



Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

### Θέμα 1<sup>ο</sup>:

Θέλουμε να υπολογίσουμε τη μέση ελεύθερη διαδρομή  $\lambda$  των ελαστικών ηλεκτρομαγνητικών σκεδάσεων των ηλεκτρονίων από τα πρωτόνια του ηλιακού στέμματος.

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

Θέμα 2<sup>ο</sup>: Η αξονική συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου μιας μαγνητικής φιάλης είναι σε πολικές συντεταγμένες  $(z, r, \phi)$ ,

$$B_z(z) = B_0(1 + z^2/z_0^2)$$

- (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  $\alpha_0$ , 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

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

όπου η  $\mu$  μαγνητική ροπή του σωματιδίου.

- (ε) Γράψτε την εξίσωση κινήσεως του οδηγού κέντρου στη διεύθυνση  $\hat{z}$  για  $r = 0$ . Δείξτε ότι η κίνηση του οδηγού κέντρου είναι ταλάντωση με συχνότητα

$$\omega_0 = \frac{1}{z_0} \sqrt{\frac{2\mu B_0}{m}}$$

### Θέμα 3<sup>ο</sup>:

- (α) Όταν τοποθετήσουμε ένα φορτίο  $Q$  μέσα σε πλάσμα, ποιά είναι η έκφραση του ηλεκτροστατικού δυναμικού που παράγει σε μια απόσταση  $r$  από αυτό ; Εξηγήστε απλά τη φυσική σημασία του μήκους Debye.
- (β) Εξηγήστε τι είναι η μαγνητική άνωση και τι η μαγνητική πίεση.
- (γ) Εξηγήστε με λεπτομέρεια (εξισώσεις) και διακιολογείστε τι εννοούμε όταν λέμε ότι οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου σε πλάσμα υψηλής αγωγιμότητας είναι «παγωμένες στο πλάσμα».
- (δ) Ως γνωστόν, η Γη έχει μαγνητικό πεδίο και ένα ερώτημα είναι εαν αυτό το πεδίο είναι πρωτόγονο (δηλ., αν υπήρχε κατά το σχηματισμό της), ή, αναπαράγεται με το μηχανισμό του «Δυναμό» στον πυρήνα της ακτίνας  $L \approx 1000 \text{ km}$ , που αποτελείται κυρίως από πλάσμα υδροποιημένου σιδήρου με υψηλή αγωγιμότητα  $\sigma \approx 10^{16} \text{ sec}^{-1}$ . Υπολογίζοντας το χρόνο διάχυσης του μαγνητικού πεδίου στο πλάσμα του Γήινου πυρήνα, τί συμπεραίνετε σχετικά με την προέλευση του μαγνητικού πεδίου της Γης ;
- (ε) Αν το μαγνητικό πεδίο  $\vec{B}(\vec{r}, t)$  παράγεται με το μηχανισμό του Δυναμό στον πυρήνα της Γής με κατάλληλες κινήσεις του πλάσματος  $\vec{V}(\vec{r}, t)$ , γράψτε την εξίσωση του Δυναμό που περιγράφει την χρονική μεταβολή του μαγνητικού πεδίου  $\partial\vec{B}/\partial t$  συναρτήσει των  $\vec{B}(\vec{r}, t)$  και  $\vec{V}(\vec{r}, t)$  θεωρώντας ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του πλάσματος  $\sigma$  είναι δεδομένη και σταθερή. Εξηγήστε ποιός όρος και πότε στην εξίσωση του  $\partial\vec{B}/\partial t$  είναι σημαντικός και πότε δεν είναι.

### Θέμα 4<sup>ο</sup>:

- (α) Περιγράψτε 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  $3 \times 10^8 \text{ πρωτόνια/cm}^2 \text{ sec}$ .
- (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  $400 \text{ km/sec}$  και η περίοδος περιστροφής του Ήλιου 27 ημέρες.
- (ε) Ποιό είναι το πρόβλημα της στροφορμής κατά τη γένεση των αστέρων ;

#### Δίδονται:

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

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

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