كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء البلازما

المحاضرة : الخامسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

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

$v_x = \frac{q}{m}(E_x + B v_y)$ ، $v_y = \frac{q}{m}(E_y - B v_x)$ ، $v_z = \frac{q}{m} E_z$

* حركة الشحنة في اتجاه المحور x :

يمكن إيجاد السرعة v_x من المعادلة الأولى في المعادلة (6) وذلك باستقاطها بالنسبة للزمن وبالاستفادة من المعادلة الثانية في (6)

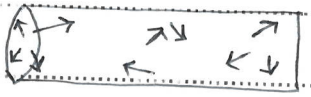
$$\dot{v}_x = \frac{q}{m} B v_y = \frac{qB}{m}\left[\frac{q}{m}(E_y - B v_x)\right] = \frac{q^2 B^2}{m^2}\left(\frac{E_y}{m^2} - v_x\right)$$

$$\Rightarrow \dot{v}_x = \omega_c^2\left(\frac{E_y}{B} - v_x\right) \Rightarrow \dot{v}_x + \omega_c^2 v_x = \omega_c^2 \frac{E_y}{B} \quad (8)$$

حيث أن $\omega_c = \frac{|qB|}{m}$ وهو مقدار ثابت للحالة قيد الدراسة وهو التردد السيكلوتروني للأيونات الموجبة كما أن تعلل التردد الدوراني للإلكترون أكبر من التردد الدوراني للأيون وذلك بسبب كتلة الإلكترون $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$ ، $q_e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

$m_p = 1.67 \times 10^{-27}\ kg$

$$\frac{m_p}{m_e} = \frac{1.67 \times 10^{-27}}{9.1 \times 10^{-31}} = 1800$$



حركة الشحنات بوجود مجال مغناطيسي بدون تأثير مجال مغناطيسي

الحل المعادلة (8) معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية وهي عبارة عن مجموع الحل العام للمعادلة المتجانسة والحل الخاص هو $U\sin(\omega_c t - \varphi)$ حيث U و φ ثوابت يتعين من الشروط الابتدائية للمسألة والحل الخاص هو $\frac{E_y}{B}$

وبالتالي يكون الحل العام للمعادلة (8) هو (9): $v_x = U\sin(\omega_c t - \varphi) \frac{E_y}{B}$

* مركبة السرعة في اتجاه المحور y :

يمكننا إيجاد مركبة السرعة وفق المحور y من المعادلة الأولى في (6) والاستفادة من المعادلة (9) وذلك كما يلي :

$$v_x' = \frac{qB}{m}\left(\frac{E_x}{B} + v_y\right)$$

$$\frac{m}{qB} v_x' = \frac{E_x}{B} + v_y \Rightarrow v_y = \frac{1}{\omega_c} v_x' - \frac{E_x}{B} = \frac{1}{\omega_c} \omega_c U\cos(\omega_c t - \varphi)$$

$$\Rightarrow v_y = U\cos(\omega_c t - \varphi) - \frac{E_x}{B}$$

ملاحظة :

$$v_x = \frac{qE_x}{m} + \frac{qB}{m} v_y \Rightarrow v_x' = -\frac{qE_x}{m} = \frac{qB}{m} v_y$$

$$v_x - \frac{q}{m} E_x = \omega_c v_y \Rightarrow v_y = \frac{v_x'}{\omega_c} - \frac{qE_x}{m\omega_c}$$

$$\Rightarrow v_y = \frac{U\omega_c \cos(\omega_c t - \varphi)}{\omega_c} - \frac{qB}{m\omega_c B} E_x \Rightarrow v_y = U\cos(\omega_c t - \varphi) - \frac{\omega_c E_x}{\omega_c B}$$

نستنتج أن حركة سرعة الجسيم في المستوي (x,y) العمودي على B تتزاوج بين حركة دورانية بتواتر سايكلوتروني ω_c إضافة إلى سرعة انجراف في هذا المستوي والتي تساوي إلى سرعة الانجراف v_D Drefit

$$v_D = \frac{E_y}{B} e_x - \frac{E_x}{B} \vec{e_y} \quad \cdots (11)$$

والتي يمكن كتابتها بصيغة اتجاهية كما يلي

$$\vec{v_D} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2} \quad \cdots (13)$$

نستنتج أن سرعة الانجراف v_D لا تتعلق بكل من كتلة الجسيم ومقدار شحنته ولذلك فإن جميع الجسيمات المشحونة في البلازما تنجرف معاً وأن كثافة التيار الكهربائي الناتج عن هذا الانجراف تساوي إلى

$$\vec{J_y} = \sum_\alpha n_\alpha q_\alpha \vec{v_D} \quad \cdots (13)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group : A to Z مكتبة

تقود هذه النتيجة إلى حقيقة مهمة جداً بالنسبة إلى البلازما المتعادلة كهربائياً وهي أن تيار الإزاحة معدوم، وذلك لأن الكثافة الشحنية التيار الكهربائي تساوي الصفر.

