

**Решения задач муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике
2025-26 учебный год
10 класс**

1. Спортсмен пробегает стометровку за $t = 10$ с. Первые $S_1 = 10$ м он бежит с постоянным ускорением a . Остальную часть дистанции он бежит с постоянной скоростью v . Найти ускорение a и скорость v .

Для первой части пути $S_1 = \frac{at_1^2}{2}$, $v = at_1$, где t_1 - время движения с ускорением. Исключая ускорение, получаем

$$v = \frac{2S_1}{t_1}. \quad (1)$$

Исключая время, находим

$$S_1 = \frac{v^2}{2a}. \quad (2)$$

Вторую часть пути спортсмен движется равномерно

$$S - S_1 = v(t - t_1). \quad (3)$$

Выразим t_1 из (1) и подставим в (3), получим скорость

$$v = \frac{S_1 + S}{t} = 11 \text{ м/с}.$$

Подставим найденную формулу для скорости в (2) и выразим ускорение

$$a = \frac{(S_1 + S)^2}{2S_1 t^2} = 6.05 \text{ м/с}^2.$$

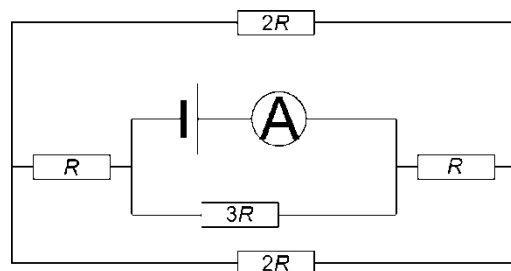
Критерии оценивания:

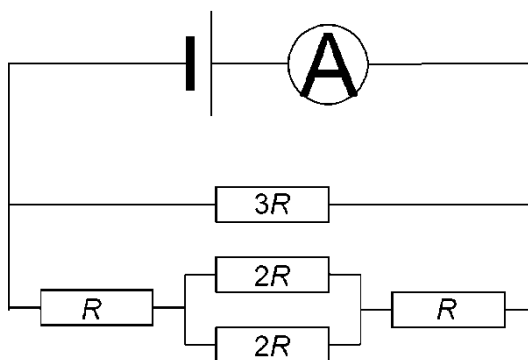
Найдена скорость – 5 баллов.

Найдено ускорение – 5 баллов.

2. В схеме, изображенной на рисунке, сопротивление $R = 0.4 \text{ кОм}$. Напряжение на источнике $U = 6 \text{ В}$. Найти показания амперметра.

Перерисуем схему в более удобном виде.





Резисторы с сопротивлением $2R$ соединены параллельно, их общее сопротивление равно R . К ним последовательно подсоединены два резистора с сопротивлением R . Общее сопротивление нижнего участка цепи составляет $3R$. К этому участку параллельно присоединен резистор с сопротивлением $3R$. Общее сопротивление всей цепи составит $R_{\text{общ}} = 3R/2$. По закону Ома ток через амперметр равен

$$I = U/R_{\text{общ}} = 2U/3R = 0.01\text{A}.$$

Критерии оценивания:

Нарисована схема в эквивалентном виде – 5 баллов.

Найдено показание амперметра – 5 баллов.

3. В кипятильник налили 1л холодной воды неизвестной температуры, и через 5 минут вода закипела. Затем в кипятильник долили еще некоторое количество такой же холодной воды, и вода вновь закипела через 2.5 мин. Какой объем холодной воды долили?

Пусть P - мощность кипятильника. Тогда за время $t_1 = 5$ мин 1л (m_1) холодной воды получит от кипятильника количество теплоты $Q_1 = Pt_1$. Это же количество теплоты равно

$$Q_1 = Cm_1(100 - T_x),$$

где C - удельная теплоемкость воды; T_x - температура холодной воды.

Т. е.

$$Cm_1(100 - T_x) = Pt_1 \quad (1)$$

Пусть T - температура смеси m_1 кипятка (100°C) и m_2 добавленной холодной воды (T_x). Составляем уравнение теплового баланса:

$$Cm_1(100 - T) = Cm_2(T - T_x). \quad (2)$$

Из (2) следует, что температура смеси

$$T = (100m_1 + T_x m_2) / (m_1 + m_2). \quad (3)$$

Таким образом, чтобы нагреть теперь массу воды $m=m_1+m_2$, взятую при температуре T до температуры 100°C необходимо количество теплоты равное

$$Q=Cm(100-T)= Cm_2(100-T_x).$$

Это количество теплоты смесь получит от кипятильника, т. е.

$$Cm_2(100-T_x) = Pt, \text{ Дж}, \quad (4)$$

где t - время повторного закипания.

