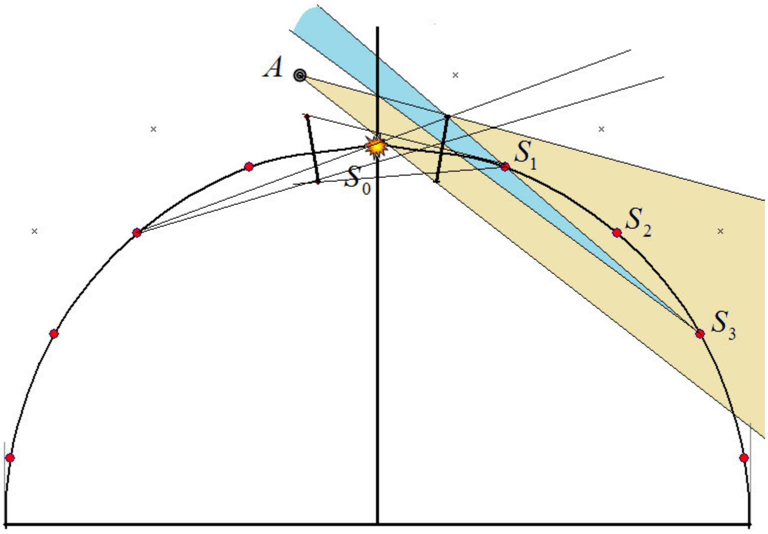
удобно сместить начало координат в центр окружности. В этой системе координаты изображений описываются простыми формулами

$$\begin{cases} x_k = R\sin k\Delta\varphi \\ y_k = R\cos k\Delta\varphi \end{cases} \quad k = 1,2,...17\,. \tag{12}$$

Далее можно построить положения всех изображений, положение зеркал и глаза наблюдателя и анализ видимости провести геометрически.

Такое построение показано на рисунке. Опять, рассматривая зеркало, как « окошко» находим, что в область видимости попадают только три изображения (по нумерации формул (12)). Однако, в данном случае далеко лучи отраженные от зеркал не полностью покрывают следующее зеркало. Поэтому необходимо аккуратно построить крайние лучи, которые принимают участие в формировании следующего изображения. Такое построение показывает, что третье изображение не видно с точки расположения глаза. На рисунке выделен пучок лучей, который формирует это изображение – глаз находится вне этого пучка!

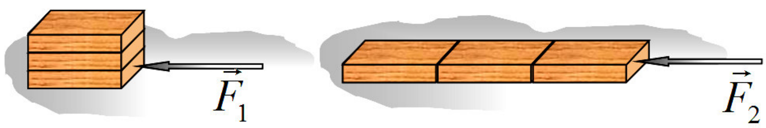


Таким образом, в рассматриваемой ситуации видны только два изображения, координаты которых равны

$$\begin{cases} x_1 = 19{,}7\,см \\ y_1 = 54{,}1\,см \end{cases}, \quad \begin{cases} x_2 = 37{,}0\,см \\ y_1 = 44{,}1\,см \end{cases}. \tag{13}$$

Задача 2. В память о лесосплаве

2.1 Чтобы сдвинуть бруски необходимо приложить силу превышающую силу трения. В соответствии с законном Кулона-Амонтона сила трения не зависит от площади соприкосновения, а определяется силой нормальной реакции. В обоих случаях сила трения (и равная ей минимальная сила) равна



$$F = \mu N = 3\mu mg\,. \tag{1}$$

2.2 Между брусками, сложенными стопкой, действуют силы трения, максимальные значения которых равны:

- между верхним и средним

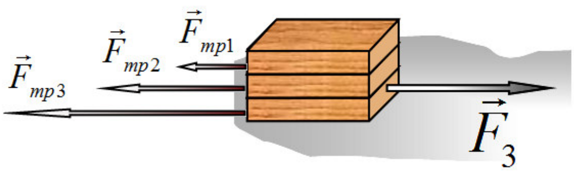
$$F_{тр1} = \mu mg\,, \tag{2}$$

- между средним и нижним

$$F_{тр2} = 2\mu mg\,, \tag{3}$$

- между нижним и столом

$$F_{тр3} = 3\mu mg\,. \tag{4}$$



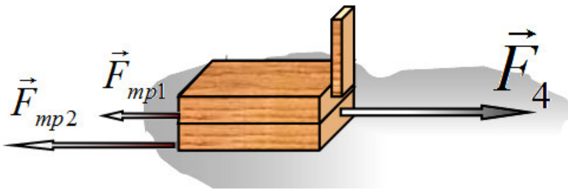
Таким образом, если прикладывать внешнюю силу к среднему бруску, то нижний брусок не сдвинется: со стороны среднего будет действовать сила $F_{тр2} = 2\mu mg$, а тормозить его будет большая сила $F_{тр3}$. Следовательно, чтобы сдвинуть стопку целиком, внешнюю силу $\vec{F}_3$ следует прикладывать к нижнему бруску. Максимальная сила, которая сообщает ускорение среднему и верхнему брускам при движении нижнего, есть сила трения $F_{тр2} = 2\mu mg$. Поэтому максимальное ускорение, с которым могут двигаться вместе верхний и средний бруски, равно

$$a_{\max} = \frac{2\mu mg}{2m} = \mu g . \qquad (5)$$

Заметим, что максимальная сила трения, действующая на верхний брусок, равна $F_{тр1} = \mu mg$, поэтому она в состоянии сообщить и верхнему бруску такое же ускорение, следовательно, и верхний брусок при этом не сдвинется.

