

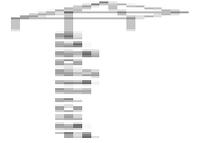
XXVII Городская олимпиада школьников по физике

7 класс

1. Имеется несколько одинаковых пирамидок с квадратным основанием, как показано на рисунке,

изготовленных из органического стекла плотностью $\rho = 1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Из этих пирамидок можно собрать кубик с длиной ребра $a = 4$ так, что внутри него не будет полостей.

Вычислите массу M_n в граммах одной пирамидки.



$M_n = ?$
$\rho = 1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
ш.н. 40

Решение

Для сборки кубика нужно 6 пирамидок.

Введём обозначения:

$V_k = a^3$ – объём кубика,

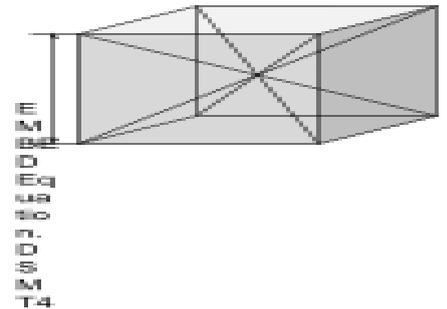
$M_k = \rho V_k$ – масса кубика.

Найдём массу одной пирамидки:

$$M_n = \frac{M_k}{6} = \frac{\rho V_k}{6} = \frac{\rho a^3}{6}$$

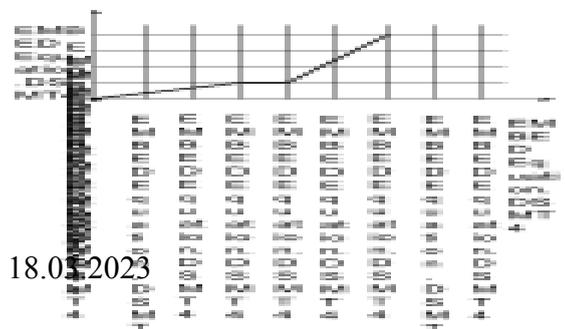
$$M_n = \frac{1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,40^3 \text{ см}^3}{6} = \frac{1,2 \cdot (4)^3 \text{ см}^3}{6} = \frac{2 \cdot 3 \text{ см}^3}{6} = \frac{1,2 \cdot 64}{6} = \frac{76,8}{6} =$$

Ответ: $M_n = 12,8$



№	Критерии оценивания	Баллы
1	Есть перевод единиц измерения	2 б.
2	Определено число пирамидок	2 б.
3	Есть формула объёма кубика	2 б.
4	Есть формула массы кубика	2 б.
5	Получен правильный ответ	2 б.
Итого		10 б.

2. На рисунке изображён график зависимости пройденного муравьём пути от времени за первые 6 своего движения по прямой в одном направлении. Известно, что на последнем участке пути, не показанном на графике, то есть в промежутке между шестой и восьмой секундами, муравей



XXVII Городская олимпиада школьников по физике

7 класс

двигался равномерно, а его средняя скорость за все 8 движения составила $1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Найдите скорости муравья в промежутках времени $0-3$, $3-4$, $4-6$ и $6-8$.

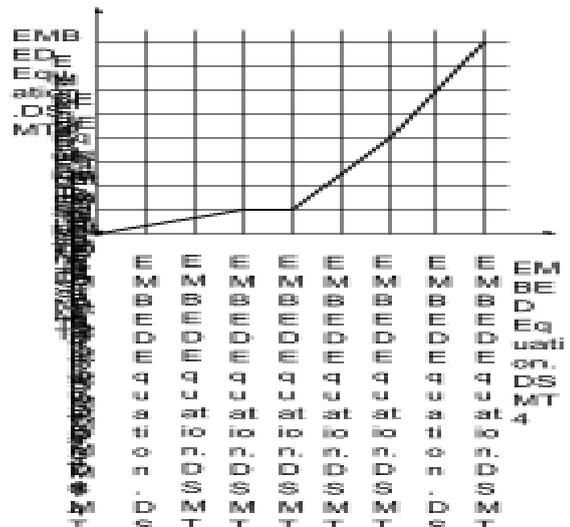
$v_1, v_2, v_3,$
$v_4 - ?$
$l_1 = 2$
$l_2 = 0$
$l_3 = 3$
$t_1 = 3 \text{ с}$
$t_2 = 1 \text{ с}$
$t_4 = 2 \text{ с}$
$t = 8$
$\langle v \rangle = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение

Введём обозначения:

l_1, l_2, l_3 и l_4 – расстояния, пройденные со скоростями v_1, v_2, v_3 и v_4 за время t_1, t_2, t_3 и t_4 соответственно, l – весь путь, пройденный за время $t = 8$,

Скорости на участках l_1, l_2 и l_3 , (кроме последнего l_4) определяются из данного графика по наклону отрезков ломаной:



$$v_1 = \frac{l_1}{t_1} = \frac{2\text{ м}}{3 \text{ с}} = 0,66 \frac{\text{с м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{l_2}{t_2} = \frac{0\text{ м}}{2} = 0, \quad v_3 = \frac{l_3}{t_3} = \frac{3\text{ м}}{2 \text{ с}} = 1,5 \frac{\text{с м}}{\text{с}}$$

Умножая среднюю скорость $\langle v \rangle$ на всё время t движения, получим, что полный путь l , пройденный муравьём, равен:

$$l = \langle v \rangle t = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 8 = 12 \text{ м}$$

Таким образом, на четвёртом (последнем) участке пройденный путь l_4 равен:

$$l_4 = l - l_1 - l_2 - l_3 = 12 \text{ м} - 2 \text{ м} - 0 \text{ м} - 3 \text{ м} = 7 \text{ м}$$

Найдём v_4 :

$$v_4 = \frac{l_4}{t_4} = \frac{7\text{ м}}{2} = 3,5 \frac{\text{с м}}{\text{с}}$$

XXVII Городская олимпиада школьников по физике

7 класс

Ответ: $v_1 = 0,66 \frac{см}{с}$, $v_2 = 0$, $v_3 = 3 \frac{см}{с}$, $v_4 = 2 \frac{см}{с}$.

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Найдена скорость v_1 на участке l_1	1 б.
2	Найдена скорость v_2 на участке l_2	1 б
3	Найдена скорость на v_3 участке l_3	1 б
4	Найден полный путь l , пройденный муравьём,	2 б.
5	Найден пройденный путь l_4 на четвёртом участке	3 б.
6	Найдена скорость v_4	2 б.
Итого		10 б.

3. Если крыса Лариска бежит навстречу Шапокляк, то расстояние между ними уменьшается на $l_1 = 20$ за каждые $t_1 = 4$ с, а если убегает от неё, то расстояние между ними увеличивается на $l_2 = 6$ за каждые $t_2 = 2$ с. Во сколько раз скорость v_L Лариски больше скорости $v_{Ш}$ Шапокляк?

$\frac{v_L}{v_{Ш}} = ?$
$l_1 = 20$
$t_1 = 4$ с
$l_2 = 6$
$t_2 = 2$ с

Решение

Выразим относительную скорость для обоих случаев, составим систему уравнений и найдём $\frac{v_L}{v_{Ш}}$:

$$\left\{ \begin{array}{l} v_L + v_{Ш} = \frac{l_1}{t_1} \\ v_L - v_{Ш} = \frac{l_2}{t_2} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} (v_L + v_{Ш}) + (v_L - v_{Ш}) = \frac{l_1}{t_1} + \frac{l_2}{t_2} \\ (v_L + v_{Ш}) - (v_L - v_{Ш}) = \frac{l_1}{t_1} - \frac{l_2}{t_2} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 2v_L = \frac{l_1}{t_1} + \frac{l_2}{t_2} \\ 2v_{Ш} = \frac{l_1}{t_1} - \frac{l_2}{t_2} \end{array} \right.$$

XXVII Городская олимпиада школьников по физике

7 класс

$$\frac{2v_{II}}{2v_{III}} = \frac{v_{II}}{v_{III}} = \frac{\frac{l_1 + l_2}{t_1 t_2} = \frac{l_1 t_2 + l_2 t_1}{t_1 t_2}}{\frac{l_1 - l_2}{t_1 t_2} = \frac{l_1 t_2 - l_2 t_1}{t_1 t_2}} = \frac{l_1 t_2 + l_2 t_1}{l_1 t_2 - l_2 t_1} \quad \left[\frac{v_{II}}{v_{III}} \right] = \frac{mc + mc}{mc - mc} = \frac{mc}{mc} = \text{раз}$$

