كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء البلازما

المحاضرة : الثالثة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

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

يمكن استخدام قانون حساب λ_D بالصيغة التالية:

$$\lambda_D = \left(\frac{KT}{4\pi e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{8.62 \times 10^{-5} ev \cdot k^{-1} \times T(K)}{4\pi \times 14.4 \times 10^{-10} ev \cdot m \times n(m^{-3})}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{8.62}{4\pi \times 14.4} \times 10^{-5+10} m^2 \frac{T}{n}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(0.0476 \times 10^{5} m^2 \frac{T}{n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

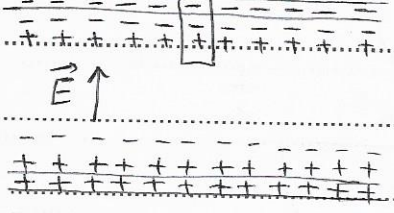
$$\lambda_D = 69 \left(\frac{T}{n}\right)^{\frac{1}{2}} m$$

حيث T بالكلفن (K) و $n = m^3$

* تردد البلازما Plasma Frecquency :

تميز البلازما بقدرة سحابات الشحنة على تحقيق حالة التوازن الكهربي عند وضع الوسط البلازمي لاضطراب محلي على شكل إزاحة في السحابات الموجبة أو السحابات السالبة وترافق ذلك ظهور مجال كهربائي في الاتجاه المعاكس لإعادة التوازن للبلازما وتميز الحركات الجماعية للجسيمات إلى محاولة الإرجاع إلى الوضع الأصلي للتوازن وتميز هذه الحركات الجماعية بتردد طبيعي للاهتزاز يعرف بالتردد البلازمي

لإيجاد التواتر البلازمي نطلق من دراسة مركز ثقل مسحون بشحنة كهربائية $-e$ وكتلة m_e ويتزايل مسافة مقدارها x وله سحابة $+e$



يوضح الشكل المرسوم جانباً انزياح الكترون في مستوى عمودي على x

نطبق قانون غاوس على سطح اسطواني مغلق كما هو مرسوم في الشكل السابق:

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow \int_v \vec{\nabla}\cdot\vec{E}\, dv = \frac{1}{\varepsilon_0}\int \rho\, dv$$

بتطبيق نظرية غاوس

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{s} = \frac{Q}{\varepsilon_0} = \frac{-nes}{\varepsilon_0}\, x \quad \cdots (1)$$

حيث S مساحة قاعدة الاسطوانة:

$$\vec{E}\oint d\vec{s} = \frac{-nes}{\varepsilon_0}\, x$$

$$\Rightarrow E\cdot S = \frac{-nes}{\varepsilon_0}\, x \Rightarrow E = \frac{-ne}{\varepsilon_0}\, x \quad \cdots (2)$$

لتعويض قيمة هذا المجال الكهربائي في معادلة حركة إلكترون ($\vec{F} = -e\cdot\vec{E}$)

$$F = -eE$$

فينتج أن:

$$m\frac{d^2}{dx^2} = \frac{ne^2}{\varepsilon_0}\, x \Rightarrow \boxed{\frac{d^2}{dx^2} = \frac{ne^2}{\varepsilon_0 m}\, x} \quad \cdots (3)$$

وهي معادلة هارمونية توافقي حيث تردد:

وهو التردد البلازمي $\quad \boxed{W_{pe} = \left(\frac{ne^2}{\varepsilon_0 m_e}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad \cdots (4)$

يمكن حساب التردد البلازمي بالمجلة الدولية بالشكل التالي:

في المجلة SI $\quad W_{pe} = \left(\frac{ne^2}{\varepsilon m_e}\right)^{\frac{1}{2}}$

$$= \left(\frac{(1.6\times10^{-19})^2\ n(m^{-3})}{8.85\times10^{-12}\,\frac{F}{m}\times 9.1\times10^{-31}\ kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{2.56}{8.85\times10^{10}\times9.1}\times10^{-38+12+31}\ \frac{c^2\cdot n\cdot(m^{-3})}{\frac{F}{m}\cdot kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$= \left(0.0317 \times 10^5 \frac{nC^2 m^{-3}}{kg^{-1} \cdot m^{-2} s^4 A^2 \frac{kg}{m}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 56.4 \left(\frac{n \cdot A^2 \cdot s^2 \cdot m^{-3}}{kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^{+4} \cdot A^2 \frac{kg}{m}}\right)^{\frac{1}{2}} = 56.4\sqrt{n}\ \frac{1}{s} \quad \dots (5)$$

لأن: $1F = kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^{-4} \cdot A^2$

علماً أن $C = A \cdot s$

نتج من هذه العلاقة: أن التردد البلازمي يعتمد على كثافة جسيمات البلازما

ونظراً لصغر كتلة الإلكترون فإن التواترات الخاصة بالبلازما تكون أعلى من مرتبة GHz

من أجل كثافة من مرتبة $10^{18}\ m^{-3}$ ويمكن استخدام العلاقة التالية لحساب

تردد البلازما

$$F_{pe} = \frac{w_{pe}}{2\pi} = 9\sqrt{n}\ Hz$$

ملاحظة: تقوم جسيمات البلازما خلال المجال الزمني $t \gg \tau$ باهتزازات كرة

حول وضع التوازن وإن البلازما خلال المجال الزمني t تسلك كأنها مائع سائل

معتدلة وبالتالي يمكن أن نستنتج مما سبق أنه عند تحقق الشرطين

$$t \gg \tau \quad (1) \qquad L \gg \lambda_D \quad (2)$$

حيث (L) قياس البلازما و $\tau = \frac{1}{w_{pe}}$

يمكن اعتبار مجال كبيرات المشحونة بلازما أي يمكن عد هذه المجالة وسطاً مادياً له

خواص نوعية مميزة أما في الحالة المغايرة فإننا نحصل على مجالة مؤلفة من

جسيمات مشحونة منفصلة وفي التعامل معها وفقاً لقوانين الإلكترودينامية

في الخلاء

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* تطبيقات وأمثلة:

