

Аэрозоль

В ряде методов химического синтеза (и не только) требуется воду или водные растворы превратить в аэрозоль – взвесь мельчайших капель в газовой среде. Рассмотрите следующий способ получения «нанокапель» воды: Из вертикального сопла вылетает параллельная струя воды со скоростью V , которая ударяется нормально к твёрдой поверхности и разбивается на мелкие капли различного диаметра. Оцените скорость струи воды V , необходимую для получения капель размером порядка 100 нм; 10 нм. (Поверхностное натяжение воды $\sigma = 0.07$ Н/м). Можно ли услышать эту струю? (5 баллов)

Решение

При ударе о твёрдую поверхность струя разбивается на множество капелек различного диаметра. За счёт поверхностного натяжения потенциальная энергия струи, разбившейся на капельки, увеличится. Для оценки примем, что для образования капелек определённого диаметра при ударе необходимо, чтобы кинетическая энергия выделенного объёма капли в струе была больше потенциальной энергии поверхностного натяжения капли после ее выделения из струи. По закону сохранения энергии:

$$\frac{m_0 V^2}{2} = S \cdot \sigma + \frac{m_0 V'^2}{2},$$

где S – площадь поверхности капли, m_0 – масса капли, V' – скорость капли после удара. Процесс образования капли определённого диаметра имеет порог по кинетической энергии (кинетическая энергия капли после удара равна нулю). Таким образом, условие порога образования капли:

$$4\pi\sigma R^2 = \frac{2}{3}\pi\rho R^3 V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{6\sigma}{\rho R}}.$$

Для капель диаметром 100 нм получим следующую оценку:

$$V = \sqrt{\frac{6\sigma}{\rho R}} \approx 92 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

что меньше скорости звука в воздухе. Следовательно, эту струю будет слышно.

Для капель диаметром 10 нм:

$$V = \sqrt{\frac{6\sigma}{\rho R}} \approx 290 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

что также немного меньше скорости звука.