

Komora volumena 500 dm³ ispunjena je vodikom H₂ pod tlakom od

200 Pa na temperaturi od 20°C. Molarna masa atoma vodika je

$M = 1 \text{ g/mol}$. Izračunajte:

a) masu plina u komori

$$\text{vodik} = M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$t = 20 + 273 = 293 \text{ K}, V = 0.5 \text{ m}^3$$

N = broj čestica

$$pV \Rightarrow Nk_B T \Rightarrow nRT = mRT/M$$

$$pVM/RT = m, \text{ kg}$$

b) broj molekula vodika u komori

$$n = m/M = N/N_A$$

$$N = mN_A/M, \text{ nema mj. jed.}$$

Ako je $n = 10^{18} \text{ m}^{-3}$, $k_B T_e = 0.517 \text{ eV} \cdot e = x \text{ J}$

izračunajte:

a) plazmenu frekvenciju

$$\omega_{pe} = \sqrt{(n e^2 / (m_e \epsilon_0))}$$

b) Debyeovu duljinu

$$\lambda_{D_e} = \sqrt{(\epsilon_0 k_B T_e / (n e^2))} = x \text{ m}$$

c) broj čestica koje se nalaze u Debyeovom oblaku

$$N_D = (4\pi \lambda_{D_e}^3 n) / 3$$

$N \sim$ broj, zakruži na nize

Izračunajte sudarnu frekvenciju za sudare elektrona i iona u

plazmi u o -pinchu ako su elektronska i ionska termalna

energija jednake vrijednosti i iznose 800 eV, a gustoća

10^{23} m^{-3} . Nađite Spitzerovu električnu vodljivost za tu

plazmu na danoj temperaturi.

$$\lambda_{D_e} = \sqrt{(\epsilon_0 k_B T_e / (n_0 e^2))} \text{ m}$$

$$N_D = (4\pi \lambda_{D_e}^3 n_0) / 3$$

$$v_{ei} = (n_0 e^4 \ln(12\pi N_D)) / (32 \sqrt{\pi} n_0)$$

$$\epsilon_0^2 (2k_B T_e)^{3/2} s^{-1}$$

$$\sigma = (16\pi e^2 m_e \epsilon_0^2 (k_B T_e)^{3/2} / \sqrt{m_e}) e^2 S$$

Izračunajte srednji slobodni put za elektrone u poluvodičkoj

procesnoj plazmi gustoće $n_0 = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ kojoj su jednake

elektronska i ionska termalna energija ($k_B T = 5 \text{ keV}$), ako su

zadane sudarne frekvencije $v_{ei} = 2.8 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$,

$$v_{ee} = 1.4 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$$

Naputak: Termalnu brzinu računati za 1 stupanj slobode

$$n_0 = 10^{12} \text{ cm}^{-3} = 1 \cdot 10^{12} (1/1000000) = 1 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-3}$$

$$k_B T = 5 \text{ keV} = 8 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$(k_B T) / 2 = (m_e v_t^2) / 2, \lambda_{D_e} = v_t / v, v_t = \sqrt{k_B T / m_e}$$

$$\lambda_{D_e} = v_t / (v_{ee} + v_{ei}) = m$$

Ako je Larmorov polumjer za elektrone u plazmi u magnetskoj

fuziji $7 \cdot 10^{-5} \text{ m}$, a magnetsko polje jakosti 5 T, nađite:

a) brzinu gibanja elektrona i

b) njegovu ciklotronsku frekvenciju.

$$r_L = 7 \cdot 10^{-5} \text{ m}, (mv^2) / r = qvB, q=e, r=r_L, m=m_e$$

$$v = (eB r_L) / m_e \text{ m/s}, \omega = qB / m \text{ s}^{-1}$$

Plazmena frekvencija je frekvencija pri kojoj elektroni u plazmi titraju zbog elektrostatskih sila koje djeluju među njima. Elektronska plazmena frekvencija dana je izrazom $\omega_{pe} = ((n e^2) / (m_e \epsilon_0))^{1/2}$, gdje su n dani naboj, gustoća broja i masa te vrste čestica s .

Sahina jednačina

$$n_i / n_n \sim 2.4 \cdot 10^{21} T^{3/2} / n_i \cdot \exp(-U_i / k_B T)$$

• n_i - gustoća broja ioniziranih atoma (kod vodikove plazme jednaka je

gustoći broja elektrona n_e), n_n - gustoća broja neutralnih atoma,

• U_i - energija ionizacije, T - temperatura plina.

Eksponencijalni član predstavlja doprinos

sudarne ionizacije

Član $1/n_i$ je rekombinacijski utjecaj koji

uravnotežuje proces ionizacije

neelastični sudar dvaju atoma:

$$A^+ + e^- + A \Rightarrow A + A$$

neelastični sudar atoma i slobodnog elektrona

$$A^+ + e^- + e^- \Rightarrow A + e^-$$

Apsorpcija fotona (ionizacija \rightarrow fotonizacija)

$$A^+ + e^- \Rightarrow A + h\nu$$

Pomoću Saha-ine jednačine

Pokažite da običan zrak pri normalnom tlaku na sobnoj temperaturi

(300 K) nije u stanju plazme. Za dušik vrijedi da

je U_i = energija

ionizacije = 14,5 eV.

$$n_i / n_n \sim 2.4 \cdot 10^{21} \cdot (T^{3/2} / n_i) e^{(-U_i / k_B T)}$$

$T = 300 \text{ K}$, omjer ioniziranih i neutralnih čestica

$$300 \text{ K} : 11600 \text{ K} = x : 1 \text{ eV}, x = 0.0259 \text{ eV}$$

$$n_i / n_n \sim 2.4 \cdot 10^{21} \cdot 300^{3/2} / n_i \cdot$$

$$e^{(-14.5 \text{ eV} / 0.0259 \text{ eV}), e^{-560} = (e^{-56})^{10}$$

$$n_i / n_n \sim 10^{-122}$$