

h – начальная высота верхнего шарика, x – конечная.

$$mgh - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{h} = mgx - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x} + \frac{k(h-x)^2}{2} - \text{закон сохранения энергии}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2} = mg - \text{в нижней точке опускания шарика на пружине сила кулоновского взаимодействия равна весу}$$

нижнего шарика – условие «подпрыгивания». Выразим x .

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2} = mg \Rightarrow x = q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} \text{ теперь подставим найденное } x \text{ в закон сохранения энергии.}$$

$$mgh - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{h} = mgq \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}}} + \frac{k \left(h - q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} \right)^2}{2} - \text{теперь упростим}$$

$$mgh - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{h} = \frac{k \left(h - q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} \right)^2}{2} - \text{два первых члена после знака равенства сократились}$$

$$\frac{mg}{h} \left(h^2 - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{mg} \right) = \frac{k}{2} \left(h - q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} \right)^2 - \text{наблюдается разность квадратов слева и квадрат разности справа}$$

$$\frac{mg}{h} \left(h + q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} \right) = \frac{k}{2} \left(h - q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} \right) - \text{сократили на общий множитель}$$

$$\frac{mg}{h} h + \frac{mg}{h} q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} = \frac{k}{2} h - \frac{k}{2} q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} - \text{раскрыли скобки}$$

$$q = \frac{\frac{kh}{2} - mg}{\frac{mg}{h} \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}} + \frac{k}{2} \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{1}{mg}}} = \frac{kh - 2mg}{2 \frac{mg}{h} + k} \sqrt{4\pi\epsilon_0 mg} = \sqrt{4\pi\epsilon_0 mg} * h * \frac{kh - 2mg}{kh + 2mg} - \text{выражаем } q$$