كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء البلازما

المحاضرة : الرابعة/نظري/ كتابة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

مثال: احسب القياس الفضائي المكاني والزماني (طول ديباي وتردد البلازما) الذي يمكن عنده اعتبار الجسيمات المشحونة منفصلة (وسط غير بلازمي) في غاز متأين درجة حرارة الالكترونات فيه $T_e = 3 \times 10^4 k^\circ$ وكثافة الجسيمات $n_e = 10^{13} cm^{-3}$ علماً أن:

$e^2 = 14,4 \times 10^{-10} eV.m$ ، $k = 8,617 \times 10^{-5} \frac{eV}{k^\circ}$

$\varepsilon_o = 8,85 \times 10^{-12} \frac{F}{m}$ ، $e = 1,6 \times 10^{-19} c$ ، $k = 1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{k}$

$1F = kg^{-1} . m^{-2} s^4 A^2$

الحل:

نحسب القياس الفضائي المكاني (طول ديباي) وذلك بالجملة SI

حيث أن:

طريقة أ

$$L = \lambda_D = \left(\frac{\varepsilon_o . k . T_e}{e^2 n_e} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\lambda_D = \left(\frac{8,85 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \times 1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{k} \times 3 \times 10^4 k}{(1,6 \times 10^{-19} c)^2 \times 10^{19} m^{-3}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

سنعمل بطريقتين:

$$\lambda_D = \left(\frac{8,85 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \times 1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{k} \times T_e\, k}{(1,6 \times 10^{-19} C)^2 \times n_e (m^{-3})} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{12,213 \times 10^{-35} \frac{kg^{-1} m^{-2} s^4 A^2}{m} \frac{kg \frac{m}{s^2} m}{k} T_e(k)}{2,56 \times 10^{-38} C^2 \times n_e (m^{-3})} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(4,77 \times 10^3 \frac{\frac{s^2 A^2}{m}}{A^2 s^2 m^{-3}} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{T_e}{n_e} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(4,77 \times 10^3\, m^2 \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{T_e}{n_e} \right)^{\frac{1}{2}} \simeq 69 \left(\frac{T_e}{n_e} \right)^{\frac{1}{2}} m$$

T_e تقاس بالكلفن و n_e على المتر المكعب

$$\Rightarrow \lambda_D = 69 \left(\frac{3 \times 10^4}{10^{19}} \right)^{\frac{1}{2}} m$$

$$= 69 \left(3 \times 10^{-15} \right)^{\frac{1}{2}} m = 69 \left(30 \times 10^{-16} \right)^{\frac{1}{2}} m$$

$$= 377,93 \times 10^{-8}\, m$$

ويمكن إيجاد طول دباي بالجملة السفلية باستخدام العلاقة الآتية:

$$\lambda_D = \left(\frac{k\, T_e}{4\pi e^2 n_e} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{8,617 \times 10^{-5} \left(\frac{eV}{k} \right) \times 3 \times 10^4\ k}{4\pi \times 14,4 \times 10^{-10} eV.m. 10^{19} m^{-3}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$= (0,143 \times 10^{-5+4+10-19})^{\frac{1}{2}}\ m = (0,143 \times 10^{-10})^{\frac{1}{2}}\ m$

$= 0,378 \times 10^{-5}\ m = 37,8 \times 10^{-7}\ m$

نحسب ثانياً تردد البلازما ω_p بالجملة SI من العلاقة:

$$\omega_p = \left(\frac{n e^2}{\varepsilon_0 m_e}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{10^{19}(m^{-3}) \times (1,6 \times 10^{-19} C)^2}{8,85 \times 10^{-12}\left(\frac{F}{m}\right) \times 9,1 \times 10^{-31}\ kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{2,56 \times 10^{-19}\ (m^{-3} A^2 s^2)}{80,535 \times 10^{-43}\ \frac{kg^{-1} m^{-2} s^4 A^2}{m}\ kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{2,56}{80,535} \times 10^{24}\ \frac{1}{s^2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,178 \times 10^{12}\ \frac{1}{s}$$

يمكن حساب القياس الزماني τ من قسمة المسافة الفضائية λ_D على السرعة الحرارية المتوسطة v_{Th} للإلكترونات أي أن:

$$\tau = \frac{\lambda_D}{v_{Th}} = \frac{\lambda_D}{\omega_p \cdot \lambda_D} = \frac{1}{\omega_p}$$

$$= \left(\frac{\varepsilon_0 m_e}{e^2 n_e}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,178 \times 10^{12}\ \frac{1}{s}} = \frac{10^{-12}\ s}{0,178} = 5,6 \times 10^{-12}\ s$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مثال: أ: احسب طول ديباي في البلازما غير متساوية درجة الحرارة وفي بلازما متساوية درجة الحرارة علما أن كثافة الجسيمات $n_e = 10^{10}\ cm^{-3}$ ودرجة حرارة الأيونات $T_i = 3\times10^2\ k^\circ$

ب: بفرض أن البلازما متساوية درجة الحرارة ما هو عدد الجسيمات المتفاعلة التي يمكن حصرها في كرة ديباي

الحل: أ-

نعلم أنه في البلازما غير متساوية درجة الحرارة يكون $T_e \gg T_i$ وكثافة كلاً من الالكترونات والأيونات بيساوي

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

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

... (1)

حيث

$$n = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{\frac{1}{2}mv^2}{kT}}\, dv$$

