$$L = \frac{v^2}{2a}, \qquad (5)$$

где a - ускорение шара. Из формул (4)-(5) следует $a = \frac{mgh}{2CL} \propto h$.

3. При высоте $h = 50 см$ ускорение примерно равно $A \approx 0{,}23$. Поэтому путь пройденным шаром за пять колебаний маятника

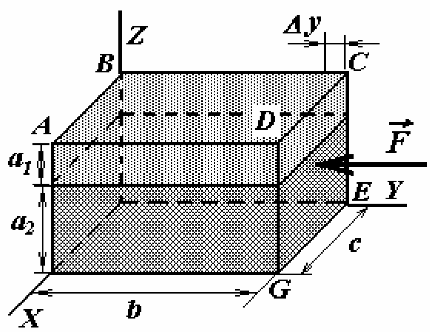
$$S = \frac{An^2}{2} \approx 2{,}88 м.$$

10 класс.

10.1 Для вычисления коэффициента жесткости необходимо вычислить отношение приложенной силы F к изменению длины образца Δl

$$k = \frac{F}{\Delta l}. \qquad (1)$$

Возможны два способа вычисления этого коэффициента: первый - задать внешнюю силу и затем рассчитать удлинение; второй - задать удлинение и затем найти возникающую силу упругости. Для выполнения данной процедуры необходимо использовать закон Гука $\sigma = \varepsilon E$, где $\sigma = \frac{F}{S}$- механическое напряжение, возникающее в образце, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ - относительная деформация образца.



Рассмотрим сжатие образца вдоль оси OY на малую величину Δy . В этом случае относительные деформации каждой пластины одинаковы и равны $\varepsilon = \frac{\Delta y}{b}$. По закону Гука в пластинах возникают упругие напряжения

$$\sigma_{1,2} = \varepsilon E_{1,2} = E_{1,2} \frac{\Delta y}{b}. \qquad (2)$$

Поэтому суммарная сила упругости определится по формуле

$$F = \sigma_1 S_1 + \sigma_2 S_2 = \frac{\Delta y}{b} c(E_1 a_1 + E_2 a_2). \qquad (3)$$

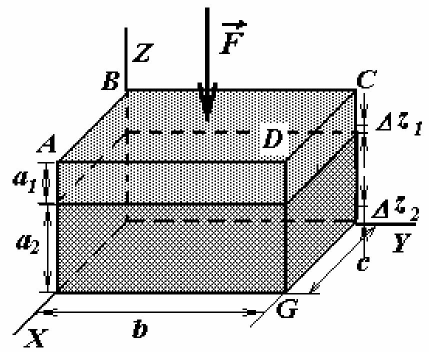
Следовательно, коэффициент жесткости при деформации вдоль оси OY вычисляется по формуле

$$k_y = \frac{F}{\Delta y} = \frac{c}{b}(E_1 a_1 + E_2 a_2) \approx 7{,}8 \cdot 10^9 \ \frac{Н}{м}. \qquad (4)$$

Коэффициент жесткости при деформации вдоль оси OX рассчитывается аналогично (достаточно в последней формуле поменять местами b и c):

$$k_x = \frac{b}{c}(E_1a_1 + E_2a_2) \approx 2{,}0 \cdot 10^9\ \frac{Н}{м}. \qquad (5)$$

Для вычисления коэффициента жесткости вдоль оси OZ положим, что к образцу приложена внешняя сила F и найдем деформацию «бутерброда». Механические напряжения в обеих пластинах будут одинаковы и равны



$$\sigma = \frac{F}{bc}. \qquad (6)$$

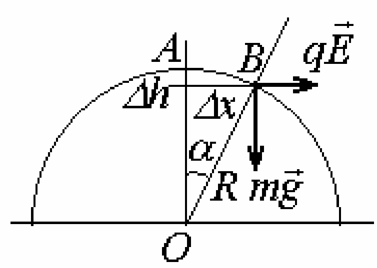
Общая деформация равна сумме деформаций пластин

$$\Delta z = \Delta z_1 + \Delta z_2 = \frac{\sigma}{E_1}a_1 + \frac{\sigma}{E_1}a_2 = \frac{F}{bc}\left(\frac{a_1}{E_1} + \frac{a_2}{E_2}\right)$$

Следовательно, коэффициент жесткости при такой нагрузке вычисляется по формуле

$$k_z = \frac{F}{\Delta z} = \frac{bc}{\dfrac{a_1}{E_1} + \dfrac{a_2}{E_2}} \approx 1{,}6 \cdot 10^{10}\ \frac{Н}{м}. \qquad (7)$$

10.2 В точке отрыва сила реакции купола обращается в нуль. Поэтому в этой точке на основании второго закона Ньютона можно записать



$$\frac{mv^2}{R} = mg\cos\alpha - qE\sin\alpha, \qquad (1)$$

где $\dfrac{v^2}{R}$ - центростемительное ускорение шайбы (R - радиус купола); qE - сила электростатического взаимодействия (q - заряд шайбы, E - напряженность электрического поля). На основании закона сохранения энергии можно получить еще одно очевидное уравнение

$$\frac{mv^2}{2} = mgR(1 - \cos\alpha) + qER\sin\alpha. \qquad (2)$$

Решив совместно уравнения (1)-(2), получим ответ задачи

$$\frac{mg}{qE} = \frac{3\sin\alpha}{3\cos\alpha - 2} \approx 2{,}5.$$