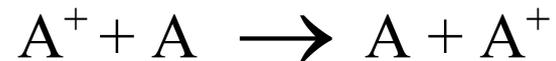


1. Перезарядка. Многоступенчатая ионизация

Резонансная перезарядка



Критическое расстояние между атомом и ионом при перезарядке

$$b_0 = \frac{e^2}{\pi \varepsilon_0 e U_i}$$

Эффективное сечение атома для перезарядки

$$q_{\text{эф}} = \frac{1}{2} \pi b_0^2 = \frac{1}{2} \frac{e^2}{\pi \varepsilon_0^2 U_i^2}$$

Полное эффективное сечение для перезарядки при столкновениях атомов и ионов в условиях интенсивной перезарядки

$$\overline{Q}_{\text{пер}} = \frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 U_i^2} n$$

Средняя длина свободного пробега в условиях интенсивной перезарядки

$$\langle l_{\text{пер}} \rangle = \frac{1}{\overline{Q}_{\text{пер}}}$$

$$T_e \gg T_a \approx T_i$$

$$\frac{T_e - T_a}{T_e} \ll 1$$

$$T_e = \frac{m\bar{v}^2}{3k}$$

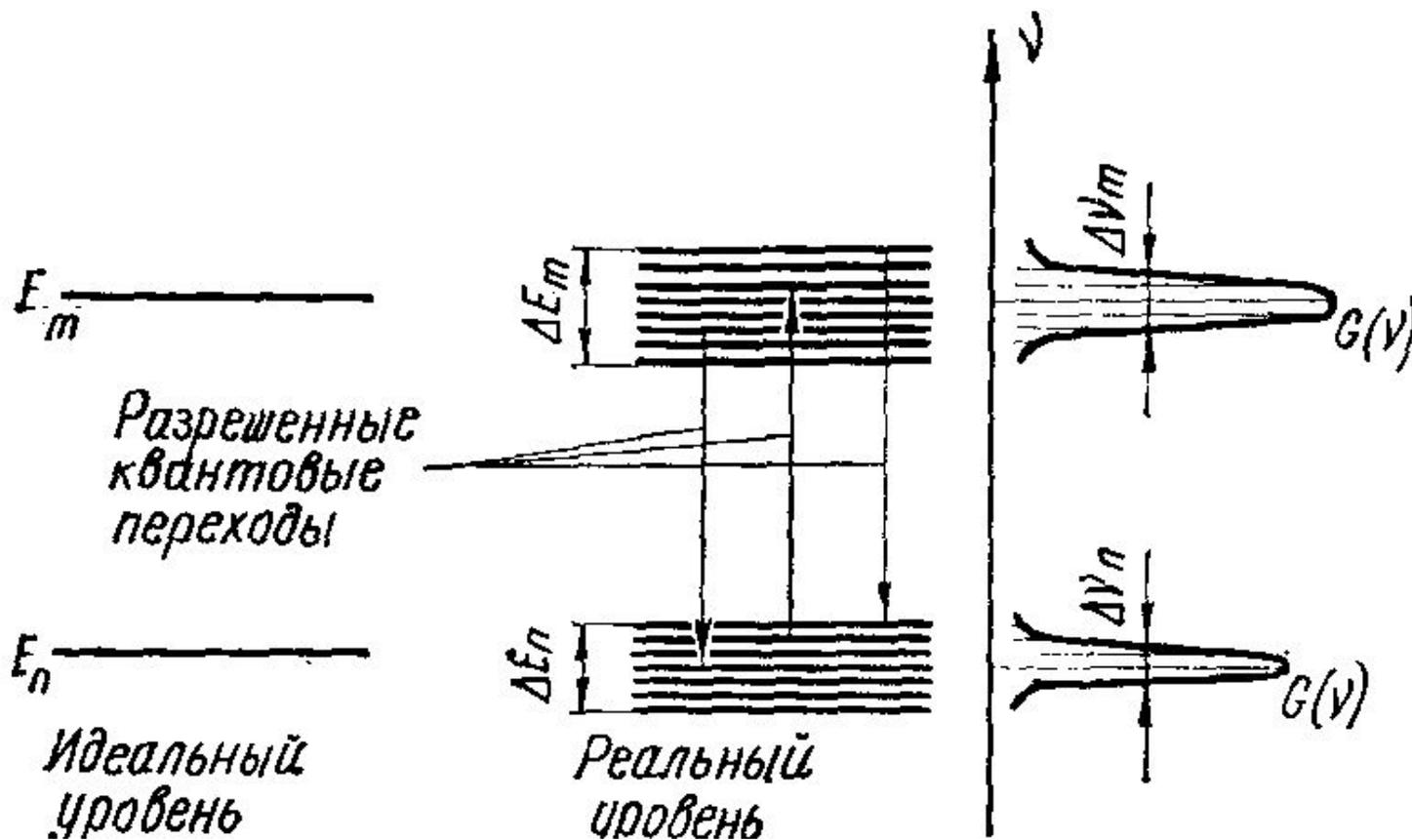
$$T_a = T_i = \frac{M\bar{v}^2}{3k} = \frac{M_i\bar{v}_i^2}{3k}$$

