



Όνοματεπώνυμο: _____

Θέμα 1^ο: Η αξονική συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου μιας μαγνητικής φιάλης είναι σε πολικές συντεταγμένες (z, r, ϕ) ,

$$B_z(z) = B_0(1 + z^n/z_0^n),$$

όπου n ακέραιος.

- (α) Υπολογίστε την εγκάρσια συνιστώσα $B_r(r, z)$ έτσι ώστε να μπορέσετε να σχεδιάσετε το μαγνητικό αυτό πεδίο στο χώρο.
- (β) Εάν η ολική ενέργεια του σωματιδίου είναι E , ποιός περιορισμός πρέπει να ισχύει στη μαγνητική ροπή του σωματιδίου έτσι ώστε να παραμένει παγιδευμένο στην περιοχή $z < z_m$
- (γ) Έστω ότι τοποθετείτε ένα ηλεκτρόνιο στο μέσο αυτής της φιάλης, στο $r = 0, z = 0$ με αρχική ταχύτητα v_0 και γωνία κλίσης α_0 , έτσι ώστε $v_{||} = v_0 \cos \alpha_0$. Υπολογίστε σε ποιά απόσταση $z = z_m$ το e θα ανακλασθεί.
- (δ) Για ένα σωματίδιο που είναι παγιδευμένο μέσα στη μαγνητική φιάλη δείξτε ότι η αξονική συνιστώσα της ταχύτητάς του είναι

$$v_z(z) = \sqrt{\frac{2\mu B_0}{m}} \sqrt{\left[\left(\frac{z_m}{z_0}\right)^n - \left(\frac{z}{z_0}\right)^n\right]}$$

όπου η μ μαγνητική ροπή του σωματιδίου.

Θέμα 2^ο: Θέλουμε να υπολογίσουμε τη μέση ελεύθερη διαδρομή λ των ελαστικών ηλεκτρομαγνητικών σχεδιάσεων των ηλεκτρονίων από πυρήνες ηλίου ($Z=2$) του ηλιακού στέμματος.

- (α) Καταρχήν υπολογίστε την τάξη μεγέθους της ηλεκτροστατικής δύναμης *Coulomb* ανάμεσα στα ηλεκτρόνια και τους πυρήνες ηλίου αν η παράμετρος κρούσεως είναι b .
- (β) Υπολογίστε την τάξη μεγέθους του χρόνου σκέδασης τ και την τάξη μεγέθους της μεταβολής της ορμής ενός ηλεκτρονίου κατά τη σκέδαση μέσα στο χρόνο αυτό τ .
- (γ) Υπολογίστε την τάξη μεγέθους της διατομής της αλληλεπίδρασης σ .
- (δ) Υπολογίστε τη μέση ελεύθερη διαδρομή της σκέδασης των ηλεκτρονίων από πυρήνες ηλίου.
- (ε) Εφαρμογή: αν η θερμοκρασία του στέμματος είναι 10^6 K και η πυκνότητα των πυρήνων ηλίου είναι 10^8 cm^{-3} , υπολογίστε αριθμητικά τη μέση ελεύθερη διαδρομή λ των σχεδιάσεων των ηλεκτρονίων από πυρήνες ηλίου του ηλιακού στέμματος και σχολιάστε την.

Θέμα 3^ο: Το μαγνητικό πεδίο $B_z(r, t)$ ενός κυλινδρικά συμμετρικού μαγνητικού σωλήνα ροής την αρχική χρονική στιγμή t_0 δίδεται από την έκφραση:

$$B_z(t_0, r) = B_0 e^{-\frac{r^2}{4\eta t_0}}.$$

Στη συνέχεια το μαγνητικό αυτό πεδίο αφήνεται να διαχυθεί στο πλάσμα με συντελεστή διάχυσης $\eta = c^2/4\pi\sigma$, όπου σ είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του πλάσματος.

- (α) Εξάγετε την εξίσωση που καθορίζει την χρονική εξέλιξη του μαγνητικού πεδίου στο πλάσμα, όπου η μέση ταχύτητα είναι \vec{V} και ο συντελεστής διάχυσης είναι η .
- (β) Για καταστάσεις που ο μαγνητικός αριθμός *Reynolds* είναι μικρός, δείξτε ότι η εξίσωση αυτή ανάγεται στην εξίσωση διάχυσης του μαγνητικού πεδίου.
- (γ) Αναζητώντας μία λύση αυτής της εξίσωσης διάχυσης της μορφής,

$$B_z(t, r) = f(t)e^{-\frac{r^2}{4\eta t}},$$

υπολογίστε την έκφραση του μαγνητικού πεδίου σε τυχούσα μεταγενέστερη χρονική στιγμή t .

- (δ) Υπολογίστε την συνολική μαγνητική ροή τη χρονική στιγμή t_0 και συγκρίνετέ την με αυτή την τυχούσα χρονική στιγμή t .
- (ε) Δείξτε ότι σε δεδομένη απόσταση r , η μαγνητική ενέργεια ανα μονάδα όγκου μειώνεται μετά από ένα χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του χαρακτηριστικού χρόνου διάχυσης.
- (ζ) Υπολογίστε το ρυθμό μεταβολής της συνολικής μαγνητικής ενέργειας ανά μονάδα μήκους z και δείξτε ότι ο ρυθμός αυτός είναι αρνητικός, δηλ., η ενέργεια μειώνεται. Που πάει αυτή η ενέργεια ;

Θέμα 4^ο:

- (α) Εξηγήστε με απλά λόγια γιατί διαστέλλεται ή ηλιακή ατμόσφαιρα στο μεσοπλανητικό χώρο σαν Ηλιακός Άνεμος. Αν θέλετε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την αρχή διατήρησης της ενέργειας.
- (β) Περιγράψτε μηχανισμούς με τους οποίους μπορεί ένα άστρο να έχει αστρικό άνεμο.
- (γ) Υπολογίστε πόσες ημέρες χρειάζεται ο Ηλιακός Άνεμος για να φθάσει στη Γή και πόση μάζα χάνει ο Ήλιος μέσω του Ηλιακού Ανέμου ανά δευτερόλεπτο καθώς και σε πόσα έτη θα αδειάσει ο Ήλιος λόγω του Ηλιακού Ανέμου, αν η μετρούμενη ροή του Ηλιακού Ανέμου στην απόσταση της Γης είναι 3×10^8 πρωτόνια/ $cm^2 sec$.
- (ε) Υπολογίστε τη γωνία που σχηματίζει το μαγνητικό πεδίο του Ήλιου με την γραμμή Ήλιου-Γης στην απόσταση της Γης, αν η ταχύτητα του Ηλιακού ανέμου είναι $400 km/sec$ και η περίοδος περιστροφής του Ήλιου 27 ημέρες.

Δίδονται:

$$k = 1.4 \times 10^{-16} \text{ erg deg}^{-1},$$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-24} \text{ gr},$$

$$e = 4.8 \times 10^{-10} \text{ esu},$$