

Φυσική των Αστέρων 2023-2024

1ο φυλλάδιο ασκήσεων

Παράδοση μέχρι Σάββατο 18/11/2023

Απορίες: dh@phys.uoa.gr, stboula@phys.uoa.gr

Για την εργασία σας μπορείτε να επιλύσετε οποιοσδήποτε 8 από τις παρακάτω 12 ασκήσεις

Ασκήσεις

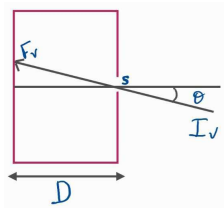
1. Να υπολογίσετε τη ροή ακτινοβολίας που δέχεται ένας παρατηρητής από μία σφαιρική πηγή ακτινοβολίας με ακτίνα R , όταν βρίσκεται σε απόσταση D από το κέντρο της πηγής. Πόση είναι η ροή στην επιφάνεια της σφαίρας, υποθέτοντας ότι το I_ν είναι σταθερό;
2. Υποθέτοντας ότι ένα φωτόνιο εκπέμπεται σε μια οπτικά πυκνή σφαιρική δομή ακτίνας R , και έχει συντελεστή σκέδασης σ_ν . Να υπολογιστεί ο αριθμός των σκεδάσεων N του φωτονίου μέχρι να εξέλθει από τη σφαίρα.
3. Έστω ότι μία σφαίρα, ακτίνας R , εκπέμπει N φωτόνια από το κέντρο της. Αν εντός της σφαίρας ο συντελεστής απορρόφησης είναι α_ν , πόσα φωτόνια θα απορροφηθούν;
4. Φωτόνια ενέργειας ϵ (το καθένα) παράγονται με σταθερό ρυθμό r_ϵ (φωτόνια ανά μονάδα όγκου ανά μονάδα χρόνου) μέσα σε ένα σφαιρικό νέφος ακτίνας R . Το νέφος βρίσκεται σε απόσταση D από τον παρατηρητή στη Γη. Αγνοήστε την απορρόφηση των φωτονίων αυτών (τι σημαίνει αυτό για το νέφος;). Στη Γη, ανιχνευτής ημισείας στερεάς γωνίας αποδοχής $\Delta\theta$ και ενεργής επιφάνειας ΔA , ανιχνεύει τα φωτόνια αυτά:
 - a. Αν η πηγή είναι τέλεια διακριτή (fully resolved), βρείτε την παρατηρούμενη μέση ένταση (φωτόνια ανά μονάδα χρόνου, επιφάνειας, στερεάς γωνίας), στην κατεύθυνση του κέντρου του νέφους.
 - β. Αν η πηγή δεν είναι καθόλου διακριτή (completely unresolved), βρείτε την παρατηρούμενη μέση ένταση όταν η πηγή είναι ολόκληρη μέσα στη γωνία παρατήρησης του ανιχνευτή.

5. Μία πηγή με γωνιακή διάμετρο $\theta = 4.3 \text{ arc minutes}$ ανιχνεύθηκε στα 1 GHz με ροή φωτονίων $F_{1\text{GHz}} = 5 \times 10^{-17} \text{ erg cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$. Αν υποθέσουμε ότι αυτή η εκπομπή είναι θερμική:
- Βρείτε τη θερμοκρασία λαμπρότητας. Σε ποια περιοχή ενεργειών της καμπύλης BB αντιστοιχεί;
 - Αν η περιοχή εκπομπής είναι πιο συμπαγής από την παρατηρούμενη γωνιακή διάμετρο, πώς επηρεάζεται ο παραπάνω υπολογισμός;
 - Αν πρόκειται για μέλαν σώμα, σε ποια συχνότητα εμφανίζεται το μέγιστο της εκπομπής;

6. Μια κάμερα τρύπας αποτελείται από ένα μικρό κυκλικό άνοιγμα διαμέτρου s , σε απόσταση D από το επίπεδο του φιλμ (βλ. Σχήμα). Δείξτε ότι η ροή F στο επίπεδο του φιλμ εξαρτάται από το πεδίο φωτεινότητας με βάση την εξίσωση:

$$F_\nu = \frac{\pi \cos^4 \theta}{4f^2} I_\nu(\theta, \phi)$$

όπου $f = D/s$ η εστιακή απόσταση.



Σχήμα 1: Σχηματική απεικόνιση κάμερας

7. Υπολογίστε τους σχετικούς πληθυσμούς στις 5 κατώτερες στάθμες του ατόμου του υδρογόνου, σε θερμοκρασία 50.000K .

8. Σύμφωνα με ένα μοντέλο για τον Ήλιο, η κεντρική πυκνότητα είναι $1.53 \times 10^5 \text{ kgm}^{-3}$ και η μέση αδιαφάνεια Rosseland στο κέντρο είναι $0.217 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$.

(α) Υπολογίστε τη μέση ελεύθερη διαδρομή ενός φωτονίου στο κέντρο του Ήλιου.

(β) Υπολογίστε τον μέσο χρόνο που χρειάζεται ένα φωτόνιο για να διαφύγει από τον Ήλιο εάν η μέση ελεύθερη διαδρομή παρέμενε σταθερή για το ταξίδι του φωτονίου προς την επιφάνεια. (Αγνοήστε το γεγονός ότι συγκεκριμένα φωτόνια συνεχώς καταστρέφονται και δημιουργούνται μέσω απορρόφησης, σκέδασης και εκπομπής.)

9. Εάν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ενός άστρου αυξάνεται προς τα έξω, τι είδους φασματικές γραμμές θα αναμένατε να βρείτε στο φάσμα αυτού του άστρου σε εκείνα τα μήκη κύματος στα οποία η αδιαφάνεια είναι μέγιστη;

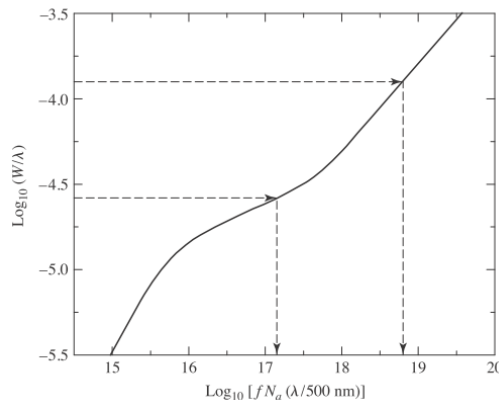
10. Θεωρήστε έναν μεγάλο κούφιο σφαιρικό φλοιό θερμού αερίου ο οποίος περιβάλλει ένα άστρο. Υπό ποιες συνθήκες θα βλέπατε αυτόν τον φλοιό ως έναν λαμπερό δακτύλιο γύρω από το άστρο; Τι μπορείτε να πείτε για την οπτική πυκνότητα του κλοιού;

11. Δείξτε ότι για μία γκριζα ατμόσφαιρα σε τοπική θερμοδυναμική ισορροπία, η (σταθερή) τιμή της ροής της ακτινοβολίας είναι ίση με π φορές τη συνάρτηση πηγής υπολογισμένη σε οπτικό βάθος $2/3$, δηλ. $F_{rad} = \pi S (\tau_v = 2/3)$. Αυτή η συνάρτηση, που ονομάζεται σχέση Eddington-Barbier, λέει ότι η ροή ακτινοβολίας που λαμβάνεται από την επιφάνεια ενός άστρου καθορίζεται από την τιμή της συνάρτησης πηγής στο $\tau_v = 2/3$.

12. Οι δύο ηλιακές γραμμές απορρόφησης που δίνονται στον ακόλουθο πίνακα παράγονται όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από το τροχιακό της βασικής στάθμης του ουδετέρου ατόμου του Na I σε ανώτερες στάθμες. Χρησιμοποιώντας τη γενική καμπύλη ανάπτυξης για τον Ήλιο, που δίνεται στο παρακάτω σχήμα, βρείτε τον αριθμό των απορροφούντων ατόμων νατρίου, ανά μονάδα επιφάνειας της φωτόσφαιρας.

Πίνακας

$\lambda(\text{nm})$	$W(\text{ nm})$	f
330.298	0.0067	0.0049
589.594	0.0560	0.325



Σχήμα 2: Καμπύλη ανάπτυξης για τον ήλιο (από Carrol & Ostlie.)