



Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής  
Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής  
Εξετάσεις στο Προπτυχιακό Μάθημα της Φυσικής Πλάσματος, 18 Ιουλίου 2008  
Διάρκεια εξέτασης 3 ώρες  
Καλή επιτυχία

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

### Θέμα 1<sup>ο</sup>:

- (α) Σε ένα λογαριθμικό διάγραμμα αριθμητικής πυκνότητας  $n$  και θερμοκρασίας  $T$  να τοποθετήσετε τις περιοχές που αντιστοιχούν στο πλάσμα :
- (1) των ηλεκτρονίων εντός μετάλλων,
  - (2) των ηλεκτρονίων εντός σωλήνων ηλεκτρικών εκκενώσεων,
  - (3) των πειραμάτων ελεγχόμενης θερμοπυρηνικής σύντηξης,
  - (4) της ιονόσφαιρας της Γης,
  - (5) του ηλιακού στέμματος,
  - (6) του ηλιακού ανέμου στην απόσταση 1 αστρονομικής μονάδος
  - (7) του εσωτερικού των λευκών νάνων.
- (β) Στο ίδιο διάγραμμα να χαράξετε την καμπύλη  $n\lambda_D^3 = 1$  και να εξηγήσετε πώς διαχωρίζει από φυσική σκοπιά το επίπεδο  $n - T$  εκατέρωθεν αυτής.
- (γ) Όταν τοποθετήσουμε ένα φορτίο  $Q$  μέσα σε πλάσμα, ποιά είναι η έκφραση του ηλεκτροστατικού δυναμικού σε απόσταση  $r$  από αυτό ; Επίσης εξηγήστε τη φυσική σημασία του μήκους Debye.
- (δ) Εάν στείλουμε ένα Η/Μ κύμα στην ιονόσφαιρα της Γης με συχνότητα  $\omega$  τότε αυτό επιστρέφει σε μας και τότε διαπερνά την ιονόσφαιρα ;
- (ε) Σε  $1 \text{ cm}^3$  του αέρα γύρω σας, υπολογίστε πόσα άτομα περιέχονται καθώς και τη μέση ελεύθερη διαδρομή τους για ελαστικές σκεδάσεις αναμεταξύ τους. Πόση είναι η μέση ελεύθερη διαδρομή των ηλεκτρονίων σε μεσοαστρικά νεφελώματα υδρογόνου όπου  $n \sim 10 \text{ cm}^{-3}$  ;

### Θέμα 2<sup>ο</sup> :

- (α) Περιγράψτε τις ηλιακές προεξοχές.
- (β) Στο πλάσμα εντός των προεξοχών ποιές δυνάμεις ασκούνται ;
- (γ) Στο απλούστερο μοντέλο ηλιακών προεξοχών σε ένα σύστημα συντεταγμένων  $x - z$ , με τον άξονα- $x$  οριζόντιο και τον άξονα- $z$  κατακόρυφο, θεωρώντας την προεξοχή σαν μια λεπτή κατακόρυφη κουρτίνα μέσα στην οποία η πίεση  $P(x)$ , η πυκνότητα  $\rho(x)$  και η κατακόρυφη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου  $B_z(x)$  εξαρτώνται μόνο από την οριζόντια συντεταγμένη  $x$  κάθετα στο επίπεδο της προεξοχής ενώ η θερμοκρασία  $T$  και η οριζόντια συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου  $B_x$  θεωρούνται σταθερές,  $T_0$  και  $B_0$ , αντίστοιχα. Με αυτές τις υποθέσεις, γράψτε τις εξισώσεις ισορροπίας στην οριζόντια διεύθυνση- $\hat{x}$  και στην κατακόρυφη διεύθυνση- $\hat{z}$ . Εν συνεχεία, συνδυάζοντας αυτές τις 2 εξισώσεις, δώστε την εξάρτηση της κατακόρυφης συνιστώσας του μαγνητικού πεδίου  $B_z(x)$  και της πυκνότητας  $\rho(x)$ .

### Θέμα 3<sup>ο</sup>:

Ένα σταθερό ηλεκτρικό πεδίο  $\vec{E}$  είναι κάθετο σε ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο  $\vec{B}$ . Δείξτε ότι ένα φορτίο  $q$  ολισθαίνει με ταχύτητα

$$\vec{V}_E = c \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2},$$

εντός αυτών των δύο πεδίων, ενώ γενικότερα για τυχόν σταθερό πεδίο  $\vec{X}$  που είναι κάθετο σε ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο  $\vec{B}$  η ολίσθηση είναι,

$$\vec{V}_X = \frac{c}{q} \frac{\vec{X} \times \vec{B}}{B^2}.$$

### Θέμα 4<sup>ο</sup>:

Με αρκετά καλή προσέγγιση, το μαγνητικό πεδίο της Γης  $\vec{B}$ , μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αυτό ενός μαγνητικού διπόλου  $B \sim \mu/r^3$ , μαγνητικής ροπής  $\mu = 7.9 \times 10^{15} Tm^3 = 10^{25.9} Gauss cm^3$ ,

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{3(\vec{\mu} \cdot \vec{r})\vec{r} - \vec{r}^2}{|\vec{r}|^5}, \quad B_r = -\frac{2\mu \sin \lambda}{r^3}, \quad B_\lambda = \frac{\mu \cos \lambda}{r^3},$$

όπου  $\lambda$  είναι το γεωμαγνητικό πλάτος και  $\mu$  το μέγεθος της μαγνητικής διπολικής ροπής της Γης με διεύθυνση από Βορρά προς Νότο.

(α) Αν θεωρήσουμε μία τυχούσα μαγνητική γραμμή που τέμνει την επιφάνεια της Γης σε τόπο γεωγραφικού πλάτους  $\lambda_o$ , δείξτε ότι η πολική εξίσωση της μαγνητικής αυτής γραμμής που τέμνει την επιφάνεια της Γης  $r = R_\oplus$  σε τόπο γεωμαγνητικού πλάτους  $\lambda_o$  είναι,

$$\frac{r}{R_\oplus} = \frac{\cos^2 \lambda}{\cos^2 \lambda_o}.$$

(β) Εάν η γωνία κλίσης ενός φορτισμένου σωματιδίου στον ισημερινό είναι  $\alpha_o$ , δείξτε ότι η γωνία κλίσης του  $\alpha(\lambda)$  σε κάποιο γεωμαγνητικό πλάτος  $\lambda$  κατά μήκος μία τυχούσας μαγνητικής γραμμής που τέμνει την επιφάνεια της Γης σε τόπο γεωγραφικού πλάτους  $\lambda_o$  είναι,

$$\sin^2 \alpha(\lambda) = \sin^2 \alpha_o \frac{(1 + 3 \sin^2 \lambda)^{1/2}}{\cos^6 \lambda}.$$

### Θέμα 5<sup>ο</sup>:

Παρατηρήθηκε ότι ένας πλανήτης έχει μαγνητικό πεδίο και ένα ερώτημα είναι εάν αυτό το πεδίο είναι πρωτόγονο (δηλ., υπήρχε κατά το σχηματισμό του), ή, αναπαράγεται με το μηχανισμό του Δυναμό στον πυρήνα του ( $L \approx 1000 km$ ) που υποθέτουμε ότι αποτελείται κυρίως από πλάσμα υγροποιημένου σιδήρου με υψηλή αγωγιμότητα  $\sigma \approx 10^{16} sec^{-1}$ .

(α) Υπολογίστε το χρόνο διάχυσης ενός μαγνητικού πεδίου στο πλάσμα του πλανητικού αυτού πυρήνα. Από αυτό τον υπολογισμό τί συμπεραίνετε σχετικά με την προέλευση του μαγνητικού πεδίου του πλανήτη αυτού;

(β) Αν το μαγνητικό πεδίο  $\vec{B}(\vec{r}, t)$  παράγεται με το μηχανισμό του Δυναμό στον πυρήνα του πλανήτη με κινήσεις του πλάσματος  $\vec{V}(\vec{r}, t)$ , γράψτε την βασική 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.

(γ) Εξηγείστε ποιός όρος και πότε στην εξίσωση του  $\partial \vec{B} / \partial t$  είναι σημαντικός και πότε δεν είναι.