = 2mg - T$. Поэтому условие равновесия рычага имеет вид

$$N_1 L_1 = N_2 L_2 \Rightarrow T = \frac{L_1 - 2L_2}{L_1 - L_2} mg = \frac{1}{2} mg \approx 1 \text{ Н}.$$

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 $F_2 = T\sqrt{2} = \frac{mg}{\sqrt{2}} \approx 1{,}4$ 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:

$$\left.\begin{cases} F_1\dfrac{1}{\sqrt{2}}+F_2\dfrac{1}{\sqrt{2}}=T \\ F_2\dfrac{1}{\sqrt{2}}-F_1\dfrac{1}{\sqrt{2}}=T \end{cases}\right\} \Rightarrow \begin{cases} F_2=T\sqrt{2}=\dfrac{mg}{\sqrt{2}}\approx 1{,}4\ \text{Н} \\ F_1=0 \end{cases}.$$

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (для автоматической проверки):

вопрос	ответ участника	балл
1.1	**25**	**5**
	20	**1**
1.2	**360**	**5**
	300 или 336	**2**
2.1	**120**	**5**
	240	**1**
2.2	**70**	**5**
	в интервале [60;80]	**1**
2.3	**72,5**	**5**
	в интервале [71;74]	**1**
3.1	**0,54**	**5**
	в интервале [11,1;11,5]	**3**
3.2	**25,2**	**5**
	в интервале [24;26]	**1**
4.1	**1**	**5**
	0,5 или 2	**1**
4.2	**0,0**	**5**
	в интервале [0;0,1]	**2**
4.3	**1,4**	**5**
	в интервале [1,3;1,5]	**2**
Максимальная оценка		**50**