$$tg\alpha = \frac{H}{2\pi R},\ \cos\alpha = \frac{1}{1+tg^2\alpha} = \frac{4\pi\ R^2}{4\pi^2 R^2 + H^2}. \qquad (3)$$

Подставляя полученные выражения в (1), получаем уравнение относительно скорости v

$$\frac{g^2 H^2}{\mu^2} = 4\pi^2 R^2 g^2 + \frac{16 v^4 \pi^4 R^2}{4\pi^2 R^2 + H^2}.$$

Разрешая уравнение, находим искомую скорость установившегося движения бусинки

$$v = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{R}}\sqrt[4]{\left(4\pi^2 R^2 + H^2\right)\left(\frac{H^2}{\mu^2} - 4\pi^2 R^2\right)}.$$

9-4. .Выберем начало системы отсчета на башне, задачу будем решать в векторном виде. К моменту вылета второго камешка первый совершит перемещение

$$\Delta\vec{r}_0 = \vec{v}_0 \Delta t + \frac{\vec{g}\Delta t^2}{2}$$

и будет двигаться со скоростью

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}\Delta t.$$

Перемещения камешков после бросания второго камешка запишутся следующим образом

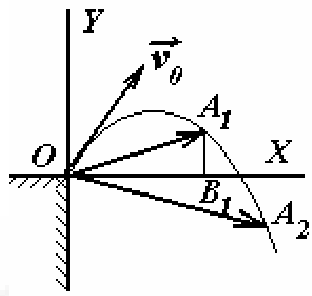
$$\Delta\vec{r}_1(t) = \vec{v}_0(t + \Delta t) + \frac{\vec{g}(t+\Delta t)^2}{2},$$

$$\Delta\vec{r}_2(t) = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}.$$

Перейдем в систему отсчета, связанную со вторым камешком. Тогда относительное положение первого камешка задается вектором

$$\vec{S} = \Delta\vec{r}_1(t) - \Delta\vec{r}_2(t) = \vec{v}_0 \Delta t + \frac{\vec{g}\Delta t^2}{2} + \vec{g}\Delta t \cdot t = \Delta\vec{r}_0 + \vec{g}\Delta t \cdot t,$$

т.е. это движение вертикально вниз со скоростью $\vec{g}\Delta t$. Поэтому



1)если Δt таково, что первый камушек не успел опуститься ниже горизонта точки бросания (точка A_1), тогда наименьшее расстояние будет равно

$$CB_1 = \left(\Delta \vec{r}_0\right)_x = \left(\vec{v}_0 \Delta t + \frac{\vec{g}\Delta t^2}{2}\right)_x = v_0 \cos\alpha \Delta t . \qquad (1)$$

Оно будет достигнуто в момент, когда оба шарика будут на одной высоте, т.е.

$$S_y = 0 = \left(\Delta \vec{r}_0\right)_y - g\Delta t \cdot t = v_0 \sin\alpha \Delta t - \frac{g\Delta t^2}{2} - g\Delta t \cdot t, \quad t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} - \frac{\Delta t}{2} \qquad (2).$$

2)если Δt таково, что первый камушек опустился ниже горизонта бросания (A_2), наименьшим расстоянием будет начальное, т.е.

$$OA_2 = \left|\Delta \vec{r}_0\right| = \sqrt{\left(v_0 \cos\alpha \Delta t\right)^2 + \left(v_0 \sin\alpha \Delta t - \frac{g\Delta t^2}{2}\right)^2}, \qquad (3)$$

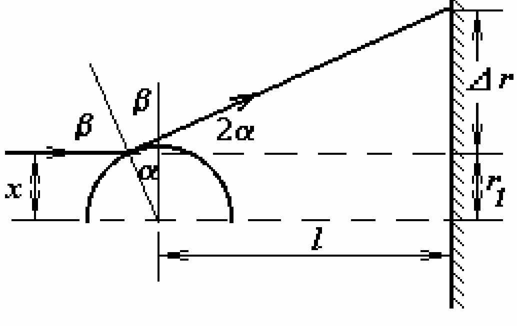
а момент времени $t = 0$. (4)

Условие выбора ответа следует из (2): если $\Delta t > \dfrac{2v_0 \sin\alpha}{g}$, то ответ - (3),(4),

если $\Delta t < \dfrac{2v_0 \sin\alpha}{g}$, то - (1),(2).

9-5. .Небольшая тень по центру означает, что шарик имеет размеры, ненамного превышающие диаметр пучка света (подумайте почему?). Рассмотрим крайний луч. Для него β - угол падения и $\alpha + \beta = \pi / 2$. Следовательно, после отражения луч отклонится на угол 2α, причем

$$tg2\alpha = \frac{\Delta r}{x \sin\alpha + l}.$$



Ясно, что поскольку $\Delta r = 1 см$, а $l = 1 м$, то угол α - мал, и $x \sin\alpha$ можно опустить в знаменателе, тогда