

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
2018 – 2019 учебный год

10 класс

10.1. Игра в мяч.

Мяч, брошенный одним игроком другому под некоторым углом к горизонту, через 1 с достиг высшей точки траектории. Начальная скорость мяча была 16 м/с. На каком расстоянии друг от друга находились игроки?

Возможное решение

Проекция скорости мяча на вертикальное направление в высшей точке траектории через время $t = 1$ с равна нулю:

$$V_y = V_{0y} - gt = 0$$

Отсюда проекция начальной скорости $V_{0y} = 10$ м/с, тогда проекция начальной скорости на горизонтальное направление будет равна

$$V_{0x} = \sqrt{V_0^2 - V_{0y}^2} = 12,5 \text{ м/с}$$

Расстояние между игроками

$$L = V_x 2t = 25 \text{ м.}$$

Примерная разбалловка

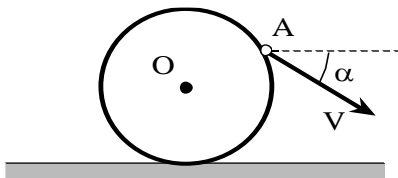
Найдена проекция V_{0y} 3

Найдена проекция V_{0x}3

Найдено расстояние между игроками.....4

10.2. Грязное колесо.

Колесо диаметром $d = 0,6$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью. В некоторый момент времени комочек грязи массой $m = 9$ г в точке, находящейся на ободе колеса, имеет скорость $V = 9$ м/с относительно земли, а вектор его скорости составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Какова сила, удерживающая комочек на ободе колеса?



Возможное решение

Скорость любой точки колеса складывается из скорости оси колеса \vec{V}_0 и скорости вращения относительно оси $\vec{V}_{\text{отн}}$:

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{V}_{\text{отн}} \quad (1)$$

Так как колесо катится без проскальзывания, то скорость точки, касающейся поверхности земли, равна нулю. Для этой точки относительная скорость направлена противоположно скорости оси, а значит, модули этих скоростей равны друг другу.

Применяя правило сложения скоростей (1) для точки А, построим параллелограмм, который в силу отмеченного равенства модулей скоростей является ромбом. Диагонали ромба взаимно перпендикулярны и делят углы при вершинах пополам. Тогда

$$V = 2V_{\text{отн}} \cos \alpha$$

Ускорение точки А равно центростремительному ускорению точки при вращении относительно оси:

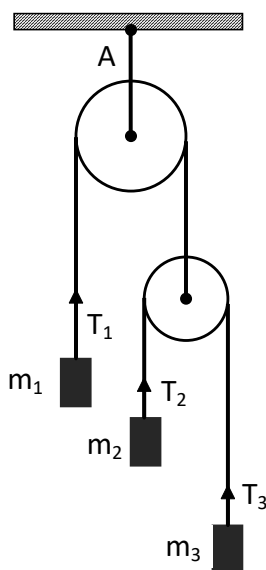
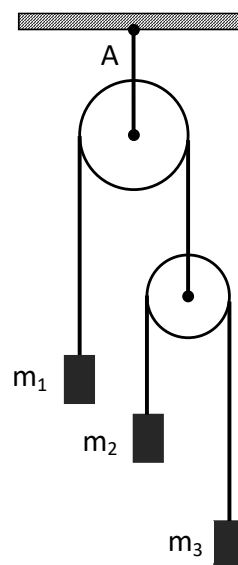
$$a = \frac{V_{\text{отн}}^2}{R} = \frac{2}{d} \left(\frac{V}{2 \cos \alpha} \right)^2 = 90 \text{ м/с}^2$$

Силу находим по второму закону Ньютона, пренебрегая действием силы тяжести $F = ma = 0.81 \text{ Н}$.

Примерная разбалловка

Записано правило сложения скоростей (1).....	2
Показано, что $V_0 = V_{\text{отн}}$	3
Найдена скорость $V_{\text{отн}}$	3
Найдена сила.....	2

10.3. В системе, изображенной на рисунке, второй груз массой $m_2 = 300 \text{ г}$ неподвижен относительно точки подвеса А, а третий груз массой m_3 движется с ускорением, очень близким к ускорению свободного падения g . С каким ускорением движется первый груз и какова его масса? Трение не учитывать, блоки и нити невесомые.



