



Олимпиада школьников  
Звезда - таланты  
на службе обороны  
и безопасности

Министерство образования и  
науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Пензенский государственный  
технологический университет»  
Приложение

Шифр 58-09-4

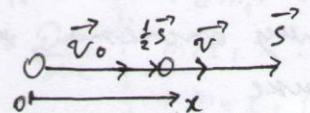
Задание	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Баллы	15	0	18	25	15			73

ВАРИАНТ №1

Задача 1:

$E_k - ?$   
 $m = 2 \text{ кг}$   
 $v_0 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $a =$

Выберем систему отсчёта с местом начала  
торможения тела.  $t = 0$ , когда торможение началось  
 $v$  - скорость тела на половине пути



Поскольку движение равноускоренное:  
 $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$

Рассмотрим сначала весь путь

ох:  $s = \frac{-v_0^2}{-2a} = \frac{v_0^2}{2a}$  **2 б**  
 $\Downarrow$   
 $\frac{1}{2}s = \frac{v_0^2}{4a}$  **3 б**

15 б

Рассмотрим половину пути:

ох:  $\frac{1}{2}s = \frac{v^2 - v_0^2}{-2a} = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}$

Поскольку движение равноускоренное:

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

ох:  $v = v_0 - at$

$\frac{1}{2}s = \frac{v_0^2 - (v_0 - at)^2}{2a} = \frac{v_0^2}{4a}$

$2v_0^2 - 2v_0^2 + 4v_0at - 2a^2t^2 = v_0^2$

$2a^2t^2 - 4v_0at + v_0^2 = 0$

Пусть  $at = x$

$2x^2 - 4v_0x + v_0^2 = 0$

$D = 16v_0^2 - 8v_0^2 = 8v_0^2$

$x_{1,2} = \frac{4v_0 \pm \sqrt{8v_0^2}}{4} = v_0 \pm \frac{\sqrt{2}v_0}{2} = v_0 \left(1 \pm \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$

$\Downarrow at \rightarrow$  у нас получилось два значения  $at$ , но одно из них, это то, которое нам как раз и нужно, а другое - это уже когда тело остановилось и едет назад. Когда тело едет назад  $at$  будет больше ( $t$  возрастет), значит мы должны взять

меньшее значение, но если  $a t = v_0 (1 - \frac{\sqrt{2}}{2})$

$$v = v_0 - v_0 (1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) = v_0 (1 - 1 + \frac{\sqrt{2}}{2}) = v_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$E_k = \frac{m v^2}{2} = \frac{m \cdot v_0^2 \cdot 2}{2 \cdot 4} = \frac{m v_0^2}{4}$$

$$[E_k] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{1} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$E_k = \frac{2 \cdot 3^2}{4} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ (Дж)}$$

Ответ:  $E_k = \frac{m v_0^2}{4} = 4,5 \text{ Дж}$

Задача 2.

~~$\frac{R}{r} = ?$   
 $F = ? \text{ см.}$~~

Задача 3

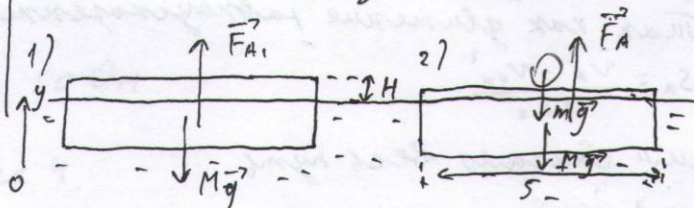
~~$S = ?$~~

$m = 70 \text{ кг}$

$h = 3$

$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Выберем систему отсчета, как показано на рисунке:



$s$  - толщина верхней и нижней граней

Согласно I закону равновесия  $\sum \vec{F} = 0$

~~$M \vec{g} + \vec{F}_{A1} = 0$~~

1)  $0y: F_{A1} - Mg = 0$

$F_{A1} = Mg$

2)  $M \vec{g} + m \vec{g} + \vec{F}_A = 0$

$0y: -Mg - mg + F_A = 0$

$F_A = mg + Mg$

$F_A = F_{A1} + F_{A2}$

$F_{A2}$  - то, насколько увеличилась Архимедова сила

$F_{A1} + F_{A2} = mg + Mg$

$Mg + F_{A2} = mg + Mg$

$F_{A2} = mg$

согласно закону Архимеда:

