كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء البلازما

المحاضرة :اسئلة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم , كلية الصيدلة , الهندسة التقنية , تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

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

أسئلة على مقرر البلازما 2023-2024

1. عرّف ما يأتي: البلازما، كيف يتم الحصول على البلازما؟- غلاف ديباي- كرة ديباي.
2. اذكر الفرق بين الوسط الغازي والوسط البلازمي من حيث: درجة الحرارة – الموصلية الكهربائية –التأثر والتأثير بالمجالات الكهرومغناطيسية –
3. علل ما يأتي:

- البلازما مادة دايا مغناطيسية.
- لحساب طول ديباي نستخدم درجة حرارة الالكترونات وليس درجة حرارة الأيونات.
- نصف قطر لارمر r_L للأيون أكبر من نصف قطر لارمر للإلكترون.
- تأثير المجال المغناطيسي على جسيم مشحون ساكن معدوم.
- التيار الناتج عن سرعة الانجراف من المجال الكهربائي في البلازما المحايدة(المتعادلة) معدوم.
- يستخدم المجال المغناطيسي لحصر البلازما.
- تبقى طبقة الايونوسفير تدور حول الكرة الأرضية ولا تنجذب نحو مركز الأرض بتأثير قوة الجذب.

4. احسب القياس الفضائي المكاني(طول ديباي)، والزماني τ، و N عدد الجسيمات التي يمكن حصرها في كرة ديباي، وذلك في غاز متأين درجة حرارة الالكترونات فيه $T_e = 3\times10^4 K$ وكثافة الجسيمات $n_e = 10^{19} m^{-3}$

$K_B = 8.62\times10^{-5} eV.K^{-1}$ ، $e^2 = 14.4\times10^{-10}$ eV.m

5. تخضع بلازما لتأثير مجالات كهرومغناطيسية. يمكن دراسة حركة الجسيم المشحون باستخدام العلاقة $m\frac{d\vec{v}}{dt} = ...$

أ- اثبت أن الطاقة الحركية للجسيم المشحون لا تعتمد على شدة المجال المغناطيسي.

ب- بفرض أن المجال الكهربائي $\vec{E}$ ينتج من جهد كهربائي سلمي ($\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi$). استنتج قانون حفظ الطاقة الكلية.

ت- بفرض أن المجال $\vec{B}$ باتجاه المحور z $\left(\vec{B} = B\vec{e}_z\right)$، وبفرض أن $\vec{E} = E_x\vec{e}_x + E_y\vec{e}_y + E_z\vec{e}_z$. استنتج $\left(v_x^\circ, v_y^\circ, v_z^\circ\right)$ معادلات مركبات التسارع وفق المحاور الإحداثية. وما نوع الحركة وفق المحور z ؟

ث- بفرض أن $v_x = \frac{q}{m}(E_x + Bv_y)$ ، $v_y = \frac{q}{m}(E_y + Bv_x)$. اثبت أن مركبتي السرعة v_x ، v_y تُعطيان بالعلاقتين:

$$v_x = U\cos(\omega t - \varphi) - \frac{E_y}{B} \quad , \quad v_y = U\sin(\omega t - \varphi) + \frac{E_y}{B}$$

6. يؤثر مجال مغناطيسي مقداره (2Tesla) على بلازما، وبوجود مجال كهربائي مقداره $\left(100\frac{v}{cm}\right)$.

7. احسب الطاقة الحركية الناتجة عن سرعة انجراف الإلكترون والأيون اذا كان المجال الكهربائي يساوي $\left(10\frac{kv}{cm}\right)$ والمجال المغناطيسي يساوي 20KG، وبفرض أن المجال الكهربائي عمودي على المجال المغناطيسي.

ملاحظة: $1\,\text{Weber} = 1v.\sec$ ، $1T = \frac{1\,\text{Weber}}{m^2}$ ، $1T = 10^4 G$

8. احسب ω_c التردد الدوراني ونصف قطر لارمر لإلكترون طاقته الحركية 10eV يتحرك عمودياً على المجال المغناطيسي الذي شدته 3000G.

9. تدور جسيمات مشحونة حول مجال مغناطيسي. اثبت أن $\vec{r}_{\nabla B} = \frac{W_\perp \vec{B}\times\vec{\nabla}B}{qB^3}$

10. يتحرك جسيم شحنته q في مجال كهربائي ساكن ومنتظم $(\vec{B}=0 \ , \ \vec{E}\neq 0)$.

أ- تُعطى معادلة حركة الجسيم في هذه الحالة بالصيغة.....

ب- تساوي سرعة الجسيم إلى .....

ت- تكون معادلة مسار الجسيم مساوية إلى.....

ث- كيف تكون جهة تسارع الجسيم؟ هل يتعلق تسارع الجسيم بشحنته؟ وضّح ذلك.

11. يتحرك جسيم شحنته q وكتلته m في مجال $\vec{B}$ مغناطيسي ثابت ومنتظم وأن $\vec{E}=0$.

أ- تُعطى معادلة حركة الجسيم في هذه الحالة بالصيغة.....

ب- إذا أمكن كتابة السرعة $\vec{v}$ على شكل مجموع مركبتين، أي بالصيغة $\vec{v}=\vec{v}_\perp+\vec{v}_{//}$. اوجد السرعة $\vec{v}_{//}$، ثم أثبت أن السرعة $\vec{v}_\perp$ تساوي مقدار ثابت، واثبت أن متجه السرعة $\vec{v}_\perp$ يساوي إلى $\vec{v}_\perp = \vec{\omega}_c \times \vec{r}_c$ حيث $\omega_c = \frac{|q|B}{m}$.

ت- صف حركة الجسيم(مسار الجسيم) باتجاه $\vec{B}$ وفي المستوي العمودي على $\vec{B}$ في هذه الحالة.

12. يُطبق مجال مغناطيسي $\vec{B}(0,0,B)$ ثابت ومنتظم في مجال محدود من الفراغ، خال من المجال الكهربائي والتيار الكهربائي $(\vec{E}=\vec{J}=0)$. بفرض أن جسيماً شحنته q وكتلته m تحرك من مبدأ الإحداثيات بسرعة $v_0 << c$ في الاتجاه الموجب للمحور x.

برهن أن مركبات حركة هذا الجسيم وفق محاور الإحداثيات تأخذ الصيغة:

$$x=\frac{v}{\omega_c}\sin\omega_c t \quad , \quad y=\frac{v}{\omega_c}\cos\omega_c t \quad , \quad z=0$$

علماً أن v_0 السرعة الابتدائية للجسيم وفق المحور x ، وأن $\omega_c=\frac{qB}{m}$ التواتر السكلتروني، ما هو شكل مسار الجسيم؟

13. يتحرك جسيم مشحون بتأثير مجالات كهربائية ومغناطيسية ثابتة ومنتظمة، فتعطى سرعة الجسيم بوساطة متجه مستقل عن نظام الإحداثيات بالصيغة التالية:

$$\vec{v}(t)=\omega_c\times\vec{r}_c+\frac{\vec{E}_\perp\times\vec{B}}{B^2}+\frac{q\vec{E}_{//}}{m}t+\vec{v}_{//}(t)$$

أ- ماذا يُمثل كل حد من حدود هذه العلاقة؟ هل تختلف سرعة انجراف الالكترونات عن سرعة انجراف الايونات؟ علل ذلك.

ب- اثبت أن: $\vec{E}_\perp=-\left(\frac{\vec{E}_\perp\times\vec{B}}{B^2}\right)\times\vec{B}$

ت- إذا علمت إن $r_c=\frac{v_\perp}{\omega_c}=\frac{mv_\perp}{|q|B}$. بناءً على هذه الصيغة فسّر فيزيائياً أن سرعة الانجراف واحدة للالكترونات وللايونات واحدة.

ث- علل أنه في البلازما غير التصادمية لا تنتج سرعة الانجراف تياراً كهربائياً.

حركة جسيم مشحون في مجالات كهرومغناطيسية متغيرة مع الزمن

14. يخضع وسط بلازمي إلى مجال مغناطيسي $\vec{B}$ ثابت ومتجانس، ولمجال كهربائي $\vec{E}$ متغير مع الزمن وعمودي على $\vec{B}$. تُعطى معادلة حركة جسيم بالصيغة: $m\frac{d}{dt}\left(\frac{\vec{E}_\perp \times \vec{B}}{B^2}\right) = q\vec{v}_p \times \vec{B}$ ، m كتلة الجسيم.

