

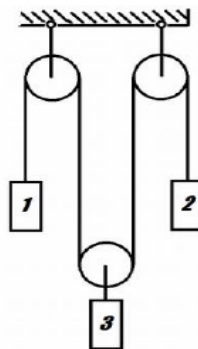
Олимпиада школьников по физике Центра "Вега"

2023 г., II этап (3 часа)

9 класс (всего 40 баллов)

Задача №1.

Из невесомых блоков, невесомых нерастяжимых нитей и грузов собрана система, изображенная на рисунке. Масса первого груза  $m$ , масса второго груза  $7m$ . Какой массы нужно взять третий груз, чтобы первый груз не двигался? (10 баллов)



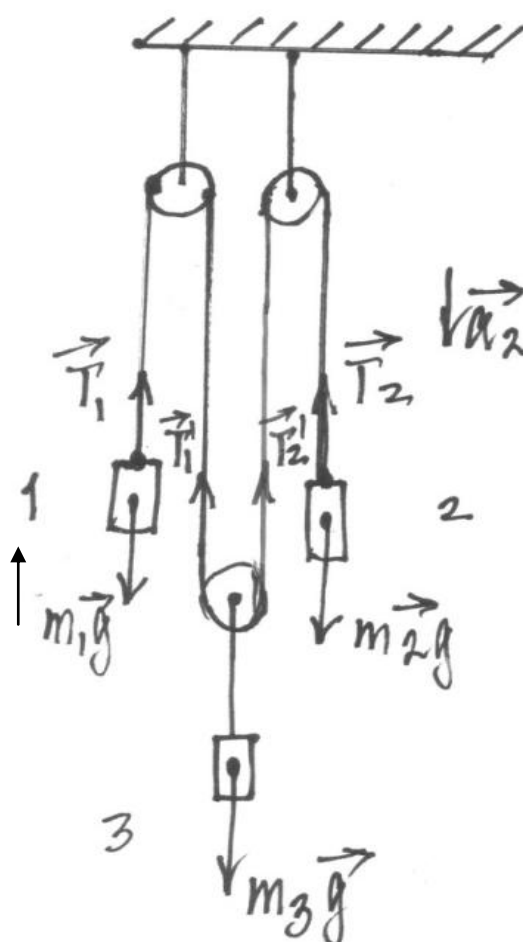
Дано:

$$m_1 = m$$

$$m_2 = 7m$$

$$a_1 = 0$$

$$m_3 = ?$$



Пусть  $a_2 \downarrow$ . Тогда  $a_3 \uparrow$ .

По II и III з. Ньютона:

$$T_1' = T_1 \quad T_1 = T_1' = T_2' = T_2 = T$$

$$T_2' = T_2$$

вышеры в шне в подвижном блоке  
в 2 раза, но прощрыне в нуде в 2 раза.

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 g = T_1 \\ m_2 g - T_2 = m_2 a_2 \\ T_1' + T_2' - m_3 g = m_3 a_3 \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} mg = T \\ 4mg - T = 4ma_2 \\ 2T - m_3 g = m_3 a_3 \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} 4mg - mg = 4ma_2 \\ \downarrow \\ a_2 = \frac{6}{7}g \end{array} \right.$$

$$2mg - m_3 g = m_3 a_3 \rightarrow 2mg = m_3 (g + a_3)$$

$$m_3 = \frac{2mg}{g + a_3}$$

Найдем  $a_3$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} l_2 = \frac{a_2 \cdot t^2}{2} \\ l_3 = 2l_2 = \frac{a_3 \cdot t^2}{2} \end{array} \right. \rightarrow l_2 = \frac{a_3 \cdot t^2}{4} \left| \begin{array}{l} \frac{a_2 \cdot t^2}{2} = \frac{a_3 \cdot t^2}{4} \\ a_3 = 2a_2 \end{array} \right.$$

$$a_3 = \frac{12}{7}g$$

$$m_3 = \frac{2mg}{g + a_3} = \frac{2mg}{g + \frac{12}{7}g} = \frac{2m \cdot 7}{19} = \frac{14}{19}m$$

### Критерии оценивания задачи:

	Мах - 10 баллов
Выполнен рисунок с расстановкой сил с учетом ускорения "а"	4 балла
Правильно записан II закон Ньютона для всех тел	3 балла
Проведены верные преобразования для выделения ускорений	2 балла
Проведены конечные преобразования для получения конечного ответа для $m_3$	1 балл

#### Задача №2.

В цилиндрическое ведро с водой опустили обрезок доски из дерева, который стал плавать. Когда на доску положили алюминиевую пластинку объемом  $V = 90 \text{ см}^3$ , доска с ней осталась на плаву. При этом доска погрузилась в воду полностью, а пластина на  $\alpha = 1/5$  своего объема. На сколько изменился уровень воды в ведре вначале, когда в него пустили плавать обрезок доски? Площадь внутреннего сечения ведра  $S = 300 \text{ см}^2$ . Плотность алюминия  $\rho_{\text{ал.}} = 2,7 \text{ г/см}^3$ , воды  $\rho_{\text{в.}} = 1 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{\text{д.}} = 0,55 \text{ г/см}^3$ . **(10 баллов)**

**5.** Пусть  $V_{\text{д}}$  – объём доски,  $V_1$  – вытесненный объём воды при плавании только доски,  $x$  – изменение уровня, которое требуется найти. Можно показать, что

$$V_1 = Sx.$$

Условие плавания доски

$$V_1 \rho_{\text{в}} g = V_{\text{д}} \rho_{\text{д}} g.$$

Условие плавания доски с пластиной

$$(V_{\text{д}} + \alpha V) \rho_{\text{в}} g = (V_{\text{д}} \rho_{\text{д}} + V \rho) g.$$

Из записанных уравнений находим

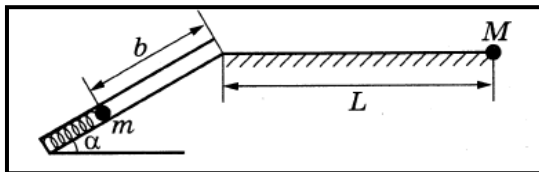
$$x = \frac{V \rho_{\text{д}} (\rho - \alpha \rho_{\text{в}})}{S \rho_{\text{в}} (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{д}})} = \frac{11}{12} \text{ см} \approx 0,92 \text{ см}.$$

### Критерии оценивания задачи:

	Мах - 10 баллов
Выражен вытесненный объём воды при плавании только доски через $x$ - изменения уровня воды	1 балл
Записано условие плавания доски без пластины	2 балла
Записано условие плавания доски с пластиной	3 балла
Объединены оба условия плавания, получено значение $x$	4 балла

### Задача №3.

Пружинное ружье наклонено под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Энергия сжатой пружины равна 0,41 Дж. При выстреле шарик массой  $m = 50$  г проходит по стволу ружья расстояние  $b = 0,5$  м, вылетает и падает на расстояние  $L$  от дула ружья в точке М, находящейся на одной высоте с дулом (см. рисунок). Найдите дальность полета шарика, т.е. расстояние  $L$ . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебrecь. (10 баллов)



Дано:

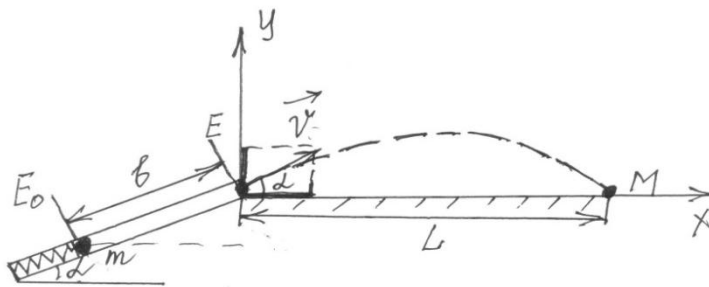
$$\alpha = 30^\circ$$

$$E_0 = 0,41 \text{ Дж}$$

$$m = 0,05 \text{ кг}$$

$$b = 0,5 \text{ м}$$

$$L = ?$$



Решение:

$$1) \quad E_0 = E \quad (\text{з.с.э.})$$

$$E_0 = \frac{mv^2}{2} + E_p$$

$$E_0 = \frac{mv^2}{2} + mg \cdot \frac{b \cdot \sin \alpha}{h}$$

$$v^2 = \frac{2(E_0 - mg \cdot b \cdot \sin \alpha)}{m} \quad (1)$$

$$2) \quad L = x_m = v \cdot \cos \alpha \cdot t \quad (2)$$

$$3) \quad t = ?$$

$$y = 0 = v \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = \frac{2v \sin \alpha}{g} \quad (3)$$

$$4) \quad (3) \rightarrow b(2)$$

$$(1) \rightarrow b(2)$$

$$L = \frac{v^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

$$L = \frac{2(E_0 - m \cdot g \cdot b \cdot \sin \alpha) \cdot \sin 2\alpha}{mg}$$

$$L = \frac{2}{mg} \sin 2\alpha (E_0 - mgb \sin \alpha) = \frac{2}{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10} \sin 60^\circ (0,41 - 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot \sin 30^\circ) \approx 1,0 \text{ м.}$$

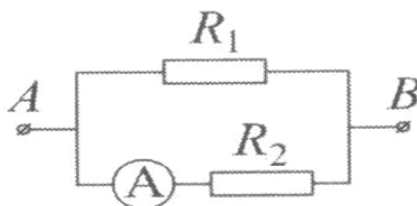
Ответ:  $L \approx 1,0$  м.

### Критерии оценивания задачи:

	Мах - 10 баллов
Применен закон сохранения энергии	2 балла
Получена формула скорости вылета шарика из дула	2 балла
Получена формула для дальности полета	3 балла
Получена конечная формула для дальности полета с учетом скорости вылета шарика, приведен численный ответ	3 балла

#### Задача №4.

Два резистора сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  соединены параллельно и включены в цепь постоянного тока (см. схему). Какая мощность  $P$  выделяется на участке между точками А и В, если идеальный амперметр, включенный последовательно с резистором  $R_2$ , показывает силу тока  $I_2$ ? (10 баллов)



**Решение.** Поскольку резисторы соединены параллельно, справедливо равенство  $I_1 R_1 = I_2 R_2$ . Кроме того, ток в неразветвленной цепи

$I = I_1 + I_2$ . Из этой системы уравнений находим, что  $I = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot I_2$ . По

закону Джоуля–Ленца  $N = R_{\text{общ}} I^2$ , где  $R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ . Из записанных

выражений находим, что  $N = \frac{(R_1 + R_2) R_2}{R_1} I_2^2$ .

**Ответ:**  $N = \frac{(R_1 + R_2) R_2}{R_1} I_2^2$ .

### Критерии оценивания задачи:

	Мах - 10 баллов
Использовано равенство напряжений при параллельном соединении резисторов	1 балл
Учтен первый закон Кирхгофа про сумму токов	1 балл
Выражена общая сила тока через данные задачи	3 балла
Правильно применена формула закона Джоуля - Ленца для выражения мощности	2 балла
Получено окончательное выражение для нахождения выделенной мощности электрического тока на участке АВ	3 балла