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

AI \rightarrow AII \rightarrow AIII \rightarrow ...

Механизм уширения линий. Гауссова и Лоренцова форма линий.

$$\nu_{mn} = (E_m - E_n) / h$$



Из соотношения неопределенностей

$$\Delta E_{mn} \sim \hbar / \tau_{mn}$$

$$\hbar = h / (2\pi)$$

$$\tau_{mn} = 1 / A_{mn}$$

$$E = h\nu_{mn}$$

$$\Delta E = h\Delta\nu_{mn}$$

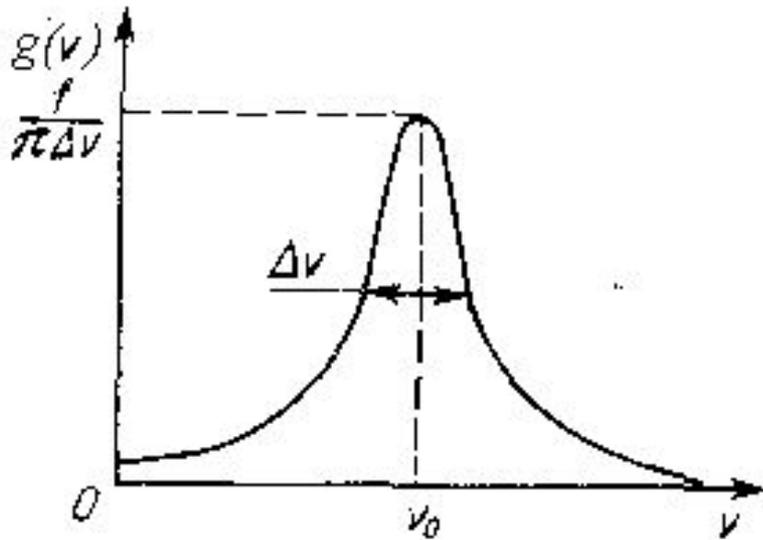
$$\Delta\nu_{mn} = A_{mn} / 2\pi = \Delta\nu_e$$

$$A_{mn} = \frac{1}{\tau_m} + \frac{1}{\tau_n}$$

Лоренцова форма линии

$$g(\nu) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\Delta\nu_e}{(\nu - \nu_0)^2 + \Delta\nu_e^2}$$

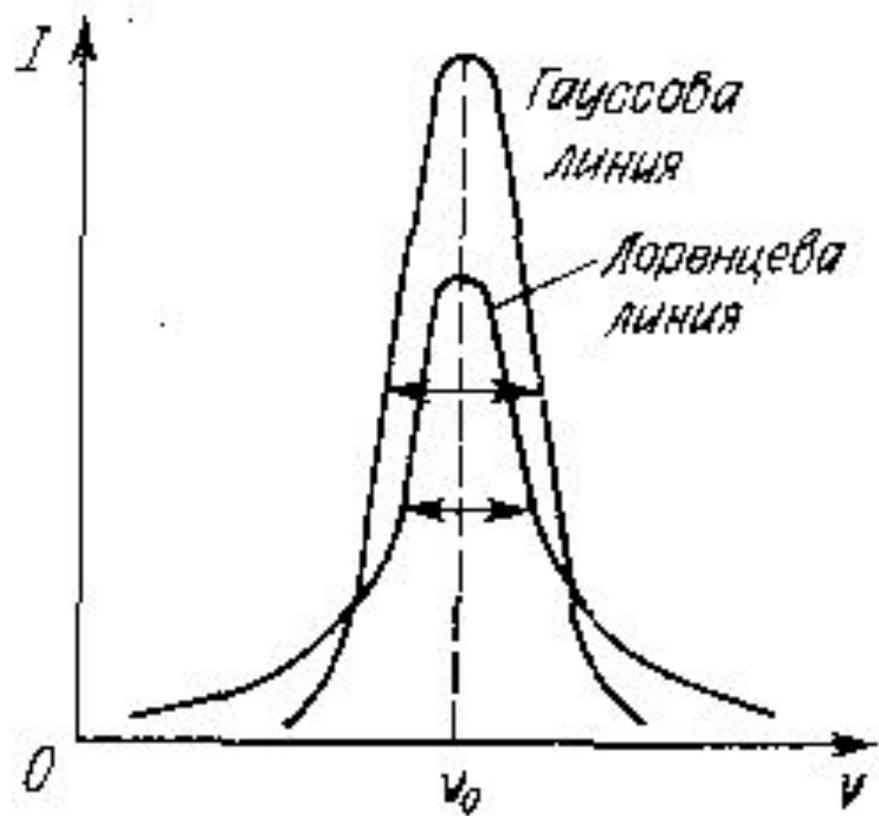
$$\int_{-\infty}^{\infty} g(\nu) d\nu = 1$$



