



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Φυσική Διαστήματος

Ενότητα: Ασκήσεις

Ιωάννης Δαγκλής

Τμήμα: Φυσικής

1. Ασκήσεις.....4

1. Ασκήσεις

1. Με ποιον τρόπο (δηλαδή με ποια τεχνολογία) “βλέπουμε” την πλασμόσφαιρα; Η πλασμόσφαιρα χαρακτηρίζεται από πολύ πυκνό και κρύο (για τα δεδομένα της μαγνητόσφαιρας!) πλάσμα (ενέργειες της τάξης του 1 eV, δηλαδή 3 τάξεις μεγέθους πιο κρύο από το πλάσμα του πλασμοφλοιού - plasma sheet στη μαγνητοουρά). Δώστε μια συνοπτική απάντηση για τις βασικές αρχές της τεχνολογίας που έχει χρησιμοποιηθεί.

2. Να υπολογίσετε τη μάζα της πλασμόσφαιρας, θεωρώντας ότι $n = 10^{10} \text{ m}^{-3}$. Μπορείτε να θεωρήσετε ότι τα όρια της πλασμόσφαιρας συμπίπτουν με τα όρια των ζωνών Van Allen. Σχολιάστε το αποτέλεσμα σε σχέση με τη μάζα των ζωνών Van Allen. Εξηγήστε γιατί οι ζώνες Van Allen, παρά τη δραματικά μικρότερη μάζα τους συγκριτικά με την πλασμόσφαιρα, έχουν ιδιαίτερα υψηλό επιστημονικό και πρακτικό ενδιαφέρον.

3. Συγκρίνετε το μήκος Debye λ_D στο ηλιακό στέμμα, όπου $n_e=10^7 \text{ cm}^{-3}$ και $T_e=10^6 \text{ K}$ με το λ_D στην πλασμόσφαιρα της Γης, όπου $n_e=10^4 \text{ cm}^{-3}$ και $T_e=5 \times 10^3 \text{ K}$.

4. Υπολογίστε τη γυροσυχνότητα (σε hertz) ηλεκτρονίων, πρωτονίων και ιόντων O^+ σε πεδίο $B = 100 \text{ nT}$, 1000 nT και $10,000 \text{ nT}$. Σε τί γεωκεντρικές αποστάσεις r (σε ακτίνες Γης RE) θα συναντήσουμε τέτοιες γυροσυχνότητες; Δίνεται ο τύπος για το B στο ισημερινό επίπεδο (BE) συναρτήσει της γεωκεντρικής απόστασης r και του B στην επιφάνεια της Γης (B_0): $BE = B_0 (1/r)^3$, όπου το r σε ακτίνες Γης.

5. Οι υψηλότερες ενέργειες πρωτονίων που έχουν παρατηρηθεί μέχρι σήμερα στο σύμπαν είναι της τάξης των 10^{20} eV . Πρόκειται για πρωτόνια που είναι παγιδευμένα από το μεσοαστρικό μαγνητικό πεδίο με $B = 3 \times 10^{-10} \text{ T}$. Βρείτε τη γυροακτίνα αυτών των πρωτονίων και σχολιάστε την.

6. Γυροκίνηση Βρείτε την γυροακτίνα των παρακάτω:

- Ηλεκτρόνιο και πρωτόνιο ενέργειας 10 keV στη μαγνητόσφαιρα με $B=500 \text{ nT}$
 - Ηλεκτρόνιο και πρωτόνιο ενέργειας 1 keV στον ηλιακό άνεμο με $B=5 \text{ nT}$
 - Solar Energetic Proton (SEP) 10 MeV στον ηλιακό άνεμο με $B=5 \text{ nT}$
 - Πρωτόνιο και ιόν He^{++} 1 keV κοντά σε ηλιακή κηλίδα με $B = 5 \times 10^7 \text{ nT}$
- και σχολιάστε τα αποτελέσματα.

7. Κίνηση ανάκλασης

Ένα ηλεκτρόνιο έχει στο ισημερινό επίπεδο $v_{||0} = 2E6 \text{ m/s}$ and $v_{\perp 0} = 2E6 \text{ m/s}$.

