Кубок Главы города. ИМ по физике.
2025 год.
7 класс.

Задача №1

Мальчик Петя отдыхал с семьёй на море. Он собрал коллекцию из красивых камешков, но перед отъездом решил с ними поэкспериментировать. У папы нашёлся большой пластиковый стакан, у края которого стояла метка «0,5 л» и электронные весы для взвешивания багажа. Петя набрал почти полный стакан камешков и определил его массу, получилось m_1= 800 г. После этого он долил в стакан с камешками пресной воды из бутылки так, что её уровень находился точно на метке «0,5 л». Все камни при этом оказались под водой. Петя взвесил стакана с камнями и водой и у него получилось m_2= 980 г.

1) По данным, полученным Петей, определите плотность материала камней. Плотность воды принять равной 1 г/см^3, массой пластикового стакана по сравнению с массой его содержимого можно пренебречь.

После эксперимента Петя вылил воду, а стакан и камни тщательно высушил. На следующий день он решил повторить эксперимент с теми же камнями, но вместо воды взял мелкий сухой песок с того же пляжа, что и камни. Он аккуратно укладывал камни в стакан и постепенно пересыпал их песком, так, чтобы не оставалось пустот. Когда все камни были помещены в стакан уровень песка опять оказался на метке «0,5 л» и все камни были в песке. Измерив новую массу стакана с песком и камнями, он получил m_3=1160 г.

2) При помощи новых данных определите значение насыпной плотности песка. Насыпной плотностью сыпучих веществ называют величину, равную отношению массы вещества к занимаемому объёму.

3) Определите отношение суммарного объёма пустот в песке $V_{пуст}$ к суммарному объёму всех песчинок $V_{пес}$ из которых состоит песок. Будем считать, что камни и песок на одном пляже состоят из одного и того же вещества.

Решение:

Вопрос №1.

Плотность вещества камня определяется по формуле $\rho_к = \frac{m_к}{V_к}$ **(1 балл)**

Масса камней $m_к = m_1$,

а объём камней $V_к = V_0 - V_в$, **(1 балл)**
где V_0 – объём стакана 0,5 л = 500 см^3, $V_в$ – объём налитой воды.

Объём воды можно найти по формуле:
$V_в = \frac{m_2 - m_1}{\rho_в}$ **(1 балл)**

Теперь плотность камня можно найти $\rho_к = \frac{m_1 \rho_в}{V_0 \rho_в - (m_2 - m_1)} = 2{,}5$ г/см^3 **(1 балл)**

Вопрос №2.

Насыпная плотность определяется $\rho_{п/н} = \frac{m_п}{V_п} = \frac{m_3 - m_1}{V_0 - \frac{m_1}{\rho_к}} = \frac{(m_3 - m_1)\rho_к}{V_0 \rho_к - m_1} = 2$ г/см^3 **(3 балла)**

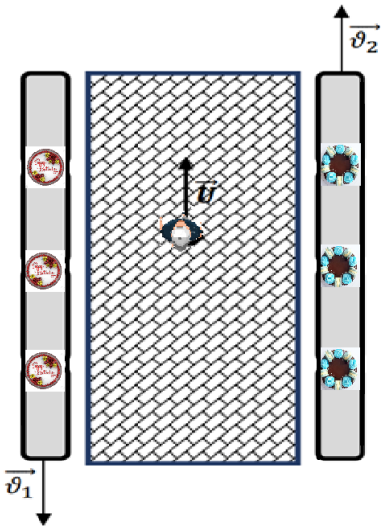
Вопрос №3

Отношение объёмов равно

$n = \frac{V_{пуст}}{V_{пес}} = \frac{V_п - V_{пес}}{V_{пес}} = \frac{V_п}{V_{пес}} - 1 = \frac{V_0 - \frac{m_1}{\rho_к}}{\frac{m_3 - m_1}{\rho_к}} - 1 = \frac{V_0 \rho_к - m_1}{m_3 - m_1} - 1 = 0{,}25$ **(3 балла)**

Задача №2

В кондитерском цехе есть два конвейера, движущиеся навстречу друг другу с постоянными скоростями v_1 и v_2 соответственно (см. рис.). На них находятся торты, расположенные на равном расстоянии друг от друга одинаковые на обоих конвейерах. Вдоль прохода между конвейерами со скоростью u двигается робот – контролёр. Он фиксирует, что торты левого конвейера проезжают мимо него каждые $\Delta t_1 = 2{,}4$ с, а торты правого обгоняют его каждые $\Delta t_2 = 12$ с.



1) Через какое время Δt_3 торты правого и левого конвейера оказываются напротив друг друга?
2) Зная, что расстояние между тортами 2,4 м, а величина скорости левого конвейера больше величины скорости правого на 0,4 м/с, определите скорость каждого конвейера.
3) С какой скоростью u робот движется по проходу?

Решение:

Выразим:

$t_1 = \frac{S}{V_1+u}$; (1) **(1 балл)**

$t_2 = \frac{S}{V_2-u}$; (2) **(1 балл)**

$t_3 = \frac{S}{V_1+V_2}$; (3) **(1 балл)**

решая систему этих уравнений, находим t_3=2с. **(2 балла)**

Из уравнения (3) выразим

$V_1 + V_2 = \frac{S}{t_3}$ (4) **(1 балл)**

из условия V_1-V_2=0,4м/с (5) **(1 балл)**

решая систему уравнений, находим $V_1 = 0{,}8\frac{\text{м}}{\text{с}}$, $V_2 = 0{,}4\frac{\text{м}}{\text{с}}$. **(2 балла)**

Из уравнения (1) или (2) находим u = 0,2 м/с. **(1 балл)**

Задача №3

Курвиметр — прибор для измерения длины извилистых линий, чаще всего на топографических картах, планах и чертежах или на реальной местности. Такой прибор оказался у Александра, начинающего исследователя Гренландии. Но есть нюанс – этот прибор оказался проградуирован в единицах измерения древнейших местных племён – крках (обозначение – крк).

В поисках новых открытий Александр набрел на таинственную фигуру, состоящую из двух квадратов и прямоугольного треугольника *(рис. 1)*.

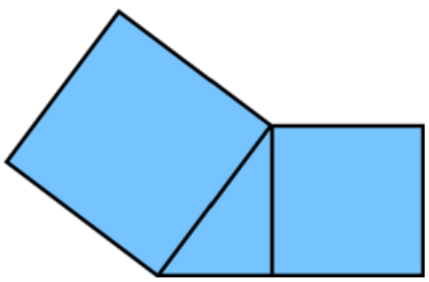
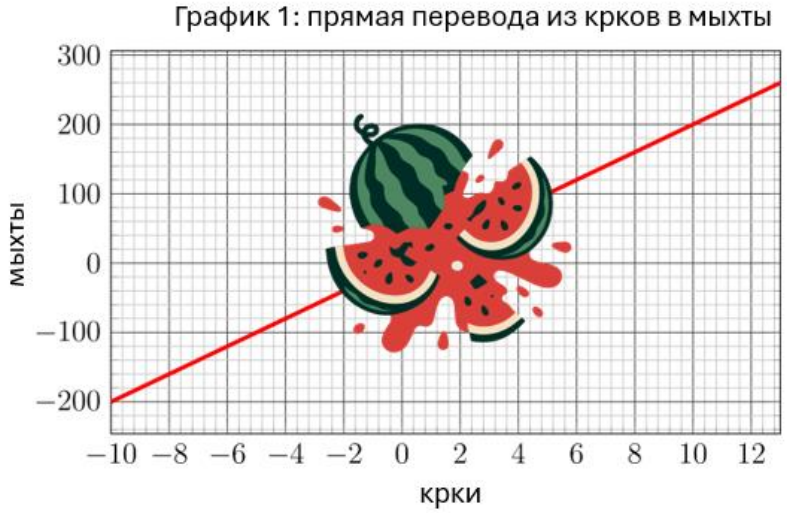


Рис. 1: таинственная фигура

С помощью курвиметра он измерил периметр двух квадратов $P_1 = 20$ крк и $P_2 = 16$ крк соответственно. У Александра возникли трудности с необходимыми расчётами. К тому же, научное сообщество Гренландии требует предоставлять все численные значения в отчетах о новых объектах в национальных единицах измерения – мыхтах (мхт).
Международная Ассоциация Новых Объектов отправила Александру прямую перевода из крков в мыхты. К большому сожалению, Александр в процессе глубоких раздумий уронил на неё арбуз, и часть графика стала нечитаемой. Первооткрыватель просит Вашей помощи, а взамен обещает щедро наградить баллами за задачу.