Выражая мощность из (1) и подставляя в (3), получим массу добавленной холодной воды $m_2= m_1t/t_1$ и ее объем

$$V_2= V_1t/t_1=0.5 \text{ л.}$$

Критерии оценивания:

Записано уравнение (1) – 3 балла.

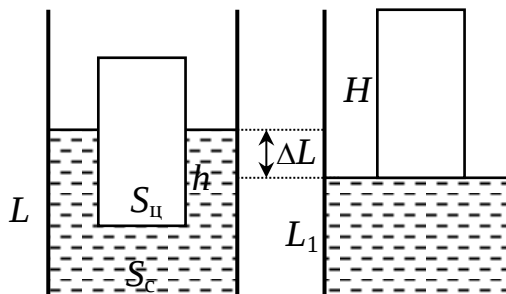
Получено выражение (3) – 2 балла.

Записано уравнение (4) – 3 балла.

Найден объем – 2 балла.

4. Цилиндр высотой $H=20$ см и площадью основания $S_{\text{ц}}=20$ см² плавает в вертикальном положении в цилиндрическом сосуде с водой. Площадь дна сосуда равна $S_{\text{с}}=100$ см². Какую минимальную работу надо совершить, чтобы поднять цилиндр над водой так, чтобы его нижнее основание практически касалось воды? Цилиндр сделан из материала плотностью $\rho_{\text{ц}}=750$ кг/м³. Плотность воды $\rho_{\text{в}}=1000$ кг/м³, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Сделаем рисунок



Из равенства силы Архимеда $F_A = \rho_{\text{в}}gS_{\text{ц}}h$ и силы тяжести $mg=\rho_{\text{ц}}gS_{\text{ц}}H$ цилиндра определим глубину h его погружения

$$h=\rho_{\text{ц}}H/\rho_{\text{в}} = 15\text{см.}$$

Когда цилиндр будет удален из воды, уровень воды в сосуде понизится, т. е. путь, пройденный цилиндром меньше, чем h .

Объем жидкости в сосуде с плавающим цилиндром может быть записан как $V = S_c L - S_{\text{ц}} h$, тот же объем без цилиндра равен $V = S_c L_1$, тогда уровень жидкости понизится на ΔL

$$\Delta L = L - L_1 = S_{\text{ц}} h / S_c = 3 \text{ см.}$$

Тогда путь, пройденный цилиндром, составит

$$l = h - \Delta L = 12 \text{ см.}$$

По мере удаления цилиндра из воды сила Архимеда будет уменьшаться от F_A до 0, при этом внешняя сила, перемещающая цилиндр будет возрастать от 0 до mg . Работа при подъеме цилиндра находится по формуле $A = F_{\text{ср}} l$. $F_{\text{ср}}$ - средняя внешняя сила, приложенная к цилиндру, равная

$$F_{\text{ср}} = mg/2 = \rho_{\text{ц}} g S_{\text{ц}} H / 2$$

Окончательно для работы имеем

$$A = l \rho_{\text{ц}} g S_{\text{ц}} H / 2 = 0.18 \text{ Дж.}$$

Критерии оценивания:

Сделан рисунок – 1 балл.

Найдена глубина погружения цилиндра – 1 балл.

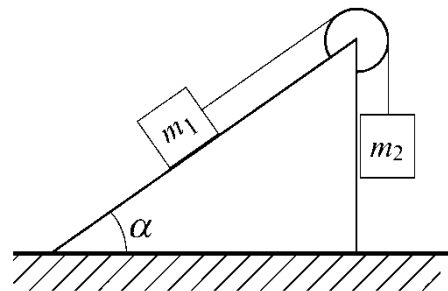
Найдена разность уровней жидкости – 2 балла.

Найден путь, пройденный цилиндром – 1 балл.

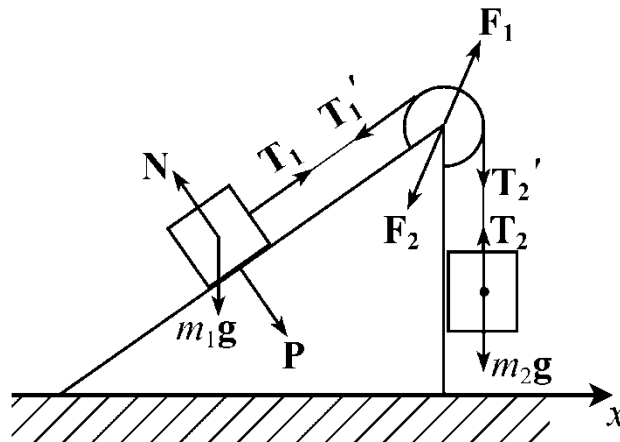
Найдена средняя сила – 4 балла.

