

Задача 14 (И. А. Леенсон)

1. Третья частица отводит избыток кинетической энергии, которой обладали сталкивающиеся атомы иода; без нее новая молекула I_2 не может стабилизироваться и немедленно распадается на атомы.

2. Как видно из условия, давление паров иода при температуре его плавления очень высоко (в 20 раз больше давления паров воды при плавлении льда), поэтому при нагревании кристаллов иода не в замкнутом пространстве они быстро испаряются (возгоняются), не успев расплавиться.

3. По уравнению идеальных газов $P = cRT$ (P – давление, c – концентрация) получаем

$$[I_2] = 4,13 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} = 2,49 \cdot 10^{18} \text{ атом/см}^3.$$

4. Для равновесия $I_2 \rightleftharpoons 2I$ константа $K = \frac{P_I^2}{P_{I_2}}$, откуда $P_I = \sqrt{KP_{I_2}}$. При температуре

опыта степень термической диссоциации ничтожна, поэтому давление I_2 практически не отличается от 100 мм рт.ст. (0,132 атм) и $P_I = \sqrt{1,1 \times 10^{-15} \times 0,132} = 1,2 \cdot 10^{-8}$ атм. По уравнению $P = cRT$ получаем $[I]_{\text{терм}} = 3,76 \cdot 10^{-10}$ моль/л = $2,3 \cdot 10^{11}$ атом/см³, что на много порядков меньше концентрации, создаваемой лазерными импульсами.

5. В стационарном режиме в интервалах между импульсами (за 10 мкс) должно рекомбинировать 10^{16} атомов иода, т.е. столько же, сколько их образуется при каждом импульсе. Чтобы узнать, сколько атомов иода рекомбинирует за определенное время, необходимо математически описать кинетическую кривую исчезновения атомарного иода. Скорость рекомбинации иода после очередного импульса описывается уравнением 3-го порядка: $v = k_{III}[I]^2[I_2]$, где k_{III} – константа скорости 3-го порядка. Указание (2) в условии наводит на мысль, что здесь можно применить уравнение 2-го порядка. Это возможно, если $[I_2] \gg [I]$, тогда $[I_2]$ практически не меняется в ходе опыта. Это условие действительно выполняется ($2,49 \cdot 10^{18} \gg 10^{16}$). Тогда уравнение скорости рекомбинации иода можно записать в виде $v = k_{II}[I]^2$, где $k_{II} = k_{III}[I_2] = 3 \cdot 10^{-30} \cdot 2,49 \cdot 10^{18} = 7,72 \cdot 10^{-12} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$.

Из уравнения $1/[I]_{\text{стац.}} - 1/([I]_{\text{стац.}} + 10^{16}) = 1,54 \cdot 10^{-16}$ получаем $[I]_{\text{стац.}} = 0,45 \cdot 10^{16}$.

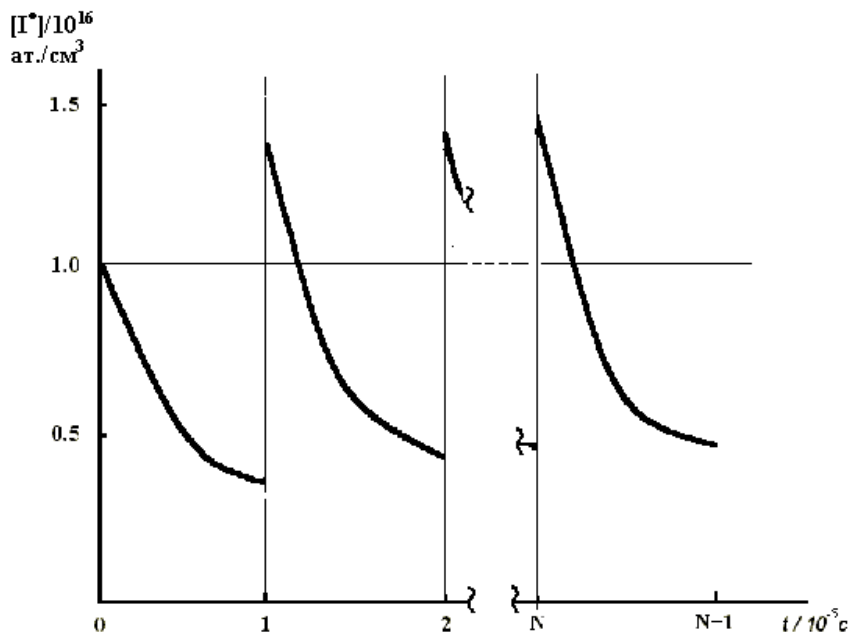


Рис. График зависимости концентрации атомарного иода $[I]$ от времени t, N – номер импульса

6. Сразу после 1-го импульса $[I]_0 = 10^{16}$. Из кинетического уравнения $1/[I] - 1/10^{16} = 2,7,72 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-5} = 1,54 \cdot 10^{-16}$ получаем, что перед вторым импульсом (через $10 \text{ мкс} = 10^{-5} \text{ с}$ после 1-го) $[I] = 0,39 \cdot 10^{16} \text{ (ат/см}^3\text{)}$. Сразу после 2-го импульса $[I]_0 = 1,39 \cdot 10^{16}$; из уравнения $1/[I] - 1/1,39 \cdot 10^{16} = 1,54 \cdot 10^{-16}$ получаем, что перед 3-м импульсом (через 10 мкс после 2-го) $[I] = 0,44 \cdot 10^{16} \text{ (ат/см}^3\text{)}$, т.е. уже после 3-го импульса система почти находится в стационарном режиме.