أ- اثبت أن سرعة الجسيم $\vec{v}_p$ في هذه الحالة تساوي إلى:

$$\vec{v}_p = \frac{m}{qB^2}\left(\frac{\partial \vec{E}_\perp}{\partial t}\right)$$

ب- تتصرف البلازما عندما يتغير $\vec{E}$ مع الزمن كعازل مستقطب. علل ذلك.

15. إذا علمت أن تأثير المجال الكهربائي المتغير ببطء مع الزمن هو إضافة سرعة انجراف $\vec{v}_p = \frac{m}{qB^2}\left(\frac{\partial \vec{E}_\perp}{\partial t}\right)$. والمطلوب:

أ- هل تكون سرعة الانجراف $\vec{v}_p$ للالكترونات وللايونات في نفس الجهة؟ علل إجابتك. ماذا تستنتج؟

ب- اثبت أن كثافة تيار الاستقطاب تساوي إلى: $\vec{j}_p = \frac{\rho_m}{B^2}\left(\frac{\partial \vec{E}_\perp}{\partial t}\right)$

ت- بالاستفادة من معادلة ماكسويل الرابعة (قانون أمبير) ومن كون التيار الكلي في هذه الحالة يساوي إلى: $\vec{j} = \vec{j}_0 + \vec{j}_p = \varepsilon_0\frac{\partial \vec{E}_\perp}{\partial t} + \frac{\rho_m}{B^2}\left(\frac{\partial \vec{E}_\perp}{\partial t}\right)$ استنتج أن ثابت العازلية الكهربائية الفعّال للبلازما يساوي إلى: $\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r = \varepsilon_0\left(1 + \frac{\rho_m}{\varepsilon_0 B^2}\right)$

16. يخضع جسيم مشحون إلى مجال مغناطيسي $\vec{B}$ ثابت ومتجانس، ولمجال كهربائي $\vec{E}$ متغير بشكلٍ كيفي مع الزمن $\vec{E}(t) = \vec{E}_0 e^{-i\omega t}$ ، وإذا علمت أن $\vec{v} = \vec{v}_m + \vec{v}_c e^{-i\omega t}$

أ- اثبت باستخدام قانون قوة لورنز أن: $m\frac{d\vec{v}_m}{dt} = q\vec{v}_m \times \vec{B}$ ،

$$-i\omega m\vec{v}_c = q(\vec{E}_0 + \vec{v}_c \times \vec{B})$$

17. يخضع جسيم في وسط بلازمي لمجال مغناطيسي ثابت ومنتظم ولمجال كهربائي متغير بشكلٍ كيفي مع الزمن (الحركة مستقطبة دائرياً حول $\vec{B}$). تُعطى معادلة حركة الجسيم بالصيغتين:

$$\vec{v}_R = i\left(\frac{q}{m}\right)\frac{1}{(\omega \pm \omega_c)}\vec{E}_{OR}$$

$$\vec{v}_L = i\left(\frac{q}{m}\right)\frac{1}{(\omega \mp \omega_c)}\vec{E}_{OL}$$

حيث تُشير الإشارة العليا لجسيم موجب الشحنة، وتشير الإشارة السفلى لجسيم سالب الشحنة.

أ- متى يحدث التجاوب بين اهتزاز المجال الكهربائي المطبق وبين التردد السكلتروني للجسيم؟ ومن أجل أي مركبة مستقطبة يحدث التجاوب للإلكترون وللايون؟ علل ذلك.

ب- إذا أمكن التعبير عن الحركة المستقطبة للجسيم في المستوي (xy) على النحو:

$$\vec{v}_\perp = \vec{v}_m + \frac{q}{m}\vec{E}_{OR}t + e^{-i\omega_c t} \quad \text{for } q < 0$$

$$\vec{v}_\perp = \vec{v}_m + \frac{q}{m}\vec{E}_{OL}t + e^{-i\omega_c t} \quad \text{for } q > 0$$

كيف تتغير سرعة الجسيم مع مرور الزمن؟ ما هو مسار الجسيم في هذه الحال؟ وضّح ذلك بالرسم، ما هي الفائدة من هذه الظاهرة التي تتحقق في البلازما في هذه الحالة؟

عناصر نظرية حركية البلازما

18. يُعرف تابع التوزيع في فضاء الطور بالصيغة $f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)=\frac{d^6N_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)}{d^3rd^3v}$

أ- عرّف الكثافة العددية $n_\alpha(\vec{r},t)$ للبلازما, وأوجد العلاقة التي تُعطي $n_\alpha(\vec{r},t)$ بدلالة تابع التوزيع.

ب- عرّف $\vec{u}_\alpha(\vec{r},t)$ متوسط سرعة الجسيمات، واذكر مراحل لحصول عليها مع كتابة صيغتها الرياضية بدلالة تابع التوزيع.

19. إذا علمت أن $d^6N_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)=f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)d^3rd^3v$ يُمثل عدد الجسيمات من النوع α في اللحظة الزمنية t داخل عنصر الحجم d^3rd^3v من فضاء الطور حول الإحداثيات $(\vec{r},\vec{v})$. وبفرض أن كل جسيم يتعرض لقوة خارجية $\vec{F}$ وبغياب التفاعل بين الجسيمات، سيتم العثور على الجسيم بعد فاصل dt عند إحداثيات جديدة $(\vec{r}',\vec{v}')$.

أ- فيكون: $\vec{v}'(t+dt)=.....$, $\vec{r}'(t+dt)=.....$

ب- بما أننا نأخذ بعين الاعتبار نفس الجسيمات عند t وعند t+dt يكون:

$f_\alpha(\vec{r}',\vec{v}',t+dt)d^3r'd^3v'=.....$

ت- تُعطى العلاقة بين عنصر الحجم الجديد وعنصر الحجم الابتدائي بالصيغة:

$d^3r'd^3v'=.....$

ث- عندما يكون المعين الجاكوبي $|J|=1$ فان: $d^3r'd^3v'=.....$, ويكون أيضاً في هذه الحالة

$[f_\alpha(\vec{r}',\vec{v}',t+dt)-f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)]d^3rd^3v=.....$

ج- استخدم منشور تايلور للحد $f_\alpha(\vec{r}',\vec{v}',t+dt)$ حول $f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)$ مكتفياً بالنشر حتى المرتبة الأولى فقط، لاستنتاج معادلة بولتزمان التالية:

$$\frac{\partial f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)}{\partial t}+\vec{v}.\vec{\nabla}f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)+\vec{a}.\vec{\nabla}_v f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)=0$$

ح- باستخدام المؤثر التالي: $\frac{D}{Dt}=\frac{\partial}{\partial t}+\vec{v}.\vec{\nabla}+\vec{a}.\vec{\nabla}_v$ اكتب معادلة بولتزمان السابق(في الطلب ج)، ماذا تستنتج؟

20. بفرض أنه لدينا نظاماً من الجسيمات موزع بكثافة عددية n وتوصف بتابع توزيع ببعد واحد للسرعات $f(v)$ معرّف كما يلي:

$f(v)=\begin{cases} c & \text{for } v\le v_0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ حيث c ثابت موجب لا يساوي صفر. اوجد c بدلالة n و v_0

الحل: بإجراء التكامل (حسب تعريف كثافة العدد) $n_\alpha(\vec{r},t)=\int_v f_\alpha(\vec{r},\vec{v},t)d^3v$

$$n=c\int_0^{v_0}dv=cv_0 \Rightarrow c=\frac{n}{v_0}$$

21. اوجد الثابت c لتابع توزيع سرعات الجسيمات في الحالات الآتية:

أ) $f(v)=\begin{cases} c\,v & \text{for } v\in[0,1] \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

ب) $f(v)=\begin{cases} c\,v^2 & \text{for } v\in[0,3] \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

ت) $f(v)=\begin{cases} c\sin(v) & \text{for } v\in[0,\pi] \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

الحل:

أ) $n = c\int_0^1 v\,dv = \frac{1}{2}c \Rightarrow c = 2n$

ب) $n = c\int_0^3 v^2\,dv = \frac{c}{3}v^3\Big|_0^3 = \frac{27}{3}c = 9c \Rightarrow c = \frac{n}{9}$

ت) $n = c\int_0^{\pi} \sin v\,dv = -c\cos v\Big|_0^{\pi} = -[-1-1]c$

$= 2c \Rightarrow c = \frac{1}{2}n$