Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. Стасенко, Не чихать: пандемия!, *Квант*, 2020, номер 4, 28

DOI: <https://doi.org/10.4213/kvant20200404>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.224.187.69

26 апреля 2023 г., 17:27:47

Не чихать: пандемия!

А. СТАСЕНКО

Всем известно изображение коронавируса – рогатый шар, нечто вроде морской мины. Но, конечно, очень маленький: не всякий микроскоп поможет его разглядеть. Известны и рекомендации гражданам – держаться друг от друга на расстоянии не менее 1,5–2 м. Ожидается, что при соблюдении этого расстояния вирусы, разлетающиеся в воздухе при кашле или чихании одного субъекта, упадут к ногам другого субъекта, что снижает возможность воздушно-капельного заражения. Конечно, при этом вирусы не голые, не сухие – они окружены слоем жидкости, так что такая сложная частица уже массивнее самого вируса.

И тут возникает желание сделать кое-какие оценки. Известно, что на шарик радиусом a , движущийся в воздухе со скоростью v , действует сила сопротивления – так называемая сила Стокса, пропорциональная скорости: $F = 6\pi\mu av$, где μ – вязкость воздуха. Напишем для нашей частицы уравнение второго закона Ньютона:

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{6\pi\mu av}{m} = -\frac{v}{\tau},$$

откуда получим выражение для скорости в любой момент времени t :

$$v = v_0 e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Обе формулы содержат «время релаксации»

$$\tau = \frac{m}{6\pi\mu a} = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho_0 a^2}{\mu}$$

– характерный масштаб времени, за которое частица тормозится в несущей ее среде.

Видно, что чем мельче частица и/или чем больше вязкость среды, тем меньше время релаксации. Так, для капли воды радиусом $a = 0,1$ мм $= 10^{-4}$ м это время составляет

$$\tau = \frac{2}{9} \cdot \frac{10^3 \cdot (10^{-4})^2}{1,5 \cdot 10^{-5}} \text{ с} \sim 0,1 \text{ с}.$$

Здесь использованы значения плотности воздуха $\rho_0 = 10^3 \text{ кг/м}^3$ и вязкости воздуха $\mu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Значит, такая частица очень быстро будет увлечена воздухом. Поэтому, например, при ее свободном падении быстро наступит равновесие между силами сопротивления и тяготения, действующими на частицу:

$$mg = 6\pi\mu av,$$

откуда установившаяся скорость вертикального перемещения (падения) частицы будет равна

$$v = g\tau.$$

Следовательно, с высоты $h = 1,5$ м наша частица упадет на пол за время

$$t = \frac{h}{v} = \frac{h}{g\tau} \sim \frac{1,5}{10 \cdot 0,1} \text{ с} = 1,5 \text{ с}.$$

А при характерном значении вызванной чиханием горизонтальной скорости воздуха порядка 1 м/с получим расстояние, пройденное частицей вируса, равным 1,5–2 м.

Эти оценки говорят, между прочим, и о том, что выбранное выше значение радиуса «мокрого» вируса $a = 0,1$ мм вполне разумно с точки зрения официально рекомендованных расстояний между субъектами.

Впрочем, желающие могут подставить свои численные значения определяющих параметров и вычислить свое безопасное расстояние до собеседника.