

Задача 3. Квантовая неопределенность

Решение

1. Из соотношения неопределенностей следует:

$$\Delta V_{\min} = \frac{\hbar}{2m\Delta x}$$

Из перечисленных частиц наибольшей массой и Δx характеризуется молекула O_2 в комнате, п. (д). Далее – в трех случаях частицы имеют сравнимые массы – протон (б, в) и молекула H_2 , поэтому неопределенность в скорости будет определяться областью локализации Δx . Она максимальна для нанотрубки (около 1 нм), на порядок меньше в молекуле H_2 и ничтожно мала для ядра атома С, поэтому ΔV_{\min} увеличивается в ряду: (г) < (б) < (в).

Рассмотрим теперь локализацию электрона в молекуле H_2 . Масса электрона примерно в 2000 раз меньше массы протона, поэтому ΔV_{\min} для него будет больше, чем в пп. (б) и (г). Но размер ядра атома С примерно в 100 тысяч раз меньше размера молекулы H_2 , поэтому ΔV_{\min} для протона в ядре будет больше, чем для электрона в молекуле.

Итоговый ряд: (д) < (г) < (б) < (а) < (в).

2. Для молекулы O_2 в комнате шириной 5 м:

$$\Delta V_{\min} = \frac{1.05 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot \frac{0.032}{6 \cdot 10^{23}} \cdot 5} = 2.0 \cdot 10^{-10} \text{ м/с} = 2.0 \text{ \AA/с.}$$

В ядре атома углерода область локализации протона равна диаметру ядра – около $4 \cdot 10^{-15}$ м.

$$\Delta V_{\min} = \frac{1.05 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot \frac{0.001}{6 \cdot 10^{23}} \cdot 4 \cdot 10^{-15}} = 7.9 \cdot 10^6 \text{ м/с} \approx 8000 \text{ км/с.}$$