- Θα ανακλαστεί το ηλεκτρόνιο στο σημείο M αν $B_0=300 \text{ nT}$ and $B_M=400 \text{ nT}$;
- Το συγκεκριμένο ηλεκτρόνιο ανήκει στον πληθυσμό ηλεκτρονίων που δημιουργούν σέλας; (ενέργεια $\sim 1-10 \text{ keV}$).

8. Ακτινική διάχυση

Πρωτόνιο με ενέργεια 500 keV και με ισημερινή γωνία κλίσης $\alpha_0=45^\circ$, μετακινείται ακτινικά από τη γεωστατική τροχιά ($r=6.6 \text{ RE}$), όπου $B=100 \text{ nT}$, στην καρδιά της εξωτερικής ζώνης Van Allen ($r=4.6 \text{ RE}$), όπου $B=300 \text{ nT}$.

- Βρείτε την ισημερινή γωνία κλίσης στο νέο φλοιό
- Βρείτε τη γυροακτίνα του πρωτονίου συγκριτικά με την απόσταση που θα μετακινηθεί ακτινικά.

9. Ταλάντωση πλάσματος

Από την εξίσωση $\omega_p = \sqrt{n e^2 / \epsilon_0 m}$ rad/sec για τη συχνότητα πλάσματος (plasma frequency), να υπολογίσετε μια πιο συμπαγή και πρακτική εξίσωση για την ω_p .

10. Ήλιος, διαπλανητικός χώρος και μαγνητικές καταιγίδες Οι κρίκοι της αλυσίδας της γεωηλιακής σύζευξης περιλαμβάνουν κατά σειρά: ηλιακή έκλαμψη, στεμματική εκτίναξη μάζας, διαμόρφωση του διαπλανητικού μαγνητικού πεδίου και εκδήλωση (ή όχι) γεωδιαστημικής μαγνητικής καταιγίδας. Να συγκρίνετε το «γεωαποτέλεσμα» των δύο ηλιακών εκρήξεων που εκδηλώθηκαν στις 7 Μαρτίου 2012 και στις 7 Ιανουαρίου 2014. Για τον σκοπό αυτό ακολουθείτε τα παρακάτω βήματα:

i. Διαπιστώνετε την ισχύ της ηλιακής έκλαμψης από τις μετρήσεις του δορυφόρου GOES15 στον ιστοχώρο: http://satdat.ngdc.noaa.gov/sem/goes/data/new_plots/

επιλέγοντας κατά σειρά το έτος (2012 και 2014), τον δορυφόρο GOES15, τον φάκελο summary, και τη χρονική περίοδο που αντιστοιχεί στο εκρηκτικό επεισόδιο. Το διάγραμμα στην κορυφή δίνει την ένταση ροής των ακτίνων X, από την οποία ταξινομείται κάθε έκλαμψη ως προς το μέγεθός της. Και στις δύο περιπτώσεις η έκλαμψη ήταν από τις ισχυρότερες που έχουν καταγραφεί.

Τυπώνετε τα διαγράμματα και τα επισυνάπτετε στην εργασία, αναφέροντας το μέγεθος της έκλαμψης.

ii. Παρακολουθείτε τα βίντεο των στεμματικών εκτινάξεων μάζας (CME) που έχουν αναρτηθεί στον φάκελο *Πολυμέσα* του e-class (2 για κάθε επεισόδιο)

iii. Σχεδιάζετε (plot) τις παραμέτρους του διαπλανητικού χώρου στον ιστοχώρο:

<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>

Επιλέγετε “Plot data” και “Hourly averaged” και εισάγετε το χρονικό διάστημα για το οποίο θα σχεδιάσετε τις παραμέτρους που επιλέγετε:

- Bz, GSM, nT
- Flow Speed, km/sec
- Dst Index, nT

και κλικάρετε το εικονίδιο Submit.

Τυπώνετε τα διαγράμματα και τα επισυνάπτετε στην εργασία, Σχολιάστε το διαφορετικό «γεωαποτέλεσμα» (ως ένταση μαγνητικής καταιγίδας, που αντιπροσωπεύεται από τον δείκτη Dst) των δύο ηλιακών εκρήξεων.

