

ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ

ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΑΣΚΗΣΕΩΝ 2

ΑΣΤΡΙΚΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΕΣ

1. Για γκρίζα παραλληλεπίπεδη ατμόσφαιρα (σε τοπική θερμοδυναμική ισορροπία), γράψτε την εξίσωση διάδοσης ακτινοβολίας χρησιμοποιώντας την έννοια του κατακόρυφου οπτικού βάθους. Στη συνέχεια αποδείξτε ότι, αν υποθέσουμε ότι στην ατμόσφαιρα έχουμε ακτινοβολική ισορροπία (δηλ. όση ενέργεια απορροφάται από ένα στοιχειώδες κομμάτι της ατμόσφαιρας τόση επανεκπέμπεται), τότε:

(i) $J = S$, όπου J η μέση ένταση ακτινοβολίας και S η συνάρτηση πηγής,

(ii) $P_{\text{rad}} = -\frac{1}{c}f\tau_v + \text{const}$, όπου f η ροή ακτινοβολίας και τ_v το κατακόρυφο οπτικό βάθος.

2. Για τη προσέγγιση Eddington για γκρίζα παραλληλεπίπεδη ατμόσφαιρα (σε τοπική θερμοδυναμική ισορροπία), υποθέτουμε ότι το πεδίο ακτινοβολίας περιγράφεται από τη συνάρτηση

$$I(\tau_v, \theta) = \begin{cases} I_1(\tau_v) & 0 \leq \theta < \pi/2 \\ I_2(\tau_v) & \pi/2 < \theta \leq \pi \end{cases}, \text{ όπου } \tau_v \text{ το κατακόρυφο οπτικό βάθος.}$$

Να αποδείξετε ότι ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις για την μέση ένταση ακτινοβολίας J , για τη ροή ακτινοβολίας, f , και για τη πίεση ακτινοβολίας P_{rad} :

$$J = \langle I \rangle = \frac{1}{2}(I_1 + I_2)$$

$$f = \pi(I_1 - I_2)$$

$$P_{\text{rad}} = \frac{2\pi}{3c}(I_1 + I_2) = \frac{4\pi}{3c}J$$

3. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της άσκησης 2 να αποδείξετε ότι η σταθερά που εμφανίζεται στη σχέση (ii) της άσκησης 1 ισούται με $\frac{2f}{3c}$.
4. Για τη προσέγγιση Eddington για αστρικές ατμόσφαιρες προσδιορίστε τις εντάσεις I_1 και I_2 συναρτήσει του κατακόρυφου οπτικού βάθους. Σε ποιο οπτικό βάθος μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η ακτινοβολία είναι ισοτροπική με σφάλμα το πολύ 1%;
5. Δείξτε ότι για τη προσέγγιση Eddington για αστρικές ατμόσφαιρες η συνάρτηση πηγής δίνεται από τη σχέση: $S(\tau_v) = T_e^4 \left(-\tau_v + \frac{2}{3} \right)$, όπου T_e η ενεργός θερμοκρασία. Χρησιμοποιώντας αυτό το αποτέλεσμα :

- (i) να δείξετε ότι η (σταθερή) τιμή της ροής της ακτινοβολίας είναι ίση με π φορές τη συνάρτηση πηγής υπολογισμένη σε κατακόρυφο οπτικό βάθος ίσο με $-2/3$,
 - (ii) να εξηγήσετε το φαινόμενο της αμαύρωσης χείλους του ηλιακού δίσκου.
6. Για μια γκρίζα παραλληλεπίπεδη ατμόσφαιρα (σε τοπική θερμοδυναμική ισορροπία), προσδιορίστε τον λόγο της ενεργού θερμοκρασίας του άστρου προς τη θερμοκρασία του στην κορυφή της ατμόσφαιρας. Εάν $T_e = 5777\text{ K}$, ποια είναι η θερμοκρασία στην κορυφή της ατμόσφαιρας;
7. Πρόβλημα 9.26 Carroll and Ostlie (αγγλική έκδοση)
8. Πρόβλημα 9.27 Carroll and Ostlie (αγγλική έκδοση)