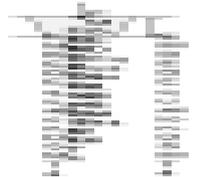
$$\frac{v_{II}}{v_{III}} = \frac{20 \cdot 2 + 6 \cdot 4}{20 \cdot 2 - 6 \cdot 4} = \frac{40 + 24}{40 - 24} = \frac{64}{16} = 4$$

$\frac{v_{II}}{v_{III}} = 4$
 Ответ: $\frac{v_{II}}{v_{III}}$

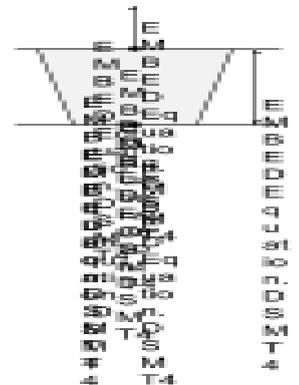
Можно решать «по частям».

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Найдена относительная скорость при взаимном сближении:	2 б.
2	Найдена относительная скорость при взаимном удалении	2 б.
3	Найден способ решения системы уравнений	4 б.
4	Получен правильный ответ	2 б.
Итого		10 б.

4. Закрытый сосуд заполнен водой. Площадь нижнего основания сосуда $S_1 = 100 \text{ см}^2$, верхнего основания $S_2 = 200 \text{ см}^2$, высота сосуда $h = 50 \text{ см}$. Сила давления воды на верхнее основание $F_2 = 100 \text{ Н}$. Найдите силу давления на нижнее основание сосуда, если плотность воды $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.



$F_1 = ?$	СИ
$S_1 = 100 \text{ см}^2$	$100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
$S_2 = 200 \text{ см}^2$	$200 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
$h = 50$	$50 \cdot 10^{-2}$
$F_2 = 100 \text{ Н}$	



XXVII Городская олимпиада школьников по физике

7 класс

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

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

Решение

Введём обозначения:

P_1 и P_2 – давления воды на верхнее и нижнее основания соответственно,

$\rho g h$ – давление столба воды на нижнее основание.

Выразим давление P_2 воды на верхнее основание:

$$P_2 = \frac{F_2}{S_2}$$

Выразим давление P_1 воды на нижнее основание:

$$P_1 = P_2 + \rho g h = \frac{F_2}{S_2} + \rho g h$$

Найдём силу давления на нижнее основание:

$$F_1 = \left(\frac{F_2}{S_2} + \rho g h \right) S_1 = \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} + \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \text{м} \right] \cdot \text{м}^2 = \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} + \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right) \cdot \text{м}^2 = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^2 =$$

$$F_1 = \left(\frac{100}{200 \cdot 10^{-4}} + 1000 \cdot 10 \cdot 50 \cdot 10^{-2} \right) 100 \cdot 10^{-4} = (0,5 \cdot 10^4 + 50 \cdot 10^2) 10^{-2} = (5000 + 5000) 10^{-2} =$$

$$= 10000 \cdot 10^{-2} = 100 \text{ (Н)}$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Есть перевод в систему СИ	2 б.
2	Выражено давление P_2 воды на верхнее основание	2 б.
3	Выражено давление P_1 воды на нижнее основание	2 б.
4	Выражена сила давления на нижнее основание	2 б.
5	Получен правильный ответ	2 б.
Итого		10 б.

Ответ: $F_1 = 100$

5. Маленький поршень гидравлического пресса площадью $S_m = 1,5 \text{ см}^2$ под действием силы $F_m = 300 \text{ Н}$ опустился на $h_m = 15 \text{ см}$. Площадь большого поршня $S_o = 9 \text{ см}^2$. На какую высоту был

XXVII Городская олимпиада школьников по физике

7 класс

поднят груз, находящийся на большом поршне? Определите массу груза, поднятого большим поршнем.

Массой поршней пренебречь. Плотность масла в прессе $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

$h_0, m - ?$	СИ
$S_m = 1,5 \text{ см}^2$	$1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
$S_0 = 9 \text{ см}^2$	$9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
$H_m = 300$	
$h_m = 15 \text{ см}$	$15 \cdot 10^{-2}$
$\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	
$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	

Решение

Столбом масла под опущенным малым поршнем можно пренебречь, так как его давление в обоих цилиндрах поршня одинаково.

