



Отборочный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

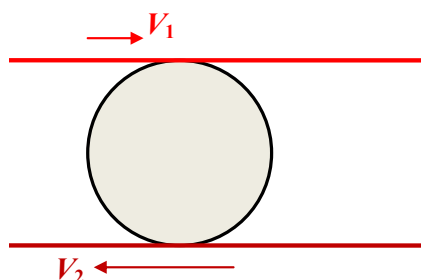
Профиль: «Физика»

Класс участия: 10

Вариант задания: 1

Задача 1.

Между двумя горизонтальными лентами транспортеров зажата заготовка цилиндрической формы радиуса $R = 20$ см (см. рисунок). Ленты одновременно запускают, и они движутся в противоположные стороны: верхняя – со скоростью $V_1 = 2$ м/с, а нижняя – со скоростью $V_2 = 8$ м/с относительно земли. Чему равна угловая скорость вращения заготовки относительно ее оси? Заготовка не проскальзывает между лентами. Ответ дайте в рад/с, округлив его до целых.



Ответ: $\omega = \frac{V_1 + V_2}{2R} = 25$ рад/с.

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	6



Задача 2.

Самолет летит горизонтально. Сила сопротивления воздуха прямо пропорционально квадрату скорости самолета, и при скорости $v = 200$ м/с она равна $F_{\text{сопр.}} = 20$ кН. Сила тяги двигателя не меняется в процессе полета, равна $F = 30650$ Н и составляет угол $\alpha = 20^\circ$ с направлением полета. Определите наибольшую скорость самолета в процессе полета. Ответ дайте в м/с, округлив его до целых.

Ответ: $v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{F \cos \alpha}{k}} = 240$ м/с, где $k = \frac{F_{\text{сопр.}}}{v^2} = 0,5 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$.

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	6



Задача 3.

Мощность паровой машины $N = 350$ кВт, площадь поршня $S = 0,2$ м², частота вращения вала $\nu = 2,5$ Гц. Чему равно давление пара, если за один оборот вала поршень паровой машины делает рабочий ход длиной $L = 50$ см. Ответ дайте в мегапаскалях (МПа), округлив его до десятых.

Ответ: $p = \frac{N}{SL\nu} = 1,4$ МПа.

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	6



Задача 4.

Из укрытия противник запустил дрон, который полетел по прямой с постоянной скоростью $v = 14$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Воин, находящийся на расстоянии $L = 60$ м от укрытия, сразу же бросил в него камень. Камень попал в дрон в верхней точке своей траектории. С какой начальной скоростью был брошен камень? Считать, что точки броска камня и запуска дрона находятся на одной высоте от поверхности земли. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в м/с, округлив его до целых.

Решение:

Обозначим v_0 – начальную скорость камня, β – угол, который составляет с горизонтом вектор начальной скорости камня. Тогда

$$\begin{cases} v_0 \cos \beta \cdot t = L - v \cos \alpha \cdot t, \\ v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v \sin \alpha \cdot t, \\ v_0 \sin \beta - gt = 0. \end{cases} \Rightarrow v_0 = \sqrt{4v^2 \sin^2 \alpha + \left(\frac{Lg}{2v \sin \alpha} - v \cos \alpha \right)^2} = 28,43 \text{ м/с.}$$

Ответ: 28,43 м/с.

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	10



Задача 5.

На одном конце легкого стержня находится небольшой по размеру шарик массы $m = 450$ г, другой конец стержня прикреплен к горизонтальной оси. Шарик свободно вращается в вертикальной плоскости вокруг этой оси. В процессе вращения скорость шарика в верхней точке траектории на 30% меньше, чем в нижней точке, а сила, действующая на шарик со стороны стержня, в верхней точке траектории на 60% меньше, чем в нижней. Чему равна сила, действующая на шарик со стороны стержня, в верхней точке траектории? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в ньютонах (Н), округлив его до десятых.