11. Ένταση δακτυλιοειδούς ρεύματος Θεωρούμε ότι το δακτυλιοειδές ρεύμα ρέει ως επικαμπύλιο (δηλαδή μονοδιάστατο) ρεύμα σε σχήμα κυκλικού βρόχου γύρω από τη Γη, σε γεωκεντρική απόσταση 4 ακτίνων Γης και ότι επιφέρει μείωση του δείκτη Dst κατά 300 nT. Βρείτε την ένταση του ρεύματος (I) σε Ampere χρησιμοποιώντας τον νόμο Biot-Savard και θεωρώντας τη Γη σημείο.

Δίνονται:

- Μαγνητική διαπερατότητα του κενού: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$
- Ακτίνα Γης: 6378 km

12. Ολίσθηση ιόντων H^+ του δακτυλιοειδούς ρεύματος γύρω από τη Γη

i. Περίοδος ολίσθησης πρωτονίων γύρω από τη Γη (σε ώρες) δίνεται από τον προσεγγιστικό τύπο:

$$\tau_{\text{drift}} = \frac{367}{E L (0.35 + 0.15 \sin \alpha_0)}$$

όπου E ή ενέργεια των πρωτονίων σε keV, L ο αριθμός που εκφράζει (αδιάστατα) τη

γεωκεντρική απόσταση στην οποία ένας μαγνητοφλοιός τέμνει το ισημερινό επίπεδο και α_0 η ισημερινή γωνία κλίσης. Υπολογίστε τον χρόνο που χρειάζονται για μια πλήρη περιφορά γύρω από τη Γη πρωτόνια πάνω στον μαγνητοφλοιό $L=5$, με χαρακτηριστικές για το δακτυλιοειδές ρεύμα ενέργειες A. 50 keV B. 100 keV με ισημερινή γωνία κλίσης $\alpha_0=45^\circ$ και $\alpha_0=90^\circ$ (και για τις δύο ενέργειες).

13. Διαφυγή ηλεκτρονίων στην ανώτερη ατμόσφαιρα.

A. Δείξτε ότι η ισημερινή γωνία κλίσης του κώνου διαφυγής (loss cone equatorial pitch angle) δίνεται από τη σχέση: $\sin^2 \alpha_0 = (4L^6 - 3L^5)^{-1/2}$

Χρησιμοποιώντας :

i. την εξίσωση της πρώτης αδιαβατικής αναλλοίωτης για την ανάκλαση σωματιδίου:
 $\sin^2 \alpha_{eq} = B_{eq} / B_m$

ii. την εξίσωση που μάς δίνει το μαγνητικό πεδίο σε οποιοδήποτε σημείο: $B = B_{eq} [(1+3\sin^2\theta)^{1/2} / \cos^6\theta]$, όπου θ το γεωμαγνητικό πλάτος του σημείου

iii. την εξίσωση που συνδέει το γεωμαγνητικό πλάτος του σημείου διαφυγής με τον μαγνητοφλοιό L : $\cos^2\theta = L^{-1}$

B. Μετά την απόδειξη, υπολογίστε την ελάχιστη γωνία κλίσης α_{eq} που πρέπει να έχει ένα ηλεκτρόνιο στο ισημερινό επίπεδο ώστε να παραμένει παγιδευμένο από το μαγνητικό πεδίο, αν βρίσκεται:

α. στη γεωστατική τροχιά ($L=6.6$)

β. στο εσωτερικό όριο της εξωτερικής ζώνης Van Allen ($L=3$)

Σχολιάστε το αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα που βρήκατε για ηλεκτρόνια, θα διαφέρει για πρωτόνια και για ιόντα O^+ ; Γιατί;

14. South Atlantic Anomaly. Διαβάστε την ιστοσελίδα:

<http://epod.usra.edu/blog/2002/06/south-atlantic-anomaly.html>

και εξηγήστε, σύμφωνα με όσα γνωρίζετε για την κίνηση φορτισμένων σωματιδίων στο γεωδιάστημα, γιατί η ένταση ροής των σωματιδίων των ζωνών Van Allen είναι υψηλότερη πάνω από την περιοχή της South Atlantic Anomaly απ' ό,τι είναι αλλού. Να κάνετε συγκεκριμένη αναφορά σε παραμέτρους και εξισώσεις.

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.00.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Ιωάννης Δαγκλής, 2015. Ιωάννης Δαγκλής. «Φυσική Διαστήματος. Ασκήσεις». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS5/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