* نصف قطر لارمر larmar radius

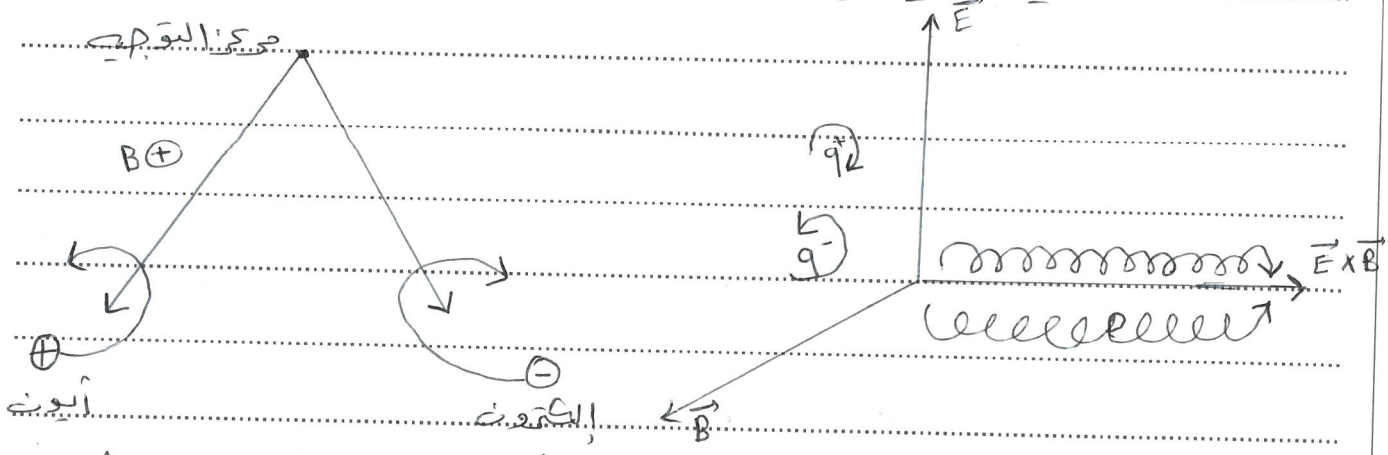
في الحالة التي يكون فيها $\vec{E}=0$ و $\vec{B}$ ثابت ومنتظم، نفرض أن البلازما تخضع لتأثير مجال مغناطيسي ثابت ومنتظم وأن $\vec{E}=0$ يكون في هذه الحالة حركة الجسيمات حسب المعادلتين (9) و (10) حركة دائرية حول خطوط المجال المغناطيسي ويمكن حساب نصف قطر الدوران في معادلة التدرع العمودي (الناظمي) للحركة الدورانية أي أن:

$$F = q(\vec{v}_\perp \times \vec{B})$$

$$\Rightarrow ma_\perp = qv_\perp B \Rightarrow m\frac{v_\perp^2}{r} = qv_\perp B$$

$$\Rightarrow r_L = \frac{mv_\perp}{qB} = \frac{v_\perp}{\omega_c} \quad (14)$$

يلاحظ أن نصف قطر لارمور للأيون أكبر من نصف قطر لارمور للإلكترون بسبب أن كتلة الأيون أكبر من كتلة الإلكترون وكان عدد الدورات في الثانية للأيون أقل من عدد الدورات في الثانية للإلكترون



مسار رسم مسحوب في حال كون مجالي المسارات في يسار الشكل في حالة $\vec{E}=0$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

سؤال: ولّد مجال مغناطيسي على جسم مشحون ساكن، اكسبه تسارع

لدوران الجسم

مثال: يؤثر مجال مغناطيسي مقداره 2Tesla على بلازما يوجد مجال كهربائي

مقداره 100v، ما هي قيمة سرعة الانزياح للجسيمات

$$v_D = \frac{E_B}{B^2} = \frac{E}{B} = \frac{100\ v/cm}{2T}$$

$$= \frac{100\ \frac{V}{10^{-2}m}}{2\ \frac{Weber}{m^2}} = \frac{10^4\ \frac{V}{m}}{2\ \frac{V.sec}{m^2}} = 15 \times 10^3\ \frac{V}{m}\ \frac{m^2}{V.sec}$$

$$= 5 \times 10^3\ m/sec$$

مثال: انطلاقاً من علاقة لورانتس $\vec{F} = q[\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B})]$ استنتج علاقة سرعة

انزياح مركز التدوير Guiding center Drivt

نضرب طرفي العلاقة ضربياً من اليمين بالحقل $\vec{B}$ فنكون:

$$m\vec{v} \times \vec{B} = q[\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B})] \times \vec{B}$$

نقسم على m:

$$\vec{v} \times \vec{B} = \frac{q}{m}\vec{E} \times \vec{B} + \frac{q}{m}(\vec{v} \times \vec{B}) \times \vec{B}$$

$\vec{v} = a \parallel \vec{B}$ لأن $\vec{v} = 0$

$$\Rightarrow 0 = \frac{q}{m}[\vec{E} \times \vec{B} - \vec{B} \times (\vec{v} \times \vec{B})]$$

$$\Rightarrow 0 = \frac{q}{m}[\vec{E} \times \vec{B} - \vec{v}(B^2) + B(\vec{v} \cdot \vec{B})]$$

$\vec{v} \perp \vec{B}$ لأن 0

ننقل لطرف واحد

$$\frac{q}{m}\vec{v}B^2 = \frac{q}{m}\vec{E} \times \vec{B}$$

نقسم على B^2

$$\vec{v} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2} \rightarrow v = \frac{E}{B} \longrightarrow \vec{E} \perp \vec{B}$$ لأن

وهي علاقة سرعة انزياح مركز التدوير

انتهت المحاضرة.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z