



**Θέμα 1<sup>ο</sup>:**

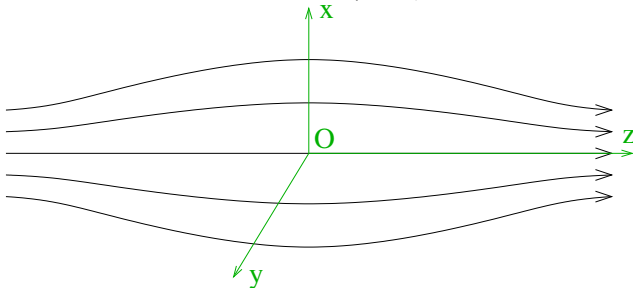
(α) Εκτιμήστε την ενεργό διατομή των κρούσεων Coulomb και την αντίστοιχη μέση ελεύθερη διαδρομή σε ουδέτερο πλάσμα ηλεκτρονίων-πρωτονίων πυκνότητας  $n$  και θερμοκρασίας  $T$ .

(β) Εκτιμήστε την ηλεκτρική αγωγιμότητα σε ένα τέτοιο πλάσμα αν  $T = 10^6$  °K και  $\ln \Lambda = 20$ .

★ (γ) Εκτιμήστε την θερμική αγωγιμότητα σε ένα τέτοιο πλάσμα, δηλ. τον συντελεστή  $\kappa$  στην σχέση  $\vec{q} = -\kappa \vec{\nabla} T$  για την ροή θερμότητας  $\vec{q}$ . Θεωρήστε  $T = 10^6$  °K και  $\ln \Lambda = 20$ .

**Θέμα 2<sup>ο</sup>:**

Σε μια μαγνητική φιάλη το πεδίο έχει αξονική συνιστώσα  $B_z = e^{z^2}$  σε κατάλληλες μονάδες.



(α) Δείξτε ότι η ακτινική συνιστώσα είναι  $B_\varpi = -\varpi z e^{z^2}$ .

★ (β) Δείξτε ότι η εξίσωση των δυναμικών γραμμών είναι  $\varpi^2 e^{z^2} = \text{σταθερά}$ .

(γ) Φορτίο βρίσκεται αρχικά στο σημείο  $x = y = z = 0$ , και έχει αρχική ταχύτητα  $v \frac{\hat{x} + \hat{z}}{\sqrt{2}}$ .

(γ<sub>1</sub>) Για ποιες  $v$  η σταθερότητα της μαγνητικής ροπής  $\mu$  είναι καλή προσέγγιση; Θεωρήστε  $q/mc = 1$ .

(γ<sub>2</sub>) Ποια η αρχική γωνία κλίσης;

(γ<sub>3</sub>) Σε ποια θέση θα ανακλαστεί το φορτίο;

(δ) Ένα άλλο φορτίο ξεκινά από την θέση  $x = 1, y = z = 0$  με αρχική ταχύτητα  $v(\hat{x} \sin \alpha_0 + \hat{z} \cos \alpha_0)$ .

(δ<sub>1</sub>) Ποια η αρχική γωνία κλίσης  $\alpha_0$  αν ανακλάται όταν περνά το επίπεδο  $z = 1$ ;

(δ<sub>2</sub>) Η κίνησή του παραμένει στο επίπεδο  $xz$ ;

**Θέμα 3<sup>ο</sup>:**

(α) Περιγράψτε τις ηλιακές προεξοχές κοντά στην επιφάνεια του Ήλιου όπου η βαρύτητα θεωρείται ομογενής. Συγκεκριμένα, πώς σχετίζεται η θερμοκρασία και πυκνότητά τους σε σχέση με την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα; Όταν προβάλλονται πάνω στον ηλιακό δίσκο, πώς ονομάζονται;

(β) Δώστε τις εκφράσεις των δυνάμεων που ασκούνται στο πλάσμα εντός των προεξοχών.

(γ) Στο απλούστερο μοντέλο ηλιακών προεξοχών σε ένα σύστημα συντεταγμένων  $x-z$ , με τον άξονα  $x$  οριζόντιο και τον άξονα  $z$  κατακόρυφο, θεωρείστε 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  $x$  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

(γ<sub>1</sub>) Τις εξισώσεις μαγνητοστατικής ισορροπίας στην οριζόντια  $\hat{x}$  και στην κατακόρυφη διεύθυνση  $\hat{z}$ .

(γ<sub>2</sub>) Εν συνεχεία, συνδυάζοντας αυτές τις δύο εξισώσεις, δώστε την εξάρτηση της κατακόρυφης συνιστώσας του μαγνητικού πεδίου  $B_z(x)$  και της πυκνότητας  $\rho(x)$ .

**ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ**

$$\rho \frac{d\vec{V}}{dt} = -\vec{\nabla} P + \frac{1}{c} \vec{J} \times \vec{B} + \rho \vec{g}, \quad \vec{J} = \frac{c}{4\pi} \vec{\nabla} \times \vec{B}, \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{a} = \frac{1}{\varpi} \frac{\partial(\varpi a_\varpi)}{\partial \varpi} + \frac{1}{\varpi} \frac{\partial a_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial a_z}{\partial z}, \quad \int_0^\xi \frac{d\xi}{a^2 - \xi^2} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{a + \xi}{a - \xi} \right|.$$

Τιμές φυσικών σταθερών στο σύστημα Γκάους (cgs):  $c = 3 \times 10^{10}$ ,  $G = 6.67 \times 10^{-8}$ ,  $m_e = 9.1 \times 10^{-28}$ ,  $e = 4.8 \times 10^{-10}$ ,  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-12}$ ,  $m_p = 1.67 \times 10^{-24}$ ,  $k_B = 1.38 \times 10^{-16}$ ,  $yr = 3.1 \times 10^7$ ,  $1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^{13}$ ,  $M_\odot = 2 \times 10^{33}$ ,  $R_\odot = 6.96 \times 10^{10}$ .