

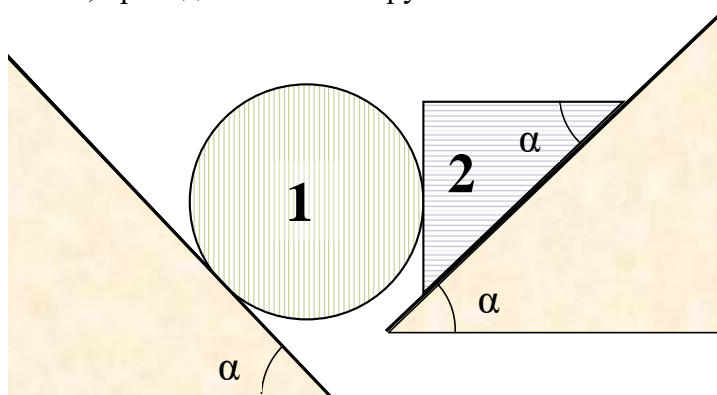
**Первый (заочный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело»
специализации «Профессор Жуковский», осень 2019 г.
10 класс**

Вариант – 2

1. Мотоцикл проходит три неравных отрезка пути, которые относятся как 1:2:3. При этом интервалы времени, затраченные на прохождение каждого из отрезков, относятся соответственно как 2:1:3. Чему равна средняя скорость прохождения всего пути, если первый отрезок мотоцикл проходит со средней скоростью $v_1 = 36$ км/ч? Ответ дайте в метрах в секунду (м/с). Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.
2. Брусок массой $m = 3$ кг находится на горизонтальной поверхности. На него действует горизонтально направленная сила $F = 2$ Н. Коэффициент трения между бруском и поверхностью $\mu = 0,2$. Чему равна сила трения, действующая на брусок? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в ньютонах (Н). Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.
3. Окно закрыто рольставнями. Их высота 1500 мм, удельная масса 1 м² материала рольставней составляет 4,2 кг. Чтобы полностью поднять рольставни, свернув их в рулон, нужно совершить работу $A = 66,15$ Дж. Чему равна ширина рольставней? Силой трения пренебречь. Диаметр образовавшегося рулона считать малым, по сравнению с высотой рольставней. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в метрах (м). Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.
4. Две частицы начинают прямолинейное движение из одной точки с одинаковыми по модулю начальными скоростями и одинаковыми постоянными ускорениями. При этом в начальный момент векторы скорости и ускорения первой частицы направлены в одну сторону, а направления векторов начальной скорости и ускорения второй частицы противоположны. Спустя время τ вторая частица достигает крайнего положения и поворачивает. Чему равно отношение пути, пройденного первой частицей, к пути, пройденному второй частицей, за одно и то же время $t = 3\tau$, отсчитанное от начала движения? Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.
5. На гладкой горизонтальной платформе лежат три одинаковых шарика, массой $m = 500$ г каждый, соединенные друг с другом тремя невесомыми стержнями так, что центры шариков и стержни находятся в одной плоскости и образуют равносторонний треугольник со стороной $l = 30$ см. Платформа вращается с угловой скоростью $\omega = 3$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через центр треугольника. Определите величину упругой силы, возникающей в стержнях. Ответ дайте в ньютонах (Н). Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби,

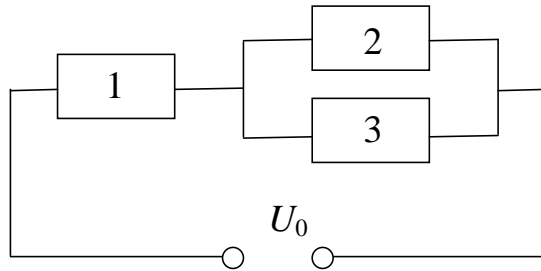
округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.

