ВІДПОВІДІ та РОЗВ'ЯЗАННЯ
завдань обласного теоретичного туру олімпіади юних фізиків
2014–2015 навчальний рік

Задача 8.1. Ребята, живущие в поселке, всегда выходят утром в школу одновременно и идут все вместе. Но вот однажды, после снегопада, из-за того, что идти по заснеженной дороге было трудно, они растянулись в колонну.

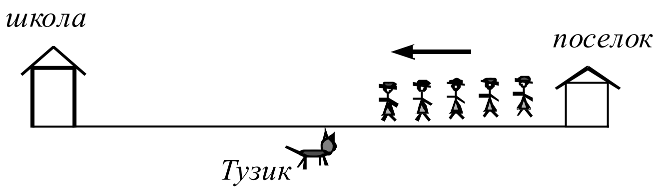

Рис. 1

Мимо Тузика, который всегда встречает их ровно на полпути к школе, колонна ребят прошла за 6 минут. Насколько самый последний из ребят опоздал в школу, если самый первый пришел за 10 минут до начала уроков? При решении считать, что каждый из ребят шел в школу с постоянной скоростью.

Решение

Пусть a - расстояние от поселка до Тузика, V - скорость самого быстрого из ребят, u - скорость самого медленного.

Тогда до Тузика первый будет идти время $t_1 = \frac{a}{V}$, а последний – время $t_2 = \frac{a}{u}$. Заданное в задаче время $t_{Тузик} = 6\,минут$, время прохождения колонны ребят мимо Тузика, в этих обозначениях будет равно $t_{Тузик} = t_2 - t_1 = a\left(\frac{1}{u} - \frac{1}{V}\right)$.

Эти же ответы годятся и для времени прохождения ребят мимо школьной двери (общее у двери и Тузика то, что они неподвижны). Только расстояние a следует заменить на $b = 2a$, так как от поселка до двери школы, по условию задачи, расстояние ровно в два раза больше, чем от поселка до Тузика.

А это означает, мимо двери они будут проходить время $t_{дверь} = 2t_{Тузик} = 12\,минут$. Поэтому если первый ученик зайдет в школу за 10 минут до звонка, то последний зайдет через 2 минуты после звонка.

Ответ: последний ученик опоздал на урок на 2 минуты.

Задача 8.2. Известно, что тепловое расширение тел может приводить к их медленному перемещению. Если, например, положить на ровный стол вплотную друг к другу две пластины (квадратную и прямоугольную) и нагреть их, то после охлаждения пластин до прежней температуры, они оказываются смещенными относительно исходного положения.

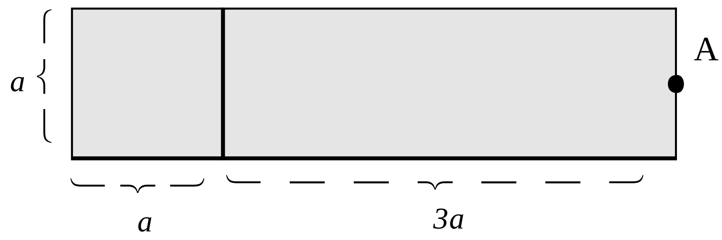

Рис. 1

Определите величину смещения точки A в описанном опыте. Для расчетов принять, что сторона квадрата равна $a = 5\,см$, коэффициент теплового расширения материала равен $\alpha = 0{,}004 \quad град^{-1}$, температура нагрева $\Delta t = 50°C$. Задачу решить в предположении, что поверхность стола не нагревается и не испытывает теплового расширения.

Решение

Главным фактом, на котором мы будем строить свое решение, будет следующий очевидный факт – при нагревании или охлаждении тел правильной геометрической формы (квадрата, прямоугольника, круга) их центры остаются неподвижными.

Обозначим абсолютное удлинение *стороны квадрата* при нагреве $\Delta\ell$, $\Delta\ell = \alpha\Delta t \cdot a$.

1) Нагрев пластин.

При нагреве пластины расширяются как одно единое целое. Поэтому центр тела «квадрат+прямоугольник», точка O остается неподвижной (рис. 2, *а*).

Крайняя точка прямоугольника A смещается вправо на расстояние $\Delta\ell_1 = 2\Delta\ell$ (она лежит на расстоянии $2a$ от неподвижной точки O).