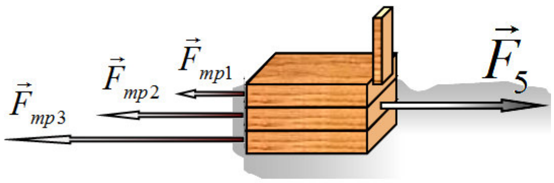
Таким образом, искомая сила $\vec{F}_3$ может быть найдена из условия, что все бруски движутся с ускорением $a_{\max}$:

$$F_3 - 3\mu mg = 3ma_{\max} \quad \Rightarrow \quad F_3 = 6\mu mg . \qquad (6)$$



2.3 Минимальная сила, которую следует приложить в этом случае, должна превышать суммарную силу трения, действующую на нижний брусок, как со стороны верхнего бруска, так и со стороны стола, т.е.

$$F_4 = \mu mg + 2\mu mg = 3\mu mg . \qquad (7)$$



2.4 Как следует из рисунка, распределение силе, действующих на два верхних бруска, такое же, как и в предыдущем случае, поэтому минимальная сила, которая необходима для того, чтобы выдернуть средний брусок такая же

$$F_5 = 3\mu mg . \qquad (8)$$

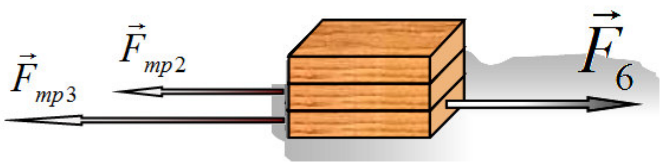
Как отмечалось ранее, нижний брусок при этом со своего места не сдвинется.

2.5 Чтобы выдернуть нижний брусок, необходимо сообщить ему ускорение большее, чем $a_{\max}$, найденное в п. 2.2. Записывая уравнение второго закона Ньютона для нижнего бруска,

$$ma_{\max} = F_6 - 5\mu mg , \qquad (9)$$

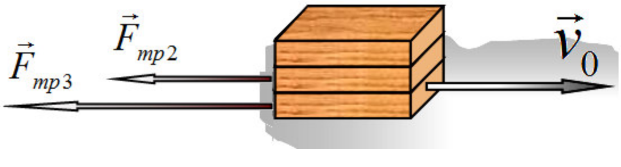
Получим

$$F_6 = 6\mu mg \qquad (10)$$



2.6 Пока нижний брусок не выскочил из-под стопки на него действовала сила трения $5\mu mg$.

Уравнение движения нижнего бруска на



этом этапе имеет вид

$$ma = -5\mu mg\ . \tag{11}$$

Так как все силы постоянны, то движение бруска являлось равноускоренным, поэтому можно записать

$$m\frac{v_0 - v_1}{\Delta t} = 5\mu mg\ . \tag{12}$$

Отсюда следует, что длительность соскальзывания равно

$$\Delta t = \frac{v_0 - v_1}{5\mu g}. \tag{13}$$

Два верхних бруска, как было показано ранее, будут двигаться вместе с ускорением $a = \mu g$. Поэтому к моменту соскальзывания с нижнего бруска верхние приобретут скорость

$$v_2 = \mu g \Delta t = \frac{v_0 - v_1}{5}\ . \tag{14}$$

При движении по столу путь бруска от начальной скорости V_0 до остановки можно найти по кинематической формуле

$$S = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{V_0^2}{2\mu g} \tag{15}$$

Следовательно, после выскальзывания нижний брусок пройдет путь

$$S_1 = \frac{v_1^2}{2\mu g}\ , \tag{16}$$

а верхние

$$S_2 = \frac{(v_0 - v_1)^2}{50\mu g}\ . \tag{17}$$

Если $S_1 > S_2$, то расстояние между брусками после остановки будет равно

$$S_1 - S_2 = \frac{v_1^2}{2\mu g} - \frac{(v_0 - v_1)^2}{50\mu g}\ . \tag{18}$$

В противном случае расстояние между брусками станет равным нулю. Это условие будет выполнено при

$$\frac{v_1^2}{2\mu g} < \frac{(v_0 - v_1)^2}{50\mu g} \quad \Rightarrow \quad 5v_1 < v_0 - v_1 \quad \Rightarrow \quad v_1 < \frac{v_0}{6}\ . \tag{19}$$