Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής
Εξετάσεις στη Φυσική Πλάσματος, 24 Φεβρουαρίου 2014
Διάρκεια εξέτασης 3 ώρες, Καλή επιτυχία

Ονοματεπώνυμο: ______________________________, ΑΜ: _ _ _ _ _ _ _

Εκκρεμεί παράδοση εργασίας: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

Έχω παραδώσει ομάδες ασκήσεων 1η ☐ 2η ☐ 3η ☐ 4η ☐ 5η ☐ στον κ. Τσίγκανο ☐

Θέμα 1ο:

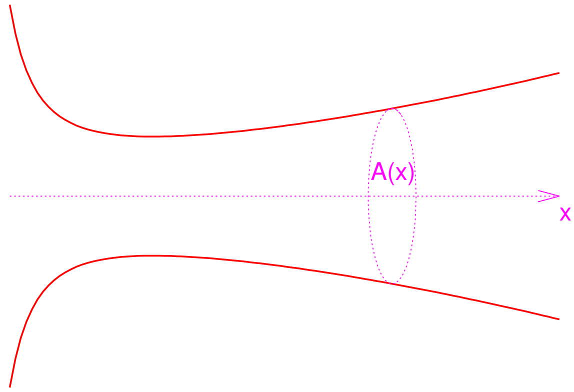
(α) Τι είναι το μήκος Debye και ποια η φυσική σημασία του;
(β) Υπολογίστε το μήκος αυτό για tokamak πλάσμα με $T = 10^7$ K, $n = 10^{13}$ cm^{-3} και για ιονοσφαιρικό πλάσμα με $T = 10^3$ K, $n = 10^5$ cm^{-3}.
Δίνονται στο cgs $k_B = 1.38\times10^{-16}$, $e = 4.8\times10^{-10}$.
(γ) Έστω φορτισμένος επίπεδος πυκνωτής. Αν ο χώρος μεταξύ των οπλισμών είναι κενός γνωρίζουμε ότι το ηλεκτρικό πεδίο είναι ομογενές. Αν γεμίσουμε το χώρο αυτό με πλάσμα ηλεκτρονίων-πρωτονίων περιγράψτε ποιοτικά πως θα τροποποιηθεί το ηλεκτρικό πεδίο. Ποιο θα είναι το πεδίο αν η θερμοκρασία του πλάσματος είναι μηδέν;

Θέμα 2ο:

Ένα απλό μοντέλο για τις ηλιακές προεξοχές υποθέτει ότι το πλάσμα είναι στατικό και ισορροπεί κάτω από την επίδραση των δυνάμεων ανά μονάδα όγκου $\rho\vec{g}$, $\vec{J}\times\vec{B}/c = (\vec{\nabla}\times\vec{B})\times\vec{B}/4\pi$, $-\vec{\nabla}P$, όπου η βαρύτητα είναι ομογενής $\vec{g} = -g\hat{z}$, το μαγνητικό πεδίο $\vec{B} = B_0\hat{x} + B_z(x)\hat{z}$, η πυκνότητα πλάσματος $\rho = \rho(x)$ και η πίεση $P = P(x) = \Lambda g \rho(x)$. Τα B_0 και Λ είναι σταθερές (με διαστάσεις μαγνητικού πεδίου και μήκους αντίστοιχα).
(α) Επιλύστε την εξίσωση της ισορροπίας και βρείτε τις $B_z(x)$ και $P(x)$, θεωρώντας $P(x\to\pm\infty)\to 0$, $B_z(x\to\pm\infty)\to\pm\epsilon B_0$ και $B_z(x=0)=0$.
(β) Σχεδιάστε τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.
(γ) Για ποιες ταχύτητες είναι δικαιολογημένη η υπόθεσή μας να αγνοήσουμε την κίνηση του πλάσματος, δηλ. τον όρο $\rho d\vec{U}/dt$ στην εξίσωση ορμής; (Ζητείται τάξη μεγέθους υπολογισμός.)
Δίνεται $\displaystyle\int_0^\xi \frac{d\xi}{a^2-\xi^2} = \frac{1}{2a}\ln\left|\frac{a+\xi}{a-\xi}\right|$.

Θέμα 3ο:

Έστω σωλήνας μεταβλητής διατομής $A(x)$ – ακροφύσιο του Laval – εντός του οποίου κινείται ισόθερμο ρευστό με μέση ταχύτητα $V(x)\,\hat{x}$.



(α) Από τη διατήρηση μάζας βρείτε την πυκνότητα $\rho(x)$ του ρευστού συναρτήσει της διατομής και της μέσης ταχύτητας.
(β) Χρησιμοποιώντας και την εξίσωση ορμής βρείτε την διαφορική εξίσωση που καθορίζει την ταχύτητα $V(x)$ για δεδομένη $A(x)$. Η ταχύτητα ήχου V_s του ισόθερμου ρευστού θεωρείται γνωστή.
(γ) Αν η ταχύτητα αυξάνει μονότονα με την απόσταση σχολιάστε αν η ροή είναι υποηχητική ή υπερηχητική.
(δ) Σχολιάστε την αναλογία με τον ισόθερμο, σφαιρικά συμμετρικό ηλιακό άνεμο στον οποίο η μέση ταχύτητα καθορίζεται από την εξίσωση

$$\frac{1}{V}\frac{dV}{dr} = \frac{\dfrac{2}{r} - \dfrac{GM}{V_s^2 r^2}}{\dfrac{V^2}{V_s^2} - 1}.$$

Συγκεκριμένα δείξτε ότι είναι ισοδύναμος με ακροφύσιο διατομής ανάλογης του

$$r^2\, e^{\frac{GM}{V_s^2 r}}.$$