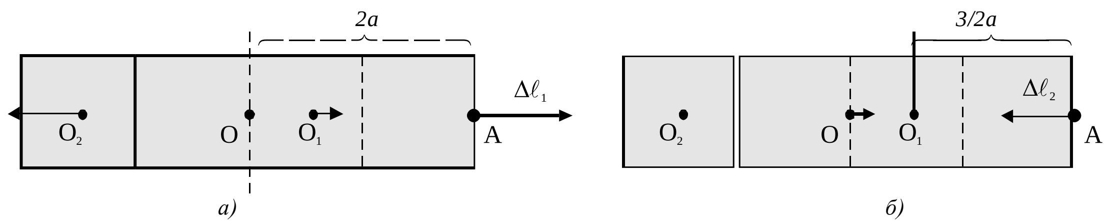

Рис. 2

2) Охлаждение пластины.

При охлаждении каждая из пластин сжимается независимо и *их центры* остаются неподвижными (рис. 2, *б*). Крайняя точка прямоугольника A при охлаждении сместится влево на расстояние $\Delta\ell_2 = \frac{3}{2}\Delta\ell$ (она лежит на расстоянии $\frac{3}{2}a$ от новой неподвижной точки (центра прямоугольника) точки O_1).

Итого, в процессах нагрева и охлаждения крайняя точка прямоугольника A сместится вправо на расстояние $\Delta\ell_{общ} = \Delta\ell_1 - \Delta\ell_2 = \frac{1}{2}\Delta\ell$. Записываем окончательный ответ:

$$\Delta\ell_{общ} = \frac{1}{2}\Delta\ell = \frac{1}{2}\alpha\Delta t \cdot a = 0{,}5\,мм$$

Ответ: $\Delta\ell_{общ} = \frac{1}{2}\alpha\Delta t \cdot a = 0{,}5\,мм$.

Задача 8.3. Луч №1 проходит через собирающую линзу как показано на рисунке 1. Найдите на каком расстоянии от оптического центра линзы пересечет главную оптическую ось луч №2. Все размеры взять из рисунка, размер клетки считать равным 2,4 см.

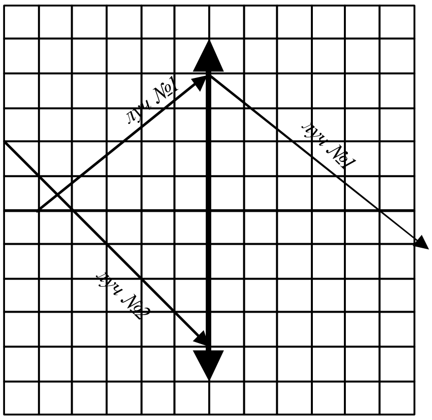

Рис. 1

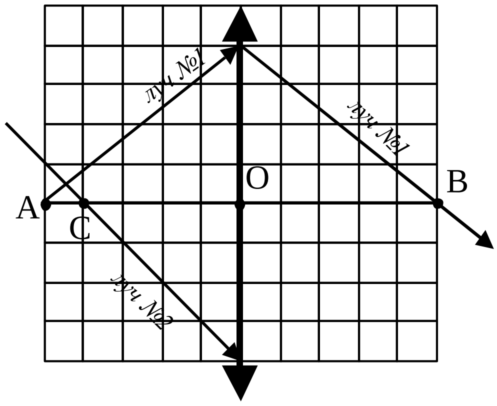

Рис. 2

Решение

Из рисунка видно, что отрезок АО есть двойное фокусное расстояние. Поэтому фокусное расстояние линзы равно $F = \frac{5}{2}\,\textit{клетки}$.

Поместим в точку С предмет. Будем считать, что луч №2 выходит из этого предмета. Найдем положение изображение предмета (это и будет искомым ответом) с помощью формулы тонкой линзы ($d_2 = CO = 4\,\textit{клеток и}$): $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_2} = \frac{3}{20}\,\textit{клетка}^{-1}$. Отсюда получаем ответ $f_2 = \frac{20}{3}\,\textit{клетки} = 16\,\textit{см}$.

Ответ: $f_2 = \frac{20}{3}\,\textit{клетки} = 16\,\textit{см}$.