1) Определите, какому количеству крков соответствуют 160 мхт.
2) Определите периметр треугольника в таинственной фигуре, ответ предоставьте в единицах системы СИ. *(Примечание: три крка равны двум метрам, ноль крков равны нулю метров)*
3) Определите площадь всей закрашенной фигуры, найденной Александром, ответ предоставьте в единицах измерения, удовлетворяющих научное сообщество Гренландии.

Решение:

1. Для определения крк-эквивалента 160 мхт определим по графику абсциссу точки прямой с ординатой 160 мхт. Она равняется 8 крк. **(1,5 балла)**

2. Обозначим длину стороны большего квадрата как a, длину стороны меньшего квадрата как b.

   Запишем равенства периметров для каждого из двух квадратов:

   $$P_1 = 4a, P_2 = 4b \Rightarrow a = \frac{P_1}{4}, b = \frac{P_2}{4} \ (1)$$ **(0,5 балла)**

   Треугольник прямоугольный, тогда по теореме Пифагора:

   $$a^2 = b^2 + c^2 \ (2),$$ **(1,5 балла)**

   где c – длина меньшего катета треугольника. Найдем периметр треугольника:

   $$P_\Delta = a + b + c = \frac{P_1 + P_2 + \sqrt{P_1^2 - P_2^2}}{4} = 12 \text{ крк}$$ **(0,5 балла)**

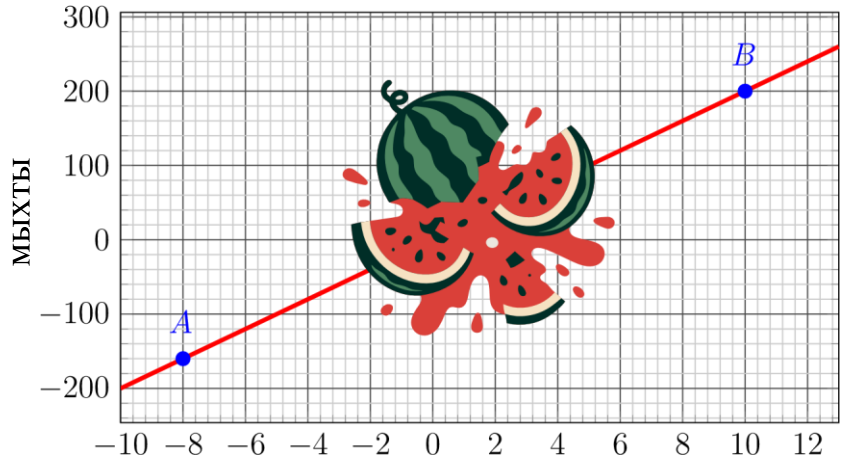
   Переведем ответ в метры (единицы линейного размера системы СИ).

Для этого найдем переводной коэффициент между крками и метрами. Исходя из примечания к заданию $k = \frac{2}{3}\frac{\text{м}}{\text{крк}}$. Исходя из этого получим ответ $P\Delta = k \cdot 12$ крк = 8 м. **(1 балл)**

3. Определим функцию перевода из крков в мыхты. По условию кривая перевода из крков в мыхты – прямая, соответственно функция перевода линейна и имеет вид:
$a_{[\text{мхт}]} = k \cdot a_{[\text{крк}]} + z$. **(1 балл)**

Для определения неизвестных коэффициентов k и z отметим на прямой две точки:

$A(-8$ крк,-160 мхт) и $B(10$ крк,200 мхт).



Составим систему уравнений координат точек A и B, решим ее относительно коэффициентов k и z:

k=20 мхт/крк **(0,5 балла)**

z=0 мхт **(0,5 балла)**

Определим длины сторон фигур в мыхтах:

a = 100 мхт, b = 80 мхт, c = 60 мхт **(1 балл)**

Площадь всей фигуры $S_{\text{общ}}$ равна сумме площадей обоих квадратов и треугольника:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{кв}_1} + S_{\text{кв}_2} + S_{\Delta} = a^2 + b^2 + \frac{1}{2} \cdot b \cdot c = 18800 \text{ мхт}^2$$ **(2 балла)**