



Отборочный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль: «Физика»

Класс участия: 10

Вариант задания: 2

Задача 1.

При подаче теннисная ракетка движется навстречу мячу. Перед ударом скорость мяча перпендикулярна плоскости ракетки и равна $v_1 = 10$ м/с, а скорость ракетки $v_2 = 20$ м/с. Удар абсолютно упругий. С какой скоростью летит мяч после подачи теннисиста? Скорости ракетки, а также мяча перед ударом и после него заданы в неподвижной системе отсчета, связанной с землей. Считаем, что масса ракетки гораздо больше массы мяча. Ответ дайте в м/с, округлив его до целых.

Ответ: $V = V_1 + 2V_2 = 50$ м/с.

Критерии оценивания

<i>Критерий</i>	<i>Балл</i>
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	6



Задача 2.

Кирпич покоится на наклонной плоскости. Чтобы кирпич сдвинуть вверх по наклонной плоскости требуется приложить силу, не меньше $F_1 = 9,68$ Н. А чтобы, сдвинуть его вниз с наклонной плоскости, необходима сила, не меньшая $F_2 = 1,91$ Н. Обе силы направлены параллельно наклонной плоскости. Коэффициент трения кирпича о поверхность наклонной плоскости $\mu = 0,4$. Определите, какой угол α с горизонтом составляет наклонная плоскость. Ответ дайте в градусах, округлив его до целых.

Ответ: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{(F_1 - F_2)\mu}{F_1 + F_2} = 0,2978, \Rightarrow \alpha = 15^\circ.$

Критерии оценивания

<i>Критерий</i>	<i>Балл</i>
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	6



Задача 3.

Ученые обнаружили, что упавший на Землю метеорит имел массу $M = 40$ кг. Метеорит погрузился в почву на глубину $h = 1,84$ м. Дальнейшие исследования показали, что почва в месте падения метеорита оказывает сопротивление проникающему в нее телу с силой $F = 500$ кН. С какой высоты должен был упасть без начальной скорости мяч массой $m = 0,5$ кг, чтобы у поверхности Земли приобрести такую же скорость, как и упавший метеорит? Сопротивлением воздуха пренебречь. Считаем ускорение свободного падения при движении мяча неизменным и равным $g = 10$ м/с². Ответ дайте в метрах, округлив его до целых.

Ответ: $H = \frac{v^2}{2g} = \frac{Fh}{Mg} = 2300$ м.

Критерии оценивания

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



Задача 4.

Стальной шарик удерживают на некоторой высоте от собирающей линзы. Линза закреплена, ее плоскость параллельна поверхности земли, шарик находится на главной оптической оси линзы. Расстояние от неподвижного шарика до линзы равно расстоянию от линзы до действительного изображения шарика. Шарик отпускают без начальной скорости, он падает на линзу и разбивает ее. Чему равно фокусное расстояние линзы, если при падении шарика его мнимое изображение в линзе просуществовало $t = 0,11$ с? Линза остается неподвижной, до момента, как ее разбили. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в сантиметрах, округлив его до целых.

Решение:

Начальное расстояние от линзы до шарика $2F$. Мнимое изображение в линзе будет, когда шарик находится на расстоянии меньшем F от линзы. Пользуясь уравнениями движения шарика, получим $F = \frac{gt^2}{2}(3 + 2\sqrt{2}) = 35$ см.

Ответ: 35 см.

Критерии оценивания

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



Задача 5.

Круглое отверстие в дне сосуда герметично закрыто пробкой площадью $S = 15 \text{ см}^2$ и массой $m_{np.} = 50 \text{ г}$. К пробке привязан кубик массой $m = 200 \text{ г}$ с помощью невесомой нерастяжимой нити. Пробка и кубик находятся внутри сосуда. В сосуд медленно наливают воду, в результате кубик поднимается, а нить распрямляется. Чему равна максимальная длина нити, при которой пробка может быть выдернута из отверстия при некотором, необходимом для этого, количестве воды в сосуде. Трением между пробкой и поверхностью отверстия пренебречь, пробка не выступает за края отверстия. Размеры сосуда велики по сравнению с размерами пробки и кубика. Плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность материала кубика $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$. Ответ дайте в сантиметрах, округлив его до целых.

Решение:

Чтобы выдернуть пробку, нить должна быть натянута, при этом сила натяжения нити T должна превосходить силу давления на пробку столба жидкости и силу тяжести пробки: $T \geq \rho_0 g H S + m_{np.} g$, где H – высота уровня воды в сосуде.

Запишем условие равновесия сил, действующих на кубик. $T = F_A - mg$. Вынуть кубик способна лишь сила Архимеда F_A , которая принимает свое максимальное значение, когда кубик полностью погружен в жидкость, при этом уровень жидкости достигает верхней грани кубика, и не более. В этом случае $F_A = \rho_0 g a^3$,

$$H = L + a, \text{ где } a = \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} = 0,1 \text{ м} - \text{длина ребра кубика.} \Rightarrow L \leq \frac{(\rho_0 - \rho)a^3 - \rho_0 S a - m_{np.}}{\rho_0 S} \cdot L_{max} = 40 \text{ см.}$$

Ответ: 40 см

Критерии оценивания

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



Задача 6.

На невесомой нерастяжимой нити длиной $L = 0,5$ м подвесили небольшой по размеру грузик. В положении равновесия грузику сообщили в горизонтальном направлении скорость $v = 10$ м/с, в результате грузик начал двигаться в вертикальной плоскости. Сила натяжения в нижней точке траектории сразу после начала движения равна $T_n = 21$ Н. Чему равна сила натяжения нити в верхней точке траектории? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силами сопротивления пренебречь. Ответ дайте в ньютонах (Н), округлив его до десятых. Если грузик не долетит до верхней точки, то в ответе запишите 0.

Решение:

Обозначим массу грузика m , длина нити L , а скорость грузика и силу натяжения нити в верхней точке траектории соответственно v_g и T_g . Тогда

$$\begin{cases} T_n - mg = \frac{mv^2}{L}, \\ T_g + mg = \frac{mv_g^2}{L}, \\ \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_g^2}{2} + mg \cdot 2L. \end{cases} \Rightarrow T_g = T_n \left(1 - \frac{6gL}{v^2 + gL} \right) = 15 \text{ Н.}$$

Ответ: 15Н.

Критерии оценивания

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



Задача 7.

Дрон запускают с поверхности земли, и он движется с постоянной скоростью по параболе. Траектория дрона совпадает с траекторией тела, брошенного с поверхности земли. Максимальная высота подъема дрона 45 м, а его максимальная дальность полета (от точки запуска до точки падения) 240 м. Чему равно отношение максимального ускорения дрона к его минимальному ускорению в процессе полета? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ округлите до сотых.

Решение:

Обозначим: v – скорость дрона, v_0 – начальную скорость тела, брошенного с поверхности земли, а α – угол наклона вектора начальной скорости тела к горизонту. Ускорение дрона минимально в нижней точке параболы, а максимально – в ее вершине. Радиус кривизны параболы в нижней точке траектории равен $R_{\text{нижн.}} = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha}$; в верхней точке параболы $R_{\text{верх}} = \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{g}$.

Минимальное ускорение дрона $a_{\text{мин}} = \frac{v^2}{R_{\text{нижн.}}} = \frac{v^2 g}{v_0^2} \cos \alpha$, а максимальное ускорение дрона $a_{\text{макс}} = \frac{v^2}{R_{\text{верх}}} = \frac{v^2 g}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$. $\Rightarrow \frac{a_{\text{макс}}}{a_{\text{мин}}} = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$. Записывая известные формулы для

максимальной высоты подъема h_m и дальности s тела, получим $\text{tg } \alpha = \frac{4h_m}{s} = 0,75$, \Rightarrow

$$\cos \alpha = 0,8, \Rightarrow \frac{a_{\text{макс}}}{a_{\text{мин}}} = \frac{1}{\cos^3 \alpha} = 1,95.$$

Ответ: 1,95

Критерии оценивания

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



Задача 8.

На легкой пружине длиной $L = 50$ см подвешено тело, состоящее из двух склеенных между собой цилиндров. Пружина при этом растянута на $x = 5$ см. Неожиданно нижний цилиндр отваливается, а верхний начинает колебаться. Максимальная высота, на которую поднимается верхний цилиндр относительно первоначального положения, равна $h = 4$ см. Определите, какую часть от массы тела составляет масса отвалившегося цилиндра? Ответ дайте в процентах, приняв за 100% массу всего тела.

Решение:

Т.к. $x \ll L$, то можно пользоваться законом Гука. Выберем начало координат (а также начало отсчета потенциальных энергий) в точке, где пружина не деформирована. Тогда, в положении равновесия тела массой $M = m_1 + m_2$, $x = \frac{Mg}{k}$.

Новое положение равновесия после того, как отваливается цилиндр массой m_2 :

$x_1 = \frac{m_1 g}{k}$. Обозначим y – деформацию пружины, когда цилиндр массой m_1 окажется

в крайнем положении. Тогда, из закона сохранения энергии, получим:

$-m_1 g x + \frac{kx^2}{2} = -m_1 g y + \frac{ky^2}{2}$. Корни полученного квадратного уравнения: $y_1 = x$ и

$y_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} x$. Т.к. $h = x - y$, то для первого корня получим $h = 0$, а для второго

$h = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} x$. Тогда $\frac{m_2}{M} = \frac{h}{2x} = 0,4$ (40%).

Ответ: 40%

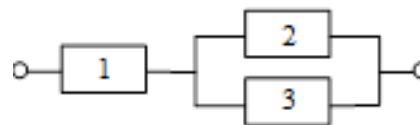
Критерии оценивания

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



Задача 9.

Три проводника соединили, как показано на рисунке, и измерили полное сопротивление полученной цепи. Оно оказалось равным 20 Ом.



Поменяем проводники 1 и 2 местами, тогда полное сопротивление станет равным 100 Ом. Если же в исходной схеме, изображенной на рисунке, поменять проводники 1 и 3 местами, то полное сопротивление цепи, будет 21 Ом. Чему равно полное сопротивление цепи, в которой все три проводника соединены последовательно? Сопротивлением проводов пренебечь. Ответ дайте в омах, округлив его до десятых.

Решение:

Обозначим неизвестные сопротивления проводников 1, 2 и 3 соответственно R_1 , R_2 и R_3 . Тогда получим следующую систему.

$$\begin{cases} R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 20, \\ R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 100, \\ R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 21. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = \frac{4200}{509} \text{ Ом} = 8,251 \text{ Ом}, \\ R_2 = \frac{48300}{509} \text{ Ом} = 94,892 \text{ Ом}, \\ R_3 = \frac{6825}{509} \text{ Ом} = 13,409 \text{ Ом}. \end{cases}$$

Полное сопротивление при последовательном соединении трех проводников равно $R_{\text{послед.}} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{59325}{509} \text{ Ом} = 116,55 \text{ Ом}$.

Ответ: 116,55 Ом.

Критерии оценивания

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