Вычислена работа – 1 балл.

5. На гладком горизонтальном столе находится прямоугольный клин с углом при основании α . На верхнем ребре клина закреплен невесомый блок, через который перекинута невесомая нерастяжимая нить. К нити прикреплены тела с массами m_1 и m_2 . В начальный момент клин закреплен и грузы неподвижны. В какую сторону начнет перемещаться клин, если телам и клину позволить свободно двигаться? Трение между клином и горизонтальной поверхностью, между телом m_1 и клином, а также в оси блока отсутствует.



Пусть клин закреплен, а грузы пришли в движение. Расставим силы, действующие на грузы, на клин со стороны грузов и на блок.



$\mathbf{N}$ - сила реакции опоры, $m_1\mathbf{g}$ и $m_2\mathbf{g}$ - силы тяжести, $\mathbf{P}$ - сила нормального давления, $\mathbf{T}_1$ и $\mathbf{T}_2$ - силы натяжения нити, приложенные к блоку, $\mathbf{T}_1'$ и $\mathbf{T}_2'$ - силы натяжения нити, приложенные к грузам, $\mathbf{F}_1$ - сила, действующая на блок со стороны клина и $\mathbf{F}_2$ - сила, действующая на клин со стороны блока.

По III закону Ньютона $\mathbf{P} = -\mathbf{N}$, $\mathbf{F}_2 = -\mathbf{F}_1$, $\mathbf{T}_1' = -\mathbf{T}_1$ и $\mathbf{T}_2' = -\mathbf{T}_2$. Т. к. блок невесомый, и трения в его оси нет, то $T_1' = T_2'$, таким образом, все силы натяжения равны по величине

$$T_1' = T_2' = T_1 = T_2.$$

Поскольку на клин действуют две силы $\mathbf{P}$ и $\mathbf{F}_2$, то после освобождения клин будет двигаться в ту сторону, в которую направлена горизонтальная составляющая равнодействующей этих сил

$$F_x = F_{2x} + P_x. \quad (1)$$

Когда клин закреплен, то блок покоится, и сумма всех сил, приложенных к блоку, равна нулю

$\mathbf{T}_1' + \mathbf{T}_2' + \mathbf{F}_1 = 0$ или $\mathbf{F}_2 = \mathbf{T}_1' + \mathbf{T}_2'$. Тогда горизонтальная проекция равна

$$F_{2x} = -T_1' \cos \alpha = -T_1 \cos \alpha. \quad (2)$$

Применяя II закон Ньютона, составим систему уравнений

$$m_1 \mathbf{a}_1 = m_1 \mathbf{g} + \mathbf{T}_1 + \mathbf{N},$$

$$m_2 \mathbf{a}_2 = m_2 \mathbf{g} + \mathbf{T}_2.$$

Из-за нерастяжимости нити, ускорения тел по величине одинаковы $a_1 = a_2$. Запишем первое уравнение в проекциях на ось, параллельную поверхности клина, и на ось, перпендикулярную ей. Второе уравнение спроецируем на вертикальное направление. Получим следующую систему

$$m_1 a_1 = m_1 g \sin \alpha - T_1, \quad (3)$$

$$m_2 a_1 = T_1 - m_2 g, \quad (4)$$

$$0 = N - m_1 g \cos \alpha. \quad (5)$$

Исключая из (3) и (4) ускорение a_1 , определим T_1

$$T_1 = m_1 m_2 g (1 + \sin \alpha) / (m_1 + m_2),$$

тогда $F_{2x} = m_1 m_2 g (1 + \sin \alpha) \cos \alpha / (m_1 + m_2)$.

Из (5) определим

$$N = m_1 g \cos \alpha,$$

тогда

$$P_x = P \sin \alpha = N \sin \alpha = m_1 g \cos \alpha \sin \alpha. \quad (6)$$

Для равнодействующей сил, действующих на клин, получим

$$F_x = m_1 g \cos \alpha (m_1 \sin \alpha - m_2) / (m_1 + m_2). \quad (7)$$

Из полученной формулы следует, что при

$m_1 \sin \alpha - m_2 = 0$ клин останется неподвижным,

$m_1 \sin \alpha - m_2 > 0$ клин будет двигаться вправо,

$m_1 \sin \alpha - m_2 < 0$ клин будет двигаться влево.

Критерии оценивания:

Сделан рисунок – 2 балла.

Записано равенство (1) – 1 балл.

Записано равенство (2) – 1 балл.

Найдена сила натяжения нити – 2 балла.

Найдена проекция (6) – 1 балл.

Найдена проекция (7) – 1 балл.

Проанализировано движение клина – 2 балла.