6. На гладкой горизонтальной поверхности находятся два груза массами m и $8m$, связанные невесомой недеформированной пружиной жесткости $k = 50$ Н/м. Груз массой m удерживают, а грузу массой $8m$ сообщают скорость $v_0 = 0,3$ м/с по направлению к легкому грузу. В тот момент, когда тяжелый груз останавливается, легкий груз отпускают. Найдите максимальную скорость груза массой m в процессе движения. Ответ дайте в метрах в секунду (м/с). Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.
7. Тонкая пластина оторвалась от спутника и движется в космическом пространстве. Пластина имеет форму равнобедренного треугольника ABC, где $AC = BC$. В некоторый момент времени оказалось, что векторы скоростей точек A и B одинаковы по модулю и направлению – $\vec{v}_A = \vec{v}_B = \vec{v}$ – и лежат в плоскости пластины, а скорость точки C равна $v_C = v\sqrt{6}$. Чему в этот момент времени равна скорость точки S, являющейся серединой высоты, проведенной из вершины C треугольника к его основанию AB, если $v = 2$ км/с? Ответ дайте в километрах в секунду (км/с). Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.
8. Две заготовки, имеющие форму цилиндра (заготовка 1) и треугольной призмы (заготовка 2), положили, соприкасаясь друг с другом, на две гладкие неподвижные наклонные плоскости (см. рисунок), и отпустили. Наклонные плоскости и треугольная призма образуют одинаковые углы α с горизонтом. Масса заготовки 1 в $n = 4$ раза больше массы заготовки 2. С каким ускорением a движется заготовка 2 в этой системе? Известно, что, если убрать заготовку 1, то оставшаяся заготовка 2 будет двигаться вниз по наклонной плоскости с ускорением $a_0 = 5$ м/с². Трением между заготовками пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в метрах в сек² (м/с²) Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.



9. Нелинейный элемент (НЭ) имеет нелинейную вольтамперную характеристику (зависимость силы тока I , проходящего через НЭ от напряжения U на этом НЭ), описываемую формулой $I = k\sqrt{U}$, где k – постоянная величина. Три одинаковых

нелинейных элемента 1,2 и 3 соединили, как показано на рисунке и подключили к источнику постоянного напряжения U_0 . Сопротивление источника пренебрежимо мало. Найдите отношение мощности, выделяемой на нелинейном элементе 1, к мощности, выделяемой на участке цепи, содержащем нелинейные элементы 2 и 3. Если ответ получается в виде бесконечной десятичной дроби, округлите его до сотых, если ответ – конечная десятичная дробь или целое число, приведите его без округления.



Решения варианта 2

1. **Решение.** Обозначим s_0, t_0 – единицы пути и времени соответственно. Тогда средняя скорость на всем пути равна $v = \frac{6s_0}{6t_0} = \frac{s_0}{t_0}$, средняя скорость на первом отрезке пути

$$v_1 = \frac{s_0}{2t_0}, \Rightarrow v = 2v_1 = 20 \text{ м/с.}$$

Ответ: 20

2. **Решение.** $(F_{\text{мп.}})_{\text{max}} = \mu mg = 0,2 \cdot 3 \cdot 10 = 6 \text{ Н.}$ Т.к. $F < (F_{\text{мп.}})_{\text{max}}$, тело покоится и $F_{\text{мп.}} = F = 2 \text{ Н.}$

Ответ: 2

3. **Решение.** Работа $A = \frac{1}{2} mgh$, где $m = \rho_\sigma S = \rho_\sigma ah$, $\Rightarrow A = \frac{1}{2} \rho_\sigma gah^2$, \Rightarrow

$$a = \frac{2A}{\rho_\sigma gh^2} = 1,4 \text{ м.}$$

Ответ: 1,4

4. **Решение.** Найдем начальную скорость второй частицы: $v_0 = a\tau$. За время τ вторая

частица проходит путь $s_0 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{a\tau^2}{2}$. Путь, пройденный за время $t = 3\tau$ первой

частицей, $s_1 = v_0 \cdot 3\tau + \frac{a(3\tau)^2}{2} = \frac{15}{2} a\tau^2$. Путь, пройденный за то же время второй

частицей $s_2 = 2s_0 + v_0 \cdot \tau + \frac{a\tau^2}{2} = \frac{5}{2} a\tau^2$. Их отношение $\frac{s_1}{s_2} = 3$.

Ответ: 3

5. **Решение.** Радиус окружности, по которой движутся шарики, $R = \frac{l}{\sqrt{3}}$. Направим

ось Ox , от одного из шариков к центру треугольника, тогда $2F \cos 30^\circ = m\omega^2 R$. \Rightarrow

$$2F \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = m\omega^2 \frac{l}{\sqrt{3}}, \Rightarrow F = \frac{m\omega^2 l}{3} = \frac{0,5 \cdot 9 \cdot 0,3}{3} = 0,45 \text{ Н,}$$

Ответ: 0,45

6. **Решение.** При начальном движении тяжелого груза к легкому пружина

деформируется и, ее максимальная деформация равна $x: \frac{8mv_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$.