وبالتالي فإن

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

$$= n\left[\left(1-\frac{e\phi}{kT_i}\right) - \left(1+\frac{e\phi}{kT_e}\right)\right]$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$= -\frac{ne\phi}{k}\left(\frac{1}{T_i}+\frac{1}{T_e}\right) = -\frac{ne\phi}{k}\left(\frac{T_e+T_i}{T_i T_e}\right) \quad \ldots(2)$$

وبالتالي فإن:

$$T = \frac{T_i T_e}{T_e + T_i}$$

وأن نصف قطر ديباي يساوي إلى:

$$\lambda_D = \left(\frac{k}{4\pi e^2 n}\,\frac{T_i T_e}{T_i + T_e}\right)^{\frac{1}{2}}$$

بما أن $T_e \gg T_i$ فإن:

$$\lambda_D \approx \left(\frac{k T_i}{4\pi e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 69\left(\frac{T_i}{n}\right)^{\frac{1}{2}} = 69\left(\frac{3\times 10^2}{10^{16}}\right)^{\frac{1}{2}} = 69\,(3\times 10^{-14})^{\frac{1}{2}}$$

$$= 119{,}5 \times 10^{-7}\ m$$

وتكون طول ديباي بالنسبة للبلازما متساوية درجة الحرارة ($T_e = T_i$) مساوية إلى:

$$\lambda_D = \left(\frac{kT}{8\pi e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{119{,}5\times 10^{-7}\ m}{\sqrt{2}}$$

$$= 84{,}5\times 10^{-7}\ m$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\lambda_D = \left(\frac{kT^2}{4\pi e^2 n \times 2T}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{kT}{4\pi e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= \left(\frac{8,617 \times 10^{-5} \times 3 \times 10^2 \ \frac{eV}{k} \ k}{4\pi \times 14,4 \times 10^{-10} \times 10^{16} \times 2\, eV.m.\, m^{-3}}\right)^{\frac{1}{2}} = 84,5 \times 10^{-7} m$$

ب: عدد جسيمات بكرة ديباي وأوجد إلى:

$$N = \frac{4}{3}\pi \lambda_D^3 n$$

$$= \frac{4}{3}\pi (84,5 \times 10^{-7} m)^3 \times 10^{16} \ \frac{\text{جسيم}}{m^3}$$

≈ 25 جسيم

مثال: احسب تردد بلازما وطول ديباي للحالات التالية:

أ: بلازما طبقة الأيونوسفير للأرض حيث أن (علماً أن) تركيز الإلكترونات $n_e = 10^6 \ cm^{-3}$ ودرجة حرارتها $kT_e = 0,2 eV$

ب: خلية شمسية بلازما بتركيز إلكتروني $n_e = 10^{13} \ cm^{-3}$ ودرجة حرارة $kT_e = 1 eV$

إذا علمت أبعاد الخلية حوالي $100 \mu m$

هل شرط أن يكون بعد النظام أكبر بكثير من طول ديباي وهل هذا الشرط محقق؟

ت: قوس كهربائي بتركيز إلكتروني $n_e = 1,6 \times 10^{17} \ cm^{-3}$ ودرجة حرارة الإلكترونات $1,3 eV$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الحل: أ: يمكن حساب تردد البلازما من العلاقة (في الجملة الدولية) بالصيغة:

$$\omega_{Pe} = \left(\frac{n e^2}{\varepsilon_0 m_e}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{10^{12}\, m^{-3} \times (1,6 \times 10^{-19}\, C)^2}{8,85 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \times 9,1 \times 10^{-31}\, kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(0,032 \times 10^{+12-38+43} \frac{A^2 s^2 m^{-3}}{\frac{kg^{-1} m^{-2} s^4 A^2 . kg}{m}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 5,66 \times 10^7 \frac{1}{s} \quad ; C = A.s$$

ويمكن حساب ω_{Pe} بالجملة الغوسية:

$$\omega_{Pe} = \left(\frac{4\pi e^2 n}{m_e}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{4\pi \times 10^{12}\, m^{-3} \times (14,4 \times 10^{-10}\, eV.m)}{9,1 \times 10^{-31}\, kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(19,89 \times 10^{33} \frac{eV.m^{-2}}{kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(19,89 \times 10^{33} \times 1,6 \times 10^{-19} \frac{J m^{-2}}{kg}\right)^{\frac{1}{2}} \quad ; J = N.m$$

$$= 5,64 \times 10^7 \left(\frac{N.m\, m^{-2}}{kg}\right)^{\frac{1}{2}} = 5,64 \times 10^7 \left(\frac{kg \frac{m}{s^2} m\, m^{-2}}{kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$= 5,64 \times 10^{7} \ \frac{1}{s}$

طول ديباي:

$$\lambda_D = \left(\frac{k T_e}{4\pi e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}} = 3,33 \times 10^{-3} \ m$$ (بالسنتي)

$$\omega_{pe} = \left(\frac{n e^2}{\varepsilon_0 m_e}\right)^{\frac{1}{2}} = 17,9 \times 10^{10} \ \frac{1}{s}$$

طول ديباي:

$$\lambda_D = \left(\frac{k T}{4\pi e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1 eV}{4\pi (14,4) \times 10^{-10} \ eV.m \times 10^{19} \ m^{-3}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$= 2,35 \times 10^{-6} \ m$

نفهم يجب أن يكون $\lambda_D \ll L$ حتى يكون الوسط بلازمي (وسط مقتدل الشحنة) وبما أن

$$L = 100 \ \mu m = 100 \times 10^{-6} \ m \Rightarrow L \gg \lambda_D$$

أي الشرط محقق.

انتهت المحاضرة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z