كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء البلازما

المحاضرة : السادسة/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

* أنواع الانجرافات:

الانجراف الناتج عن تأثير القوة الخارجية مثال: مجال قوة الجاذبية الأرضية، يحدث سرعة انجراف v_f عند وجود قوة عمودية على المجال المغناطيسي، فإذا كانت لدينا قوة كهربائية $\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

ولدينا من علاقة سرعة الانجراف:

$$\vec{v_D} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2} \Rightarrow \vec{v_f} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{qB^2}$$

وهي سرعة الانجراف الناتجة عن القوة $\vec{F}$

ولحساب السرعة الانجرافية الناتجة عن قوة الجذب الأرضي $F = m\vec{g}$

$$\Rightarrow \vec{v_G} = \frac{m\vec{g} \wedge \vec{B}}{qB^2} \Rightarrow v_G = \left| \frac{m\vec{g} \wedge \vec{B}}{qB^2} \right| = \frac{mg}{qB}$$

نستنتج من هذه الحالة أن الإلكترونات تنحرف بجهة معاكسة لجهة الانجراف للأيونات الموجبة لذلك فإن الحالة هنا مختلفة عن حالة الانجراف في المجال الكهربائي.

ومنه سنجد كثافة تيار انجراف:

$$\vec{J_D} = \sum_\alpha n_\alpha q_\alpha \vec{v_D} = \sum_\alpha \frac{n_\alpha q_\alpha m_\alpha (\vec{g} \times \vec{B})}{qB^2}$$

$$= \frac{\rho_m (\vec{g} \times \vec{B})}{B^2}$$

حيث ρ_m الكثافة الكلية للجسيمات المشحونة

ملاحظة:

تؤدي الحركة الدورانية للجسم المشحون في المجال المغناطيسي إلى نشوء تيار يشابه التيار المار في ملف مكون من لفة واحدة، وهذا بدوره يؤدي إلى نشوء عزم مغناطيسي ينتج عن هذه الحركة الدورانية.

تعطى شدة التيار الكهربائي في هذه الحالة بالعلاقة:

$$I = \frac{q}{T} = q.f = \frac{q2\pi f}{2\pi} = \frac{q\omega_c}{2\pi} \quad ; \omega_c = \frac{qB}{m}$$

$$\Rightarrow \frac{q.qB}{m2\pi} = \frac{q^2B}{2\pi B}$$

ملاحظات:

① تكون سرعة الانزياح V_F و V_G عمودية على كل من القوى الخارجية $\vec{F}$ وقوة الجذب $\vec{g}$ والمجال المغناطيسي $\vec{B}$

② يحدد اتجاه الانزياح على نوع الشحنة كما هو واضح من العلاقتين

$$V_F = \frac{F}{qB} \quad , \quad V_G = \frac{mg}{qB}$$

سؤال: علل: تبقى طبقة الأيونوسفير تدور حول الكرة الأرضية ولا تهبط كون مركز الأرض تأثر قوة الجذب (الكاذبة)

الجواب:

لأن قوة الجذب لهذه الطبقة تكون عمودية على المجال المغناطيسي لذلك فإن حركة هذه الطبقة (سرعتها) تكون عمودية على كل من $\vec{B}$ و $\vec{g}$ وبالتالي فإن حركتها تكون في مستوي حول الأرض، أي أن طبقة الأيونوسفير سوف تبقى عالقة حول الكرة الأرضية متأثرة بقوة تجاذب تدور حولها ناتجة من قوة الكاذبة والمجال المغناطيسي.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* الانحراف الناتج عن العزم المغناطيسي :

ينشأ العزم المغناطيسي عند دوران الجسيمات المشحونة حول خطوط المجال $\vec{B}$ وينشأ (عند دوران الجسيمات) بالتالي تيار كهربائي يدور مما يولد مجالاً مغناطيسياً معاكساً للمجال المغناطيسي المطبق من الخارج لذلك تسمى البلازما مادة دايامغناطيسية

- يعطى العزم المغناطيسي المتولد بالصيغة :

$$\vec{\mu} = I . \vec{S}$$

$\vec{S}$ المساحة المحيطة للدائرة التي يصف نصف قطرها r_L أي أن $S = \pi r^2 L$

نلاحظ من العلاقة السابقة أن العزم المغناطيسي يعتمد على مقدار التيار و مساحة المدار الدائري و أن التيار المتولد من الأيونات أو الإلكترونات يساوي إلى

$$I = \frac{q}{T} = \frac{q\omega c}{2\pi} \quad ; \quad S = \pi r_L^2 = \frac{m v_\perp^2}{\omega^2 c}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{q\omega c}{2\pi} \cdot \frac{\pi v_\perp^2}{\omega^2 c} = \frac{1}{2} m \frac{v_\perp^2}{B} = \frac{\omega_\perp}{B} \quad ; \quad \omega_\perp = \frac{1}{2} m v_\perp^2$$

ملاحظة : يستخدم المجال المغناطيسي لحجز البلازما لأن المجال المغناطيسي يحول الطاقة الأفقية للبلازما إلى طاقة عمودية

تمرين :

أثبت أن الإلكترونات والأيونات تتأثر بتسارع الجاذبية الأرضية

الإثبات :

ينشأ عن أي تيار كهربائي عمودي على مجال مغناطيسي قوة مغناطيسية

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

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

وأن التيار الناتج عن السرعة الانجرافية V_G لإلكترون واحد يساوي

$$\vec{J} = q\vec{V_G}$$

أي

$$= q\frac{m\vec{g}\times\vec{B}}{qB^2}$$

وبالتالي فإن القوة الناتجة :

$$\vec{F} = \vec{J}\times\vec{B} = \left(\frac{m\vec{g}\times\vec{B}}{B^2}\right)\times\vec{B}$$

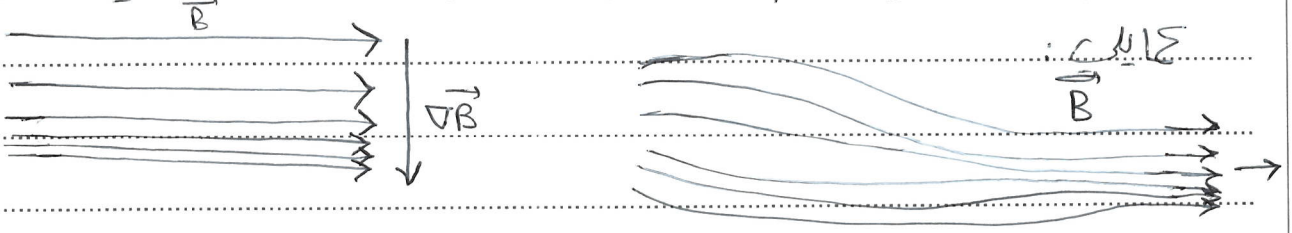
$$= \frac{m}{B^2}\left[-\vec{B}\times(\vec{g}\times\vec{B})\right] = \frac{m}{B^2}\left[-(\vec{g}(\vec{B}\cdot\vec{B}) - \vec{B}(\vec{B}\cdot\vec{g})\right]$$

$$= -m\vec{g}$$

تلغي هذه القوة قوة الجاذبية (لأنها تساوي وتعاكس بالاتجاه) لذلك لا تأثر الجسيمات المشحونة بمجال الجاذبية الأرضية.

* الانجراف الناتج عن تدرج (انحدار) المجال المغناطيسي $\text{grad}\,B = \vec{\nabla}B$

عندما يحدث التدرج في المجال المغناطيسي فإنه إما أن يكون عمودياً أو موازياً



وعند وضع جسيمات مشحونة في وسط هذه المجال المغناطيسي غير متجانس (متدرج) أو منحرف فإن هذه الجسيمات ستنزف باتجاه يعمد على اتجاه المجال المغناطيسي

ويمكن حساب سرعة الانجراف لهذه العلاقة :

يكون الجسم المشحون المتحرك في دائرة لدورة نتائج وطء مغناطيسي يعطى عزمه بالعلاقة :

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$|\vec{\mu}| = \frac{\frac{1}{2} m v_\perp^2}{B} = \frac{W_\perp}{B}$$

وتؤثر على الجسيم المشحون المحتبل في مجال مغناطيسي غير منتظم (متدرج) أو مغير) قوة تسعى إلى حركة الجسيم باتجاه تناقص شدة المجال:

$$\vec{F} = -\mu \vec{\nabla} B = \frac{W_\perp \vec{\nabla} B}{B}$$

وتكون سرعة الانزياح الناتجة عن هذه القوة مساوية إلى:

$$\vec{v}_F = \frac{\vec{F} \times \vec{B}}{qB^2} \Rightarrow \vec{v}_{\nabla B} = \frac{\mu \vec{\nabla} B \times \vec{B}}{qB^2}$$