После того, как легкий груз отпускают, начальные скорости обоих грузов равны нулю. Пружина распрямляется и сообщает грузам кинетическую энергию.

Скорости грузов достигают максимальных значений u (груз массой m) и v (груз массой $3m$), когда пружина будет не деформирована.

$$\begin{cases} mu - 8mv = 0, \\ \frac{mu^2}{2} + \frac{8mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2} = \frac{8mv_0^2}{2}. \end{cases} \Rightarrow u = \frac{8}{3}v_0 = 0,8 \text{ м/с.}$$

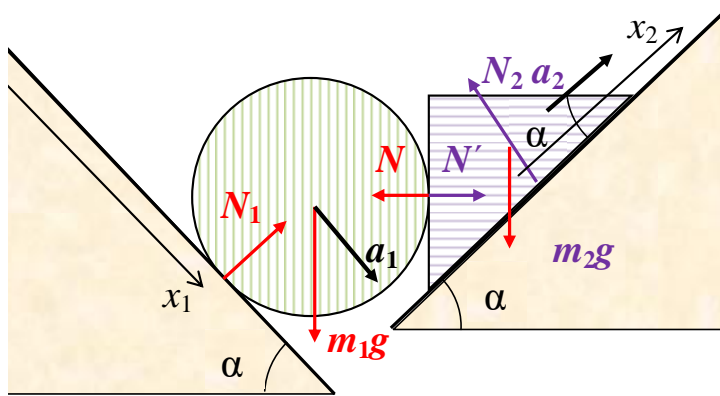
Ответ: 0,8

7. **Решение.** Т.к. скорости точек А и В одинаковы по модулю и направлению, то точки А и В лежат на оси вращения а \vec{v} – поступательная скорость движения детали. Скорости точек С и S равны векторной сумме скоростей поступательного и вращательного движения вокруг оси АВ. Тогда

$$\begin{cases} v_C^2 = (v\sqrt{6})^2 = v^2 + (\omega h)^2, \\ v_S^2 = v^2 + \left(\omega \frac{h}{2}\right)^2. \end{cases} \Rightarrow v_S^2 = v^2 + \frac{5}{4}v^2 \Rightarrow v_S = \frac{3}{2}v = 3 \text{ км/с.}$$

Ответ: 3

8. **Решение.** На рисунке показаны силы, действующие на заготовки 1 и 2. Запишем уравнения динамики в проекциях на оси x_1 и x_2 .



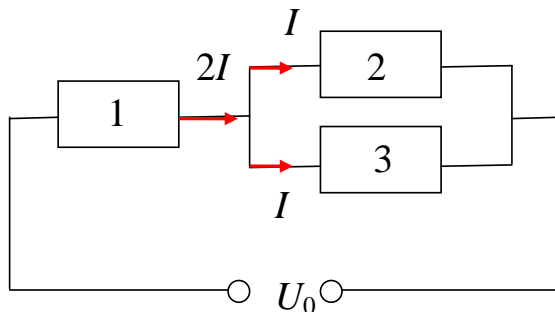
$$\begin{cases} x_1 : m_1 a_1 = m_1 g \sin \alpha - N \cos \alpha, \\ x_2 : m_2 a_2 = -m_2 g \sin \alpha + N' \cos \alpha. \end{cases}$$

Т.к. $N = N'$ и $a_1 = a_2 = a$, и $a_0 = g \sin \alpha$, $\Rightarrow a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \sin \alpha = \frac{3}{5} a_0 = 3$

м/с².

Ответ: 3

9. **Решение.** На НЭ 2 и 3: $U_2 = U_3$, тогда $I_2 = I_3 = I$, $I_1 = I_2 + I_3 = 2I$ (см. рис).



$$\begin{cases} U_1 + U_2 = U_0, \\ I = k\sqrt{U_2}, \\ 2I = k\sqrt{U_1}. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_1 + U_2 = U_0, \\ U_1 = 4U_2. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_1 = \frac{4}{5}U_0, \\ U_2 = \frac{1}{5}U_0. \end{cases}$$

Запишем теперь формулы для мощности: $P_1 = I_1 U_1 = \frac{8}{5} I U_0$,

$P_{2,3} = 2I_2 U_2 = \frac{2}{5} I U_0$, и найдем их отношение $\frac{P_1}{P_{2,3}} = 4$.

Ответ: 4