$F_{A2} = \rho \cdot g \cdot V$

$V = h \cdot S \quad h = H - \frac{H}{n} = \frac{2}{3} H \quad H(1 - \frac{1}{n}) = H \frac{n-1}{n}$

$\frac{n-1}{n} \rho \cdot g \cdot \frac{2}{3} H S = mg$

$S = \frac{\frac{2}{3} h m g}{(n-1) \rho \cdot g \cdot \frac{2}{3} H} = \frac{\frac{2}{3} h m}{(n-1) \rho \cdot H}$

$[S] = \frac{1 \cdot 1 \cdot \text{кг}}{1 \cdot (1-1) \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{м}} = \text{м}^2$

$S = \frac{\frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 70}{(3-1) \cdot 1000 \cdot 6} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 7}{4 \cdot 1000} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 7}{4000} = \frac{2 \cdot 175}{10000} = \frac{2625}{10000} = 0,2625 \text{ (м}^2\text{)}$

Ответ:  $S = \frac{h m}{(n-1) \rho \cdot H} = 0,0175 \text{ (м}^2\text{)}$

5

185.

5

не перевел  
H в см в м  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  ошибка в 100 раз

### Задача 3

$$T = ?$$

$$m_1 = 15 \text{ кг}$$

$$T_1 = 293 \text{ К}$$

$$m_2 = 10 \text{ кг}$$

$$T_{пл} = 600 \text{ К}$$

$$\Delta m_1 = 0,08 \text{ кг}$$

$$T_k = 393 \text{ К}$$

$$c_1 = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_2 = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda = 2,25 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\alpha = 30 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 0$$

$$Q_1 = (m_1 - \Delta m_1) c_1 (T - T_1)$$

$$Q_2 = \Delta m_1 c_1 (T_k - T_1)$$

$$Q_3 = \Delta m_1 \lambda$$

$$Q_4 = m_2 c_2 (T - T_{пл})$$

$$Q_5 = -m_2 \alpha$$

$$(m_1 - \Delta m_1) c_1 (T - T_1) + \Delta m_1 c_1 (T_k - T_1) + \Delta m_1 \lambda +$$

$$+ m_2 c_2 (T - T_{пл}) - m_2 \alpha = 0$$

$$m_1 c_1 T - m_1 c_1 T_1 - \Delta m_1 c_1 T + \Delta m_1 c_1 T_1 + \Delta m_1 c_1 T_k - \Delta m_1 c_1 T_1 +$$

$$+ \Delta m_1 \lambda + m_2 c_2 T - m_2 c_2 T_{пл} - m_2 \alpha = 0$$

$$m_1 c_1 T - \Delta m_1 c_1 T + m_2 c_2 T = m_1 c_1 T_1 + \Delta m_1 c_1 T_k + \Delta m_1 \lambda +$$

$$+ m_2 c_2 T_{пл} + m_2 \alpha$$

$$T = \frac{m_1 c_1 T_1 + \Delta m_1 (c_1 T_k + \lambda) + m_2 (c_2 T_{пл} + \alpha)}{c_1 (m_1 - \Delta m_1) + m_2 c_2}$$

$$[T] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} + \text{кг} \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right) + \text{кг} \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right)}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} (\text{кг} - \text{кг}) + \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} =$$

258

$$= \frac{2m + \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \frac{2m}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \frac{2m \cdot \text{К}}{\text{Дж}} = \text{К}$$

$$T = \frac{15 \cdot 4190 \cdot 293 + 0,08 (4190 \cdot 393 + 2,25 \cdot 10^6) + 10 (130 \cdot 600 + 30 \cdot 10^3)}{4190 (15 - 0,08) + 10 \cdot 130} =$$

$$= \frac{18415050 + 3856670 \cdot 0,08 + 1080000}{625148 + 1300} = \frac{19806783,6}{626448} \approx 31,4631$$

Смотрите продолжение на следующей странице

### Задача 5

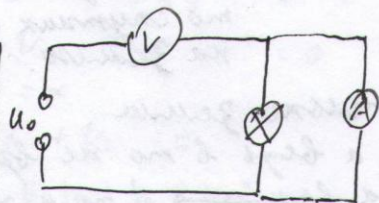
$$R_A = ?$$

$$U_B = 11 \text{ В}$$

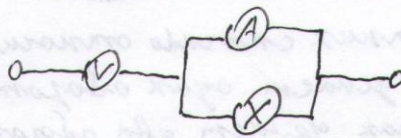
$$I_A = 0,2 \text{ А}$$

$$R_B = 50 \text{ Ом}$$

$$U_0 = 12 \text{ В}$$



Перерисуем схему



Согласно закону Ома:

$$I = \frac{U}{R} \quad I = \frac{U_B}{R_B} = \frac{U_0}{R_A}$$

$$R_A = \frac{U_0 \cdot R_B}{U_B}$$

$$R_0 = R_B + \frac{R_A R_B}{R_A + R_B}$$

$$U_0 = U_B + U_A$$

$U = U_A = U_B$  (согласно закону о параллельном соединении)

$U_A$  - напряжение на амперметре

$U_B$  - напряжение на лампочке

$$U = U_0 - U_B$$

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

$$R_A = \frac{U_0 - U_B}{I_A}$$

Согласно закону о параллельном соединении

$$I_A + I_B = I$$

$$I_A = I - I_B$$

$I_A$  - сила тока на лампочке

$$R_A = \frac{U_0 - U_B}{I - I_B} = \frac{U_0 - U_B}{\frac{U_B}{R_B} - I_B}$$

$$[R_A] = \frac{B - B}{\frac{B}{\text{OM}} - A} = \frac{B}{A - A} = \frac{B}{A} = \frac{A \cdot \text{OM}}{A} = \text{OM}$$

150

$$R_A = \frac{12 - 11}{\frac{11}{50} - 0,2} = \frac{1}{0,22 - 0,2} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ (OM)}$$

Ответ:  $R_A = \frac{U_0 - U_B}{\frac{U_B}{R_B} - I_A} = 50 \text{ OM}$

Продолжение к задаче 4.

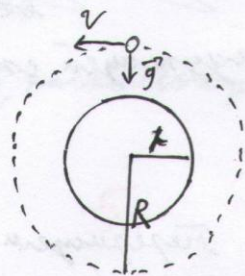
$$T = \frac{19495050 - \frac{311733,6}{62514,8 + 1300}}{63814,8} = \frac{19183316,4}{63814,8} \approx 301 \text{ (K)}$$

Ответ:  $T = \frac{m_1 c_1 T_1 - \Delta m_1 (c_1 T_1 + h) + m_2 (c_2 T_{пл} + \lambda)}{c_1 (m_1 - \Delta m_1) + m_2 c_2} \approx 301 \text{ K}$

Задача 2

$\frac{R}{r} = ?$	
$\tau = 2 \text{ сут}$	$2 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ c}$
$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	
$h = 6400 \text{ км}$	$= 6400000 \text{ м}$
$\text{сут} = 24 \text{ ч}$	$= 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ c}$

Выберем систему отсчета, как показано на рисунке:



Примем скорость спутника в два раза больше скорости вращения Земли (ее крайней точки), а если бы она была в два раза меньше, то спутник бы упал на Землю.

Рассмотрим спутник сначала относительно Земли:

За двое суток он делает один оборот, а Земля в то же время Земля за двое суток делает два оборота ~~вокруг~~ в том же направлении, значит спутник за двое суток делает 3 оборота

$$T = \frac{\tau}{n} \quad T - \text{период вращения спутника} \quad (n=3) \quad (\tau = 2 \text{ сут})$$

$$g = \frac{v^2}{R} = \frac{v^2}{r} \Rightarrow R = \frac{v^2}{g} \quad v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow R = \frac{4\pi^2 R^2}{g \cdot T^2} \Rightarrow R = \frac{g T^2}{4\pi^2} \quad \frac{R}{r} = \frac{g T^2}{4\pi^2 \cdot r}$$

$$\left[\frac{R}{r}\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с}^2}{1 \cdot 1^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = 1 \quad \frac{R}{r} = \frac{10 \cdot (48 \cdot 3600)^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 6400000} = \frac{483840000}{25317376} \approx 19,1$$

Ответ:  $\frac{R}{r} = \frac{g T^2}{4\pi^2 \cdot r} \approx 19,1$