Введём обозначения:

h_0 – искомая высота поднятия груза большим поршнем,

m – масса груза,

$F_0 = mg$ – сила тяжести груза, действующая на большой поршень,

$P_m = \frac{F_m}{S_m}$ – давление под малым опущенным поршнем,

$\frac{mg}{S_0}$ – давление под большим поднятым поршнем,

$\rho g(h_m + h_0)$ – давление столба масла глубиной $h_m + h_0$,

$P_0 = \frac{mg}{S_0} + \rho g(h_m + h_0)$ – давление масла под большим поршнем на одном уровне с малым поршнем.

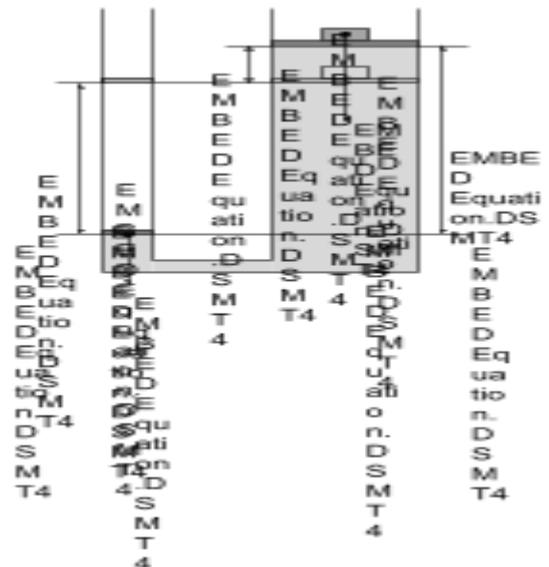
Найдём h_0 :

Учтём, что увеличение объёма V жидкости под большим поршнем равно уменьшению объёма V жидкости под малым поршнем:

$$\begin{cases} V = S_m h_m \\ V = S_0 h_0 \end{cases} \quad S_m h_m = S_0 h_0, \quad h_0 = \frac{S_m h_m}{S_0}$$

$$[h_0] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{м}}{\text{м}^2} =$$

$$h_0 = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = \frac{1,5 \cdot 15}{9} 10^{-2} = \frac{22,5}{9} 10^{-2} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}$$



XXVII Городская олимпиада школьников по физике

7 класс

По формуле гидравлического пресса (учитывая давление столба масла глубиной $h_m + h_o$ под большим поршнем) найдём m :

$$P_m = P_o, \quad \frac{F_m}{S_m} = \frac{mg}{S_o} + \rho g(h_m + h_o), \quad \frac{mg}{S_o} = \frac{F_m}{S_m} - \rho g(h_m + h_o)$$

$$m = \frac{S_o \left[\frac{F_m}{S_m} - \rho g(h_m + h_o) \right]}{g} = \frac{S_o}{S_m} \frac{F_m}{g} - S_o \rho (h_m + h_o)$$

$$[m] = \frac{\frac{M^2}{M^2} \frac{H}{H}}{\frac{M}{M}} \frac{M}{M} = \frac{M^2}{M} \frac{H}{H} = \frac{M^2 H}{M H} = M$$

$$m = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{1,5 \cdot 10^{-4}} \frac{300}{10} - 9 \cdot 10^{-4} 900 (15 \cdot 10^{-2} + 2,5 \cdot 10^{-2}) = \frac{9 \cdot 30}{1,5} - 9 \cdot 10^{-4} 900 (15 + 2,5) \cdot 10^{-2} =$$

$$= 180 - 9 \cdot 10^{-4} 9 \cdot 17,5 = 180 - 81 \cdot 17,5 \cdot 10^{-4} = 180 - 1417,5 \cdot 10^{-4} = 180 - 0,14175 = 179,86 \text{ (кг)}$$

Ответ: $m \approx 179,86$, $h_o = 2,525$ =

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Есть перевод в систему СИ	1 б.
2	Есть формула силы тяжести груза, действующей на большой поршень	1 б.
3	Учтено, что увеличение объёма V жидкости под большим поршнем равно уменьшению объёма V жидкости под малым поршнем	1 б.
4	Найдена высота поднятия груза, находящегося на большом поршне	1 б.
5	Есть формула давления под малым опущенным поршнем	1 б.
6	Есть формула давления под большим поднятым поршнем	1 б.
7	Есть формула давления столба масла глубиной $h_m + h_o$	1 б.
8	Есть формула давления масла под большим поршнем на одном уровне с малым поршнем	1 б.
9	Применена формула гидравлического пресса	1 б.
	Найдена масса груза, поднятого большим поршнем	1 б.
Итого		10 б.

XXVII Городская олимпиада школьников по физике
7 класс