Решение:

Обозначим L – длина стержня, v_n и v_v скорости шарика в нижней и верхней точках траектории соответственно, аналогично T_n и T_v силы натяжения стержня в нижней и верхней точках траектории. По условию $v_v = 0,7v_n$, $T_v = 0,4T_n$. Тогда

$$\begin{cases} T_v + mg = \frac{mv_v^2}{L}, \\ T_n - mg = \frac{mv_n^2}{L}. \end{cases} \Rightarrow T_v = \frac{298}{45} mg = 29,8 \text{ Н}; \text{ или } \begin{cases} -T_v + mg = \frac{mv_v^2}{L}, \\ T_n - mg = \frac{mv_n^2}{L}. \end{cases} \Rightarrow T_v = \frac{298}{445} mg = 3,0 \text{ Н}$$

Ответ: 3,0 Н.

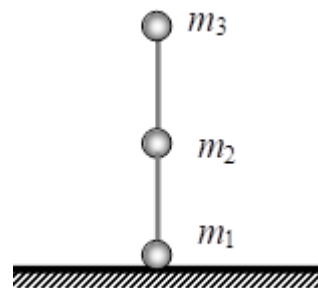
Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	10



Задача 6.

Механическая система состоит из невесомого стержня длиной $L = 40$ см, на концах и в середине которого закреплены три маленькие бусинки (см. рис.). Массы нижней и верхней бусинок известны и равны $m_1 = 20$ г и $m_3 = 50$ г, масса средней бусинки неизвестна. Стержень ставят вертикально на гладкий горизонтальный пол и отпускают без толчка. К моменту, когда верхняя бусинка коснется пола, нижняя бусинка сместится на расстояние $x = 26$ см. Какую кинетическую энергию имеет средняя бусинка при ударе о пол? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в миллиджоулях (мДж), округлив его до целых.



Решение:

Т.к. на систему в горизонтальном направлении не действуют внешние силы, то её центр масс остается неподвижным; что означает, что

$$-m_1x + m_2\left(\frac{L}{2} - x\right) + m_3(L - x) = 0. \Rightarrow m_2 = \frac{m_3(L - x) - m_1x}{x - \frac{L}{2}} = 0,03 \text{ кг.}$$

Обозначим скорость средней бусинки в момент падения на пол v , тогда скорость верхней бусинки в тот же момент времени будет $2v$, при этом скорость нижней бусинки станет равной нулю в момент падения системы на пол. Найдем скорость v , пользуясь законом сохранения энергии: $m_3gL + m_2g\frac{L}{2} = \frac{m_2v^2}{2} + \frac{m_3(2v)^2}{2}$. \Rightarrow

$$v = \sqrt{\frac{(m_2 + 2m_3)gL}{m_2 + 4m_3}} = 1,5 \text{ м/с. Тогда кинетическая энергия средней бусинки равна}$$

$$E_{k2} = \frac{m_2v^2}{2} = 33,9 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 34 \text{ мДж.}$$

Ответ: 34 мДж.

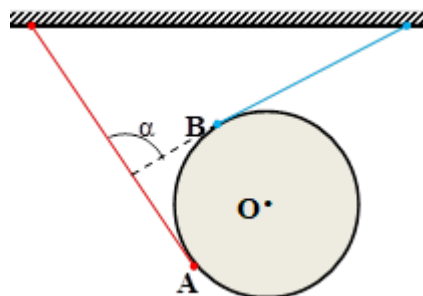
Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	10



Задача 7.

На тонком диске в точках А и В закреплены концы двух невесомых нерастяжимых нитей (см. рис.). Другие концы нитей прикреплены к горизонтальной поверхности. Вначале диск удерживают, а затем отпускают. В результате диск поворачивается в вертикальной плоскости. Нити в процессе поворота диска натянуты и лежат в одной плоскости с диском. В момент, когда нити образуют угол $\alpha = 80^\circ$, скорость точки А диска $V_A = 2$ м/с. Чему в этот же момент времени равна скорость центра О диска? Ответ дайте в метрах в секунду, округлив его до десятых.



Решение:

Т.к. нити нерастяжимы, то скорости диска в точках А и В направлены перпендикулярно нитям. Тогда в точке O' пересечения нитей (их продолжений) находится мгновенный центр вращения. Обозначим ω угловую скорость вращения диска в рассматриваемый момент времени, тогда скорость центра диска равна $V_O = \omega \cdot |O'O|$, а скорость точки А $V_A = \omega \cdot |O'A|$. $\Rightarrow V_O = V_A \cdot \frac{|O'O|}{|O'A|} = \frac{V_A}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 3,1$ м/с.

Ответ: 3,1 м/с

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	17



Задача 8.

Прямой однородный резиновый стержень длиной $L = 20$ см движется по гладкому столу под действием постоянной горизонтальной силы. Чему равно ускорение стержня, если в процессе движения его длина увеличилась на 0,01%? Считайте, что для материала, из которого сделан стержень, плотность $\rho = 1,2$ г/см³, модуль упругости (модуль Юнга) $E = 2,4$ МПа. Ответ дайте в м/с², округлив его до десятых.

Решение:

Масса стержня $m = \rho SL$, коэффициент упругости $k = \frac{ES}{L}$, где S – площадь сечения стержня. Ускорение, с которым движется стержень под действием постоянной силы F , равно $a = \frac{F}{m}$. Тогда удлинение массивного однородного стержня находится по формуле $\Delta L = \frac{F}{2k} = \frac{ma}{2k} \Rightarrow a = \frac{2E}{\rho L} \cdot \frac{\Delta L}{L} = 2$ м/с².

Ответ: 2 м/с²

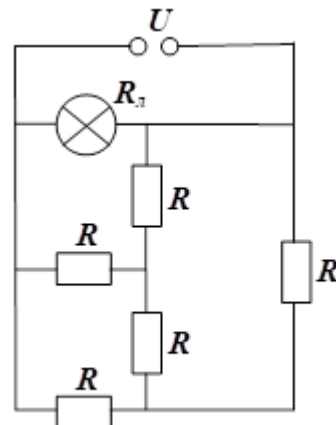
Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	18



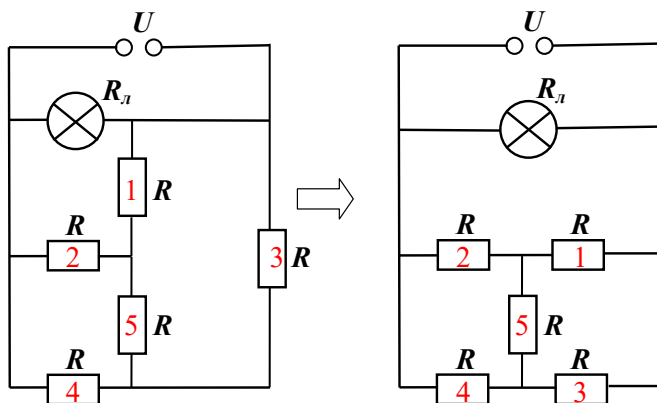
Задача 9.

Электрическая цепь, изображенная на рисунке, содержит лампочку, сопротивлением $R_{\text{л}} = 6 \text{ Ом}$, и резисторы, сопротивления которых одинаковы и равны $R = 3 \text{ Ом}$. Напряжение источника, подключенного к этой цепи, равно $U = 12 \text{ В}$. Найдите полную тепловую мощность, выделяющуюся в этой цепи (суммарную мощность на лампочке и пяти резисторах). Сопротивлением проводов и внутренним (собственным) сопротивлением источника пренебречь. Ответ дайте в ваттах, округлив его до целых.



Решение:

Перерисуем заданную цепь.



Из симметрии полученной схемы следует, что разность потенциалов на резисторе 5 $U_5 = 0$, через него не течет ток, и мощность на нем $P_5 = 0$. Поэтому, участок цепи, содержащий этот резистор, можно удалить. Тогда мощность, выделяющаяся на всех остальных элементах цепи, равна

$$P_{\Sigma} = \frac{U^2}{R_{\text{л}}} + \frac{U^2}{2R} \cdot 2 = \frac{U^2}{R_{\text{л}}} + \frac{U^2}{R} = 72 \text{ Вт.}$$

Ответ: 72 Вт.

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	17