$$v - v_0 = \pm v_0 u / c$$

$$g_D(v) = \sqrt{\frac{\ln 2}{\pi} \cdot \frac{1}{v_D} \exp[-\ln 2 (v - v_0)^2 / \Delta v_D^2]}$$

$$\Delta v_D = 2v_0 \sqrt{\frac{2kT}{mc^2} \ln 2}$$



Уравнение Пуассона $\Delta\varphi = -\frac{1}{\varepsilon_0}\rho_e$

$$\rho_e = e(n_i - n_e)$$

$$n_e = n \exp\left(\frac{e\varphi}{kT_e}\right)$$

$$n_i = n \exp\left(-\frac{e\varphi}{kT_i}\right)$$

$$e^x \approx 1 + x$$

$$e^{-x} \approx 1 - x$$

$$e\varphi \ll kT_e$$

$$e\varphi \ll kT_i$$

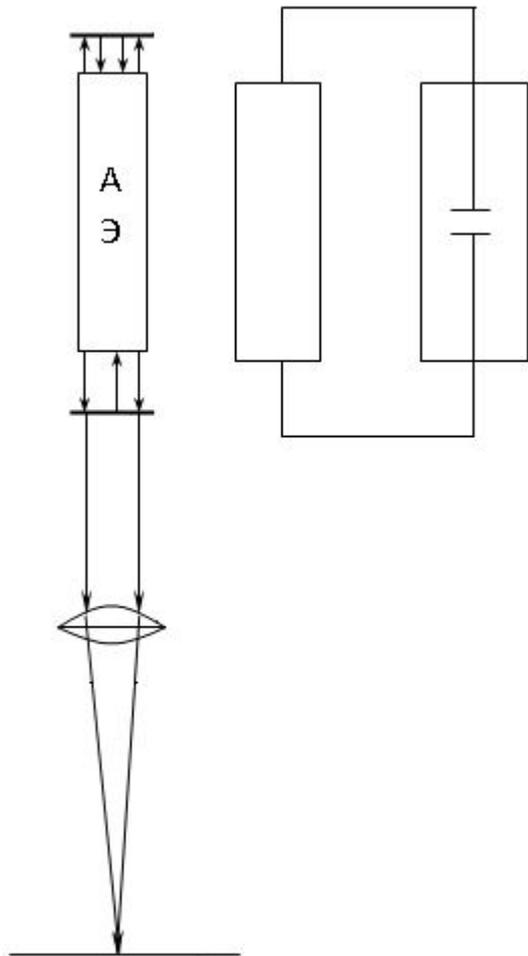
$$n_i - n_e = n\left(1 - \frac{e\varphi}{kT_i}\right) - n\left(1 + \frac{e\varphi}{kT_e}\right) = -\frac{en\varphi}{k}\left(\frac{1}{T_i} + \frac{1}{T_e}\right) = -\frac{en\varphi}{k} \frac{T_e + T_i}{T_i T_e}$$

$$\Delta\varphi = \frac{e^2 n \varphi}{\varepsilon_0 k} \frac{T_e + T_i}{T_i T_e}$$

$$l_D^2 = \frac{\varepsilon_0 k}{ne^2} \frac{T_i T_e}{T_e + T_i} \quad l_D = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 k}{ne^2} \frac{T_i T_e}{T_e + T_i}}$$

$$T_e \gg T_i \rightarrow \frac{T_e T_i}{T_e + T_i} \approx T_i \quad l_D = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 k T_i}{ne^2}}$$

1. На основании взаимодействия лазерного излучения с веществом (стеклотекстолит, гетинакс – фольгированные медью – 0,1 мм) обосновать выбор типа лазера, режим работы, нарисовать и объяснить функциональную схему лазерной технологической установки и произвести расчет требуемой мощности излучения для сверления отверстий диаметром 1 мм, толщина материала – 1 мм.



$$E = E_1 + E_2$$

$$E_1 = Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = cm(T_{\text{пл}} - T_0)$$

$$Q_2 = cm(T_{\text{к}} - T_{\text{пл}})$$

$$Q_3 = \gamma m$$

$$E_1 = cm[(T_{\text{пл}} - T_0) + (T_{\text{к}} - T_{\text{пл}})] + \gamma m$$

Исходные данные (для меди)

$$T_{\text{пл}} = 1356\text{К} \quad T_{\text{к}} = 2840\text{К} \quad T_0 = 300\text{К}$$

$$\rho = 8,92 \cdot 10^3 \text{ кг / м}^3$$

$$\gamma = 5,41 \cdot 10^6 \text{ Дж / кг}$$

$$c = 24,44 \text{ Дж / мольК}$$

$$h = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$r = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$m = \rho V$$

$$V = \pi r^2 h = 7,85 \cdot 10^{-11} (\text{м}^3)$$

$$m = 7 \cdot 10^{-7} (\text{кг})$$

$$E_1 = 3,79 (\text{Дж})$$

$$E_2 = 8,3 (\text{Дж})$$

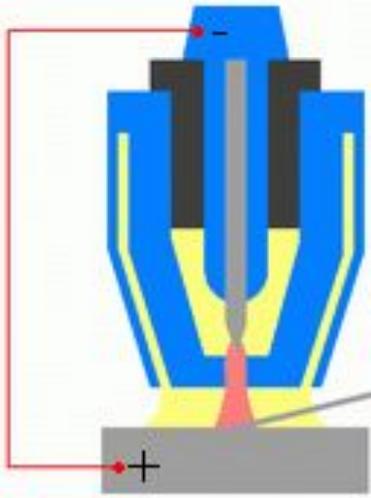
$$E = 12,09 (\text{Дж})$$

$$E = 3 \text{ Дж}$$

$$\tau = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$$

$$P = \frac{E}{\tau} = 15 (\text{кВт})$$

2. Описать схему установки и технологический процесс плазменной наплавки при использовании присадочного металла в виде проволоки. Определить погонную энергию наплавки и ширину зоны наплавки в среде рабочего газа аргона при силе тока дуги наплавочного плазмотрона 150 А, скорости наплавки 10 м/ч и дистанции 10 мм.



Исходные данные

$$G = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг / с}$$

$$\eta = 0,7$$

$$T_{\text{н}} = 300\text{К}$$

$$T_{\text{к}} = 5000\text{К}$$

$$i_{\text{н}} = 0,62 \cdot 10^5 \text{ Дж / кг}$$

$$i_{\text{к}} = 1,038 \cdot 10^7 \text{ Дж / кг}$$

$$d_{\text{кр}} = 0,002(\text{м})$$

$$d_{\text{с}} = 0,0023(\text{м})$$

$$b = 0,0046(\text{м})$$

$$J = \frac{IU_{\text{д}}}{\upsilon}$$

$$\upsilon = 10\text{м / ч} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м / с}$$

$$I = 150\text{А}$$

$$IU_{\text{д}}\eta = G(i_{\text{н}} - i_{\text{к}})$$

$$U_{\text{д}} = \frac{G(i_{\text{н}} - i_{\text{к}})}{I\eta} = 29,5(\text{В})$$

$$J = 1,58 \cdot 10^6 (\text{Дж / м})$$

$$b = 2d_{\text{с}}$$

$$d_{\text{с}} = 1,17d_{\text{кр}}$$

$$d_{\text{кр}} = 2 \sqrt{\frac{G}{\pi\rho_{\text{кр}} a_{\text{кр}}}}$$

$$\rho_{\text{кр}} = 0,093\text{кг / м}^3 \quad a_{\text{кр}} = 1020\text{м / с}$$