Задача 8.4. Дерев'яний брусок плаває у воді, занурившись на 10 см. Якщо деякий вантаж покласти на цей брусок зверху, то брусок буде занурений на 11,6 см. А якщо цей же вантаж прикріпити до бруска знизу, то він буде занурений у воду всього на 9,6 см. Чому дорівнює густина вантажу?

Густина води – 1000 кг/м^3.

Відповідь: 800 кг/м^3

Розв’язання.

Для вільного бруска виконується умова рівноваги $Mg = \rho_0 g S h_0$, де $h_0 = 10\,\textit{см}$. Для бруска з вантажем, розташованим зверху, виконується умова рівноваги $Mg + mg = \rho_0 g S h_1$, де $h_1 = 11{,}6\,\textit{см}$. Для бруска й вантажу, розташованого знизу, має місце умова рівноваги $Mg + mg = \rho_0 g S h_2 + \rho_0 g \cdot \frac{m}{\rho}$, де $h_2 = 9{,}6\,\textit{см}$. Із цих трьох рівнянь знаходимо відповідь: $\rho = \frac{h_1 - h_0}{h_1 - h_2} \cdot \rho_0 = 800\,\textit{кг}/\textit{м}^3$.

Відповідь: $\rho = \dfrac{h_1 - h_0}{h_1 - h_2} \cdot \rho_0 = 800\,кг/м^3$.

Задача 8.5. Для новогоднего украшения класса ребята подвесили на планке два шара и красиво написали на них «20» и «15». Свою конструкцию они закрепили с помощью двух бечевок AC и BD над классной доской (рис. 1).

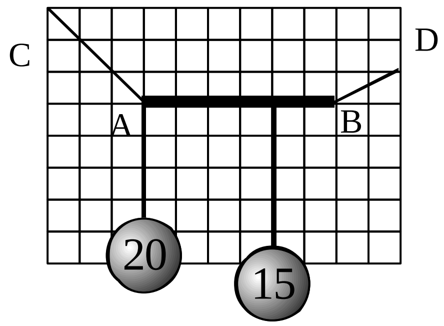

Рис. 1

- Немного неровно, - сказала учительница. – Но ничего, зато у нас появилась хорошая задача: «Чему равна масса планки AB, если масса каждого шара, выраженная в граммах, равна числу, которое на нем написано? Размеры, необходимые для решения, взять с рисунка».

Решите и вы, ребята, эту задачу.

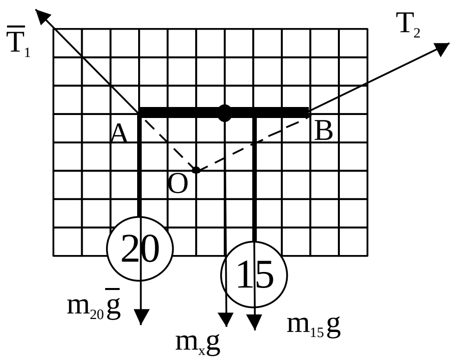

Рис. 2

Решение

Будем рассматривать планку AB и два шара как одно тело. На это тело действуют пять сил (рис. 2): две силы натяжения тросов и три силы тяжести. Поэтому второе условие равновесия для этого тела (уравнение моментов) будет выглядеть так:

$$M_{T_1} + M_{T_2} + M_{m_{20}g} + M_{m_x g} + M_{m_{15}g} = 0 .$$

Выберем в качестве точки, относительно которой мы будем подсчитывать моменты сил, точку O, в которой пересекаются продолжение бечевок AC и BD. При таком выборе моменты сил натяжения обращаются в ноль, $M_{T_1} = 0, M_{T_2} = 0$. И в нашем уравнении моментов остается только три слагаемых:

$$m_{20} g \cdot d_{20} - m_x g \cdot d_x - m_{15} g \cdot d_{15} = 0 .$$

Величину плеча каждой силы определяем по рисунку: $d_{20} = 2d$, $d_x = d$, $d_{15} = 2d$, где d - размер клетки.

Отсюда получаем ответ:

$$m_x = \frac{m_{20} \cdot d_{20} - m_{15} \cdot d_{15}}{d_x} = 2m_{20} - 2m_{15} = 10\,г .$$

Ответ: масса планки равна $m_x = 2(m_{20} - m_{15}) = 10\,г$.

.