Возможное решение

Сила натяжения нити первого груза в два раза больше сил натяжения нитей второго и третьего грузов, поскольку подвижный блок невесомый:

$$T_2 = T_3 = T, T_1 = 2T. \quad (1)$$

Пусть первый груз поднимается с ускорением a , тогда подвижный блок опускается с таким же ускорением вниз. Поскольку второй груз покоится, его ускорение относительно блока равно $a_{\text{отн}} = a$ и направлено вверх. Тогда ускорение третьего груза будет в два раза больше a , поскольку оно складывается из ускорения первого груза и ускорения относительно блока: $g = 2a$, отсюда ускорение первого груза $a = \frac{g}{2}$.

Запишем второй закон Ньютона:

$$2T - m_1 g = m_1 \frac{g}{2}$$

$$T - m_2 g = 0$$

Отсюда $m_1 = \frac{4}{3} m_2 = 400 \text{ г.}$

Примерная разбалловка

Записано соотношение (1).....	2
Определено ускорение первого груза.....	3
Записаны законы Ньютона.....	3
Найдена масса первого груза.....	2

10.4. Мал да удал.

В сосуд с переохлажденной водой массой 100 г, имевшей температуру $t_0 = -5^\circ\text{C}$, бросили кристаллик льда массой 1 мг и температурой 0°C . Определите, сколько льда образуется в сосуде после установления теплового равновесия. Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость воды равна $4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$, удельная теплоемкость льда $2,1 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг .

Возможное решение

В сосуде начнется кристаллизация переохлажденной воды, конечная температура будет равна 0°C .

Количество тепла, которое получит вода, равно количеству теплоты, выделяющейся при образовании льда

$$c_B m_B (0 - t_0) = \lambda m_L \quad (1)$$

Отсюда

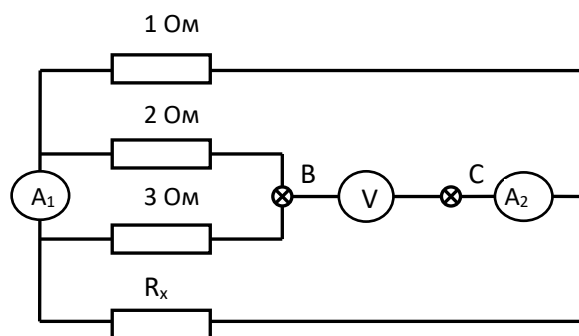
$$m_L = m_B \frac{c_B (0 - t_0)}{\lambda} = 6,4 \text{ г}$$

Примерная разбалловка

Указана конечная температура.....	2
Записано уравнение теплового баланса	4
Найдена масса льда.....	4

10.5. Странная схема.

Резисторы сопротивлением 1, 2, 3, Ом и резистор R_x , подключены к клеммам B и C источника постоянного напряжения, как показано на рисунке. Чему равно сопротивление резистора R_x и какой ток течет через амперметр A_1 , если ток через амперметр A_2 равен 5 А? Вольтметр показывает 10 В. Измерительные приборы считать идеальными.



Возможное решение

Обозначим $I_2 = 5 \text{ A}$, $U = 10 \text{ В}$.

Общее сопротивление схемы по закону Ома равно

$$R_{\text{общ}} = \frac{U}{I} = 2 \text{ Ом}$$

Так как амперметр A_1 идеальный, можно считать что средние резисторы соединены параллельно, резистор R_x соединен параллельно с резистором 1 Ом. Применяя формулы для параллельного и последовательного соединений сопротивлений, запишем общее сопротивление схемы:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_x * 1}{R_x + 1} + \frac{2 * 3}{2 + 3} = \frac{R_x}{R_x + 1} + \frac{6}{5} = 2 \text{ Ом}$$

Отсюда неизвестное сопротивление равно 4 Ом.

Сумма токов, текущих через резисторы 2 Ом и 3 Ом равна по условию 5 А. Напряжение на этих резисторах одинаково, поэтому отношение токов равно обратному отношению сопротивлений. Отсюда через резистор 2 Ом течет ток 3 А, а через резистор 3 Ом – ток 2 А. Рассуждая аналогично для соединённых параллельно резисторов 1 Ом и 4 Ом, находим ток через эти резисторы – соответственно 4 А и 1 А.

Сила тока, протекающего через амперметр A_1 , равна разности токов через резисторы 3 Ом и 4 Ом:

$$I_1 = i_3 - i_4 = 2 \text{ А} - 1 \text{ А} = 1 \text{ А}.$$

Примерная разбалловка

Определено общее сопротивление схемы.....	1
Определен тип соединения резисторов	2
Найдено сопротивление неизвестного резистора.....	3
Найдена сила тока через амперметр A_1	4