

Φυσική των Αστέρων

Φυλλάδιο ασκήσεων 1 (Εξίσωση διάδοσης ακτινοβολίας)

Άσκηση 1

(α) Ένα παραλληλεπίπεδο στρώμα αερίου με ομοιόμορφη πυκνότητα βρίσκεται σε τοπική θερμοδυναμική ισορροπία (ΤΘΙ) σε μια ομοιόμορφη θερμοκρασία T . Το πάχος του, κάθετα στην επιφάνειά του, είναι s . Ο συντελεστής απορρόφησης του αερίου είναι $\alpha_{\nu, \text{gas}}$. Υποθέστε ότι δεν υπάρχει εισερχόμενη ακτινοβολία από την κάτω πλευρά του στρώματος, δηλαδή $I_{\nu, 0} = 0$. Να γράψετε την ειδική ένταση, I_{ν} , που παρατηρείται κάθετα στο στρώμα (από την πάνω μεριά), συναρτήσει των δεδομένων μεταβλητών.

(β) Στο ίδιο στρώμα προσθέτουμε ομοιόμορφα σκόνη που δεν εκπέμπει, αλλά μόνο απορροφά, με συντελεστή απορρόφησης $\alpha_{\nu, \text{dust}}$. Να εκφράσετε τη νέα ειδική ένταση, I_{ν} , που εξέρχεται κάθετα από το στρώμα, συναρτήσει των δεδομένων μεταβλητών.

(γ) Προσθέτουμε τώρα ομοιόμορφα μία τρίτη συνιστώσα: ένα μέσο που έχει ομοιόμορφη εκπομπή, με συντελεστή εκπομπής $j_{\nu, \text{med}}$, αλλά μηδενική απορρόφηση. Υποθέστε ότι η εκπομπή αυτή κατανέμεται ομοιόμορφα μέσα στο στρώμα και δεν επηρεάζει την απορρόφηση από τις άλλες συνιστώσες. Να γράψετε την τελική ειδική ένταση I_{ν} που παρατηρείται κάθετα στο στρώμα, συναρτήσει των δεδομένων μεταβλητών.

Άσκηση 2

Σφαιρική πηγή ακτίνας R και συντελεστή απορρόφησης α , εκπέμπει (συνολικά) N φωτόνια ίδιας συχνότητας (σημειακή πηγή στο κέντρο της σφαίρας). Πόσα από αυτά απορροφώνται μέσα στην πηγή; Υποθέτουμε ότι τα φωτόνια εκπέμπονται ισοτροπικά προς όλες τις διευθύνσεις από το κέντρο της πηγής και ότι οι απορροφητές είναι ομοιογενώς κατανεμημένοι στη σφαίρα (υποθέτουμε ότι έχουμε μόνο απορρόφηση και όχι σκέδαση). Σκεφτείτε τι θα έπρεπε να κάνετε για να λύσετε το πρόβλημα αν τα φωτόνια δημιουργούνται ομοιογενώς σε οποιοδήποτε σημείο εντός της σφαίρας (ομοιογενές εσωτερικό πεδίο εκπομπής).

Άσκηση 3

Να υπολογίσετε τη μονοχρωματική ροή f_{ν} που δέχεται ένας παρατηρητής από μία σφαιρική πηγή ακτίνας R όταν βρίσκεται σε απόσταση D από το κέντρο της. Υποθέστε ότι η ειδική ένταση στην επιφάνεια της σφαίρας είναι σταθερή και ανεξάρτητη της θέσης και της γωνίας πάνω στον ορατό δίσκο. Πόση είναι η μονοχρωματική ροή F_{ν} στην επιφάνεια της σφαίρας;

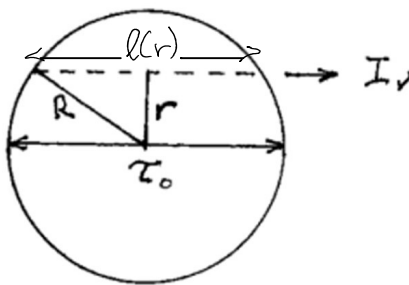
Άσκηση 4

Ένα φωτόνιο εκπέμπεται στο κέντρο μιας ομογενούς σφαιρικής πηγής ακτίνας R , η οποία σκεδάζει ισότροπα με συντελεστή σκέδασης σ_v , χωρίς απορρόφηση, και είναι οπτικά πυκνή ($\tau_v \gg 1$). Να εκτιμηθεί ο αριθμός N των σκεδάσεων που υφίσταται ένα τυπικό φωτόνιο μέχρι να εξέλθει από την πηγή.

Άσκηση 5

Σφαιρικό, ομογενές νέφος ακτίνας R έχει σταθερή συνάρτηση πηγής S_v και σταθερό α_v (αγνοούμε τη σκέδαση).

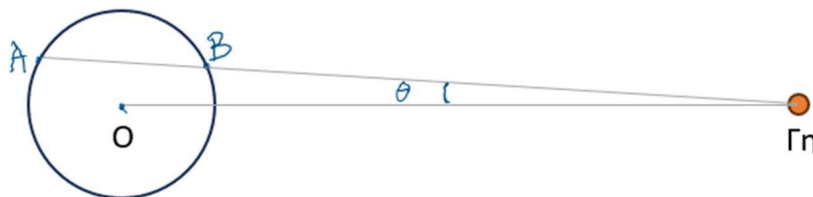
(α) Αν το οπτικό βάθος τ_v πάνω στη διάμετρο της σφαίρας ισούται με 1, υπολογίστε την ειδική ένταση ακτινοβολίας ως συνάρτηση της απόστασης r (βλ. σχήμα), όπως θα τη μέτραγε ένας ανιχνευτής (υποθέτουμε ότι η πηγή είναι «resolved»), υποθέτοντας ότι μεταξύ της πηγής και του ανιχνευτή παρεμβάλλεται κενός (ελεύθερος) χώρος και ότι ο ανιχνευτής είναι σε απόσταση $D \gg R$.



(β) Επαναλάβετε το (α) αν το οπτικό βάθος τ_v πάνω στη διάμετρο της σφαίρας ισούται με 10.

Άσκηση 6

Θεωρούμε σφαιρική πηγή ακτίνας R αποτελούμενη από σωματίδια με αριθμητική πυκνότητα n . Τα σωματίδια εκπέμπουν ακτινοβολία με συντελεστή εκπομπής j'_v ανά σωματίδιο. Ο συντελεστής απορρόφησης είναι σταθερός. Η πηγή απέχει απόσταση D από τη Γη (ο παρεμβαλλόμενος χώρος είναι κενός). Θεωρώντας ότι η πηγή είναι οπτικά διαφανής και ομογενής, υπολογίστε την ειδική ένταση ακτινοβολίας I_v ως συνάρτηση της γωνίας θ (βλ. σχήμα). Ποια είναι η ροή ακτινοβολίας από την πηγή αυτή στη Γη, και ποια η βολομετρική της φωτεινότητα;



Άσκηση 7

Παραλληλεπίπεδη πηγή πάχους D χαρακτηρίζεται από συντελεστή εκπομπής $j_\nu = A\nu^{-1}$ για $\nu_{\min} \leq \nu \leq \nu_{\max}$ και $j_\nu = 0$ για $\nu < \nu_{\min}$ και $\nu_{\max} < \nu$.

Ο συντελεστής απορρόφησης είναι $\alpha_\nu = B[(\nu/\nu_1)^2 - 1]$ για $\nu_{\min} \leq \nu \leq \nu_{\max}$ και $\alpha_\nu = 0$ για $\nu < \nu_{\min}$ και $\nu_{\max} < \nu$ (A και B σταθερές).

Ποια είναι η βολομετρική ροή στην επιφάνεια της πηγής (συνολικά από την πάνω και από την κάτω πλευρά);

Άσκηση 8

Ένα αέριο εκπέμπει θερμικά με ρυθμό $P(\nu)$ (ισχύς ανά μονάδα όγκου και για συχνότητες μεταξύ ν και $\nu + d\nu$). Ένα σφαιρικό νέφος από αