كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء البلازما

المحاضرة : الثالثة/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

يمكن كتابة طول ديباي $\lambda_D = \left(\frac{k T_e}{4\pi e^2 n_e}\right)^{\frac{1}{2}}$ بشكل مختصر على النحو الآتي:

علماً أن تقدر T_e بالكلفن و n_e بـ m^{-3} و: $\lambda_D = 69 \left(\frac{T_e}{n_e}\right)^{\frac{1}{2}}$

أو تقدر kT_e بـ eV و n_e بـ m^{-3} و: $\lambda_D = 7430 \left(\frac{kT_e}{n_e}\right)^{\frac{1}{2}}$

أو تقدر kT_e بـ eV و n_e بـ cm^{-3} و: $\lambda_D = 740 \left(\frac{kT_e}{n_e}\right)^{\frac{1}{2}}$

ملاحظات:

1- بزيادة الكثافة تصبح البلازما غنية بالالكترونات وبالتالي تستطيع التغلب على المجال الكهربائي بمسافة أقل أي ينقص طول ديباي (علل بزيادة الكثافة البلازما ينقص طول ديباي؟)

2- لحساب طول ديباي نستخدم درجة حرارة الالكترونات وليس درجة حرارة الأيونات لأن الإلكترونات كتلة أقل بكثير من كتلة الأيونات وبالتالي لها القدرة على الحركة أكثر من الأيونات لذلك يحسب طول ديباي على أساس الالكترونات وليس على أساس الأيونات

3- تعريف كرة ديباي:

هي الكرة التي نصف قطرها يساوي طول ديباي أو نصف قطر ديباي ويعطى حجمها بالصيغة التالية

$\frac{4}{3}\pi \left(\frac{k T_e}{4\pi e^2 n_e}\right)^{\frac{3}{2}}$ وواحدتها m^3

4. عدد ديباي:

هو عدد الجسيمات الموجودة بكرة ديباي ويرمز لها بالرمز N_D

$$N_D = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{k T_e}{4\pi e^2 n_e} \right)^{\frac{3}{2}} n_e$$ الواحدة: جسيم

يمكن أن نكتب عدد الجسيمات في كرة ديباي بصياغة أكثر اختصاراً بالشكل الآتي:

$$N_D = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{k T_e}{4\pi e^2 n_e} \right)^{\frac{3}{2}} n_e$$

$$= \frac{4}{3}(3,14) \left(\frac{8,62 \times 10^{-5} \left(\frac{eV}{k^\circ}\right) T_e (k^\circ)}{4(3,14) \times 14,4 \times 10^{-10} (eV \times m) \times n_e (m^{-3})} \right)^{\frac{3}{2}} \times n_e (m^{-3})$$

$$= \frac{4}{3}(3,14) \left(\frac{8,62 \times 10^{5}\ T_e \times n_e^{-1} (m^2)}{4 \times 3,14 \times 14,4} \right)^{\frac{3}{2}} n_e (m^{-3})$$

$$= \frac{4}{3}(3,14) \left(\frac{86,2 \times 10^{4}}{180,95} \right)^{\frac{3}{2}} T_e^{\frac{3}{2}} \times n_e^{-\frac{3}{2}} (m^3) \times n_e (m^{-3})$$

$$= \frac{4}{3}(3,14) \left(\frac{86,2}{180,95} \right)^{\frac{3}{2}} 10^{6}\ T_e^{\frac{3}{2}}\ n_e^{-\frac{1}{2}}$$

$$= 1,38 \times 10^{6} \frac{T_e^{\frac{3}{2}}}{n_e^{\frac{1}{2}}}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

بشرط أن تقدر T بالكلفن و n في m^{-3}

$$\Rightarrow N_D = 1,38 \times 10^{6} \frac{T_e^{\frac{3}{2}}}{n_e^{\frac{1}{2}}}$$

إثبات أن شحنة الالكترون التربيع في الجملة الفيزيائية (CGS) تساوي إلى

$$e^2 = 14,4 \times 10^{-10}\ eV.m$$

نعلم أن شحنة الالكترون في الجملة SI هي $e = 1,6 \times 10^{-19}\ c$ لكن

في الجملة الفيزيائية $1c = 3 \times 10^{9}\ statcoul$

وأن $1statcoul = cm\sqrt{dyn}$

حيث dyn هي وحدة قياس القوة بالجملة CGS وبالتالي فإن

$$1c = 3 \times 10^{9}\ cm\sqrt{dyn}$$

$$\Rightarrow e = 1,6 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^{9}\ cm\sqrt{dyn}$$

$$= 4,8 \times 10^{-10}\ cm\sqrt{dyn}$$

$$\Rightarrow e^2 = (4,8 \times 10^{-10}\ cm\sqrt{dyn})^2 = 23,04 \times 10^{-20}\ cm^2\ dyn$$

$erg = cm.dyn$

$$= 23,04 \times 10^{-20}\ erg.cm = 23,04 \times 10^{-20} \times 10^{-7}\ J \times 10^{-2}\ m$$

$$e^2 = 23,04 \times 10^{-29}\ J.m$$

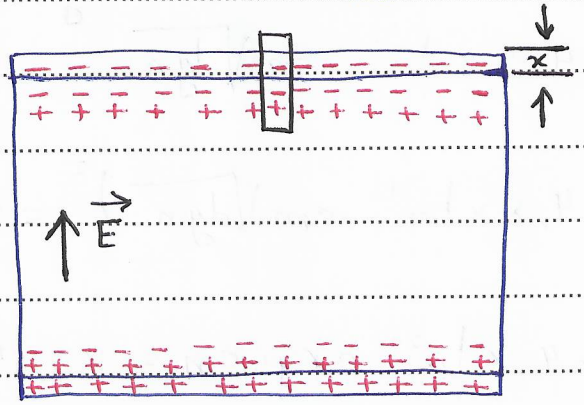
$$\Rightarrow e^2 = \frac{23,04 \times 10^{-29}\ J.eV.m}{1,6 \times 10^{-19}\ J} = 14,4 \times 10^{-10}\ eV.m$$

plasma Frequncey — تردد البلازما:

عندما تضطرب البلازما لحظياً عن حالة التوازن تقوم مجالات الشحنة الفراغية الداخلية الناتجة عن زيادة الحركة الجماعية للجسيمات إلى إرجاع حالة التعادل الأصلية للشحنات وتتميز هذه الحركات الجماعية بتردد طبيعي للاهتزاز يعرف بالتردد البلازمي.

بفرض أن البلازما كانت منتظمة بوضع السكون وبفرض أنه انفصالاً حصل للشحنة نتيجة بعض التأثيرات الخارجية لحظياً يقوم المجال الكهربائي الناتج عن انفصال الشحنة إلى إعادة هذه الشحنات إلى حالة التعادل ويترافق ذلك بتحول قسم لطاقة الحركة إلى طاقة كامنة والعكس بالعكس.

لدراسة التواتر البلازمي ننطلق من دراسة حركة جسيم مشحون يخضع للمجال الكهربائي ويقطع مسافة قدرها x وله كتلة M وشحنة e- ويوضح الشكل المرسوم جانباً المجال الكهربائي (الحقل الكهربائي) في مستوي عامودي على المحور x (كما في حالة المستوي أو المكثف المشحون)



نطبق قانون غاوس على سطح أسطوانة مغلقة مرسوم كما بالشكل:

$$\oint \vec{E}\,\vec{ds} = \frac{Q}{\varepsilon_0} = \left(\frac{e\,n_e\,S}{\varepsilon_0}\right)x \quad \ldots (1)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

حيث : Q : الشحنة الكلية داخل الأسطوانة = حجم الأسطوانة $(S.x)$ × شحنة الإلكترون × الكثافة

حيث S : مساحة قاعدة الأسطوانة ، وبما أن المجال الكهربائي ثابت على الأسطوانة فإن :

$$(1) \Rightarrow E\int ds = \frac{e\,n_e\,S}{\varepsilon_0}\,x \quad \Rightarrow E = \frac{e\,n_e\,x}{\varepsilon_0} \quad \ldots(2)$$

بتعويض قيمة هذا المجال في معادلة حركة إرجاع الإلكترون $(\vec{F} = e\vec{E})$ ينتج أن

$$\vec{F} = e\vec{E}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{e\,n_e}{\varepsilon_0}\,x \quad \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{e^2\,n_e\,x}{\varepsilon_0\,m} \quad \ldots(3)$$

بالمقارنة مع $F = kx$ ، $F = m\frac{d^2x}{dt^2}$ ، $k = m\omega^2$ ، $\omega^2 x$

معادلة هزاز توافقي يهتز بتردد ω

$$\frac{e^2\,n_e}{\varepsilon_0} = m\omega^2$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{e^2 n_e}{\varepsilon_0 m} \quad \Rightarrow \omega_p = \left(\frac{e^2\,n_e}{\varepsilon_0\,m}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots(4)$$

يمكن حساب تردد البلازما باستخدام العلاقة المختصرة التالية :

$$F_p = \frac{\omega_p}{2\pi} = 9\sqrt{n_e} \quad Hz$$

على أن تقدر n_e بـ m^{-3}

TEL:0931497960 - Facebook Group : A to Z مكتبة

ينتج من هذه العلاقة أن التردد البلازمي يتعلق فقط بكثافة حسيمات البلازما ونظراً لصغر كتلة الإلكترون فالتواتر الخاص بالبلازما يكون كبير جداً يعني في المجال $n_e \sim 10^{18}\ m^{-3}$ من أجل بلازما كثافتها من مرتبة $(\sim 10^9\ H_z)\ GH_z$

ملاحظة:

يتم عملياً استخدام الكمية τ بمثابة القياس الزماني للاعتبار الشحنة منفصلة أي الوسط غير معتدل يعني غير بلازمي

$$\tau = \frac{1}{\omega_p}$$

وتقوم جسيمات البلازما خلال المجال الزمني $t \gg \tau$ باهتزازات كثيرة حول وضع التوازن وأن البلازما خلال المجال الزمني t تبدو جملة شبه معتدلة

يمكن تلخيص ماسبق أنه عند تحقق الشرطين الآتيين $t \gg \tau$ و $L \gg \lambda_D$ حيث (L : قياس البلازما) يمكن اعتبار الوسط المشحون وسطاً بلازمياً

انتهت المحاضرة

ملاحظة: بالمحاضرة الأولى: بالجدول بالصفحة الأولى في قسم البلازما أكثر سخونة

الصفحة الأخيرة بـ درجة حرارة البلازما المعادلة: $P(n_e) = n\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(\frac{-\frac{1}{2}mv^2}{kT}\right)$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z