1- احسب القياس المقداري الكافي والزمني لطول ديباي وتردد البلازما الذي يكون عنده اعتبار الجسيمات المشحونة منفصلة (وسط غير بلازمي) في حال متأين درجة حرارة الإلكترونات فيه $T_e = 3\times10^4\ k$ وكثافة الجسيمات $n_e = 1\times10^{13}\ cm^{-3}$، تعطى الثوابت:

* في الحالة (C.G.S):

$$k = 8.617\times10^{-5}\ ev/k$$

$$e^2 = 14.4\times10^{-10}\ ev.m$$

* في الحالة (S.I): $e = 1.6\times10^{-19}\ c$ ، $k = 1.38\times10^{-23}\ J/k$

$$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{12}\ F/m$$

وأن $1F = kg^{-1}.m^{-2}.S^4.A^2$

أولاً: حساب طول القياس المقداري لديباي (طول ديباي) وذلك في الحالة SI:

$$L = \lambda_D = \left(\frac{\varepsilon_0 kT}{e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{8.85\times10^{-12}\ F/m \times 1.38\times10^{-23}\ J/k \times 3\times10^4\ k}{(1.6\times10^{-19})^2 \times 10^{19}\ m^{-3}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{36.639\times10^{-31}}{2.56\times10^{-19}} \frac{\frac{kg^{-1}.m^{-2}.S^4A^2}{m}}{A^2.S^2.m^{-3}}\ N.m\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(14.312\times10^{-12} \frac{\frac{kg^{-1}m^{-2}S^4A^2}{m}}{A^2.S^2.m^{-3}}\ kg.m.S^{-2}.m\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 3.783\times10^{-6}\ m$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

ملاحظة: يمكن حساب طول ديباي في الحالة CGS:

$$L=\lambda_D=\left(\frac{kT}{4\pi e^2 n}\right)^{\frac{1}{2}}=\left(\frac{8.617\times10^{-5}\,ev\cdot k^{-1}\times3\times10^{4}\,K}{4\pi\times14.4\times10^{-10}\,ev\cdot m\times10^{19}\,m^{-3}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$L=\lambda_D=(0.143\times10^{-5+4+10-19}\,m^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$=(0.143\times10^{-10}\,m^2)^{\frac{1}{2}}=0.3782\times10^{-5}\,m$$

كذلك يمكن حساب ω_{pe}:

أولاً: SI:

$$\omega_{Pe}=\left(\frac{ne^2}{\varepsilon_0 m_e}\right)^{\frac{1}{2}}=\left(\frac{10^{19}\,m^{-3}\times(1.6\times10^{-19}\,c)^2}{8.85\times10^{-12}\,\frac{F}{m}\times9.1\times10^{-31}\,kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$=\left(0.03178\times10^{24}\,\frac{A^2\cdot s^2\cdot m^{-2}}{kg^{-1}\cdot m^{-2}\cdot s^4 A^2\cdot kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$=0.178\times10^{12}\,\frac{1}{s}$$

* عكن حساب القياس الزماني (τ) من مسافة المسافة المقابلة λ_D على السرعة الحرارية المتوسطة v_{th} للإلكترونات أي من العلاقة:

$$\tau=\frac{\lambda_D}{v_{th}}=\frac{\lambda_D}{\omega_p\lambda_D}=\frac{1}{\omega_{pe}}$$

$$\Rightarrow\tau=\frac{1}{0.178\times10^{12}\,\frac{1}{s}}=5.6\times10^{-12}\,s$$

* مسألة وظيفية:

(أ) احسب طول ديباي λ_D في بلازما غير متساوية درجة الحرارة وفي بلازما متساوية درجة الحرارة علماً أن كثافة الجسيمات: $n=10^{10}\,cm^{-3}$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

ودرجة حرارة الأيونات $T_i = 3 \times 10^2 \ K$

ب) نفرض أن البلازما متساوية درجة الحرارة وهو عدد الجسيمات التي عبين ضمنها كرة دباي.

مسألة 2 : احسب كثافة البلازما وطول دباي في الحالات الآتية :

أ) بلازما طبقة الأيونوسفير للأرض مع 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 الحرارة

$kT_e = 1 ev$

إذا علمت أن أبعاد الخلية $100 \ \mu m$ هل يمكن أن يكون بعد النظام البلازمي أكبر بكثير من طول دباي؟ وهل هذا الشرط محقق هنا؟

ج) توسكاتم كهربائي تركيز الكتروني $n_e = 1.6 \times 10^{17} \ cm^{-3}$ ودرجة

حرارة الإلكترونات هي $kT_e = 1.3 ev$

انتهت المحاضرة.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z