أو بالصيغة:

$$\vec{v}_{\nabla B} = \frac{\frac{1}{2} m v_\perp^2 \vec{\nabla} B \times \vec{B}}{qB^3} = \pm \frac{1}{2} v_\perp r_L \frac{\vec{\nabla} B \times \vec{B}}{B^2}$$

أمثلة:

① احسب الطاقة الحركية الناتجة عن انزياح الإلكترون والبروتون إذا كان المجال الكهربائي باتجاه $10\,kv/cm$ والمجال المغناطيسي باتجاه $20\,KG$ وبفرض أن المجال الكهربائي عمودي على المجال المغناطيسي

الحل:

تعطى سرعة الانزياح بالعلاقة

$$\vec{v}_D = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2} \Rightarrow |\vec{v}_D| = \frac{1}{B^2} |\vec{E} \times \vec{B}|$$

$$v_D = \frac{1}{B^2} E \cdot B \sin\frac{\pi}{2} = \frac{E}{B}$$

$$\Rightarrow v_D = \frac{10\ \frac{kv}{cm}}{20\,KG} = 0.5\ \frac{\frac{V}{10^{-2}m}}{10^{-4}T}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

لأن $1T$ يساوي $10^4 G \Leftarrow 1G = 10^{-4} T$

$$T = \frac{\text{Webber}}{m^2} = \frac{V \cdot S}{m^2}$$

$$v_D = 0.5 \times 10^2 \times 10^4 \, m/s = 0.5 \times 10^6 \, m/s$$

وبالتالي فإن الطاقة الحركية الناتجة عن حركة انجراف الإلكترون تساوي

أي

$$T_e = \frac{1}{2} m_e v_D^2 = \frac{1}{2}(9.1 \times 10^{-31} kg)(5 \times 10^5 \frac{m}{s})^2$$

$$= 113.75 \times 10^{-21} kg \frac{m^2}{s^2} = 113.75 \times 10^{-21} J$$

وعلماً أن سرعة الانجراف الناتجة عن المجال الكهربائي واحدة للإلكترونات و الأيونات وحسب العلاقة

$$\vec{v_D} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2}$$

فإن الطاقة الحركية للأيون:

$$T_i = \frac{1}{2} m v_D^2 = \frac{1}{2} 1.67 \times 10^{-27} kg \times (5 \times 10^5 \frac{m}{s})^2$$

$$= 20.875 \times 10^{-17} J$$

مثال:

احسب التردد الدوراني ونصف قطر المدار لإلكترون طاقة الحركية 1oer وطاقة الأيون 1ev تحركان عمودياً على المجال المغناطيسي الذي شدته 3000G

الحل:

نحسب التردد الدوراني للإلكترون بالعلاقة

$$w_c = \frac{9.B}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} c \times 3 \times 10^3 \times 10^{-4} T}{9.1 \times 10^{-31} kg}$$

$$w_c = 0.527 \times 10^{11} \frac{\frac{N \cdot m}{V} V/m^2}{kg} = 0.527 \times 10^{11} \frac{\frac{kg \cdot m \cdot s^{-2} \times s}{kg}}{1}$$

$$= 0.527 \times 10^{11} \, s^{-1}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

ونحصل نصف قطر المدار

$$r_L = \frac{mv_\perp}{qB} = \frac{v_\perp}{\omega c}$$

$T = \frac{1}{2} m v_\perp^2$ حيث $v_\perp$ هي الطاقة الحركية

$$\Rightarrow 10ev = \frac{1}{2}(9.1 \times 10^{-31}\ kg)\, v_\perp^2$$

$$10 \times 1.6 \times 10^{-19} J = \frac{1}{2}(9.1 \times 10^{-31}\ kg)\, v_\perp^2$$

$$\Rightarrow v_\perp^2 = \frac{1.6 \times 10^{-12} N.m}{4.55 \times 10^{-31} kg} = 0.35 \times 10^{13} \frac{kg.m.s^{-2} m}{kg}$$

$$= 350 \times 10^{10} \frac{m^2}{s^2} \Rightarrow v_\perp = 18.7 \times 10^5\ m/s$$

$$\Rightarrow r_L = 35.5 \times 10^{-6}\ m$$

انتهت الطباعة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة