$$\frac{hx_0}{x} = h - x\sin\alpha\,. \qquad (4)$$

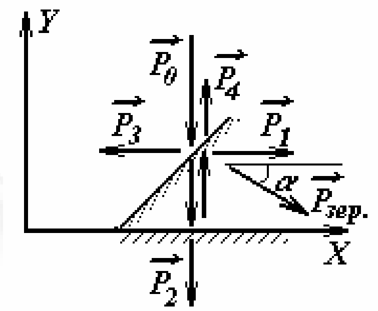
Отсюда находим

$$x_1 = \frac{h - \sqrt{h^2 - 4hx_0\sin\alpha}}{2\sin\alpha},$$
$$x_2 = \frac{h + \sqrt{h^2 - 4hx_0\sin\alpha}}{2\sin\alpha}$$

При α стремящимся к нулю, корень x_1 стремится к x_0, а x_2 «убегает» на бесконечность. При возрастании α устойчивый корень x_1 возрастает, а неустойчивый x_2 уменьшается. При некотором α^* (таком, что $h^2 - 4hx_0\sin\alpha^* = 0$) оба корня «сливаются» – поршень становится неустойчивым и вылетает из трубы (рис.в).

10-4. Импульс светового потока пропорционален числу фотонов (или интенсивности). Если коэффициент отражения равен ρ, то модуль импульса отраженного потока равен ρP_0, а модуль импульса прошедшего потока $(1-\rho)P_0$ (где P_0 – импульс падающего потока). Запишем модули импульсов всех потоков уходящих от зеркал

$$P_1 = \rho P_0$$
$$P_2 = (1-\rho)^2 P_0$$
$$P_3 = (1-\rho)\rho^2 P_0$$
$$P_4 = (1-\rho)^2 \rho P_0$$



Вычислим изменения проекций импульса света на выбранные оси

$$\begin{aligned} \Delta P_y &= P_4 - P_2 - (-P_0) = \left(1 - (1-\rho)^3\right)P_0 \\ \Delta P_x &= P_3 - P_1 = -\rho\left(1 - \rho(1-\rho)\right)P_0 \end{aligned} \qquad (2)$$

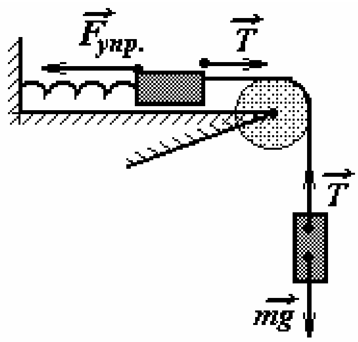
Импульс, который получила система зеркал равен по модулю изменению импульса света и противоположен ему по направлению, поэтому

$$P_{x\,зер.} = -\Delta P_x\,; \;\; P_{y\,зер.} = -\Delta P_y\,.$$

Легко заметим, что $P_{x\,зер.} > 0,\ P_{y\,зер.} < 0,$ поэтому полученный импульс (а, следовательно, и действующая сила) направлен под углом α к оси X, для которого

$$tg\alpha = \frac{-P_{y\,зер.}}{P_{x\,зер.}} = \frac{1-(1-\rho)^3}{\rho(1-\rho(1-\rho))}.$$

10-5. Пусть грузы сместятся на расстояние x. На основании второго закона Ньютона можно записать



$$\begin{cases} ma = mg - T, \\ ma = -T - kx, \end{cases} \qquad (1)$$

где T – натяжение нити, $-kx$ – сила упругости пружины. Исключая из системы (1) величину T получим

$$a = \frac{g}{2} - \frac{k}{2m}x. \qquad (2)$$

Запишем также уравнение закона сохранения энергии

$$mgx = 2\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}. \qquad (3)$$

Из (3) найдем экстремальные смещения грузов (когда $v = 0$)

$$x_0 = 0, \qquad x_1 = 2\frac{mg}{k}. \qquad (4)$$

Из уравнения (2) следует, что ускорения грузов линейно зависят от их смещения, следовательно, пределы изменения ускорения соответствуют предельным значениям x,

$$a_0 = \frac{g}{2}, \quad a_1 = -\frac{g}{2}. \qquad (5)$$

Скорость грузов максимальна, когда их ускорение равно нулю, т.е. при $x = \frac{mg}{k}$, из (3) находим

$$v_{max} = \sqrt{\frac{m}{2k}}g \qquad (6)$$

Укажем еще один способ решения. Уравнение (2) есть уравнение гармонических колебаний с частотой

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}.$$

Положению равновесия соответствует координата

$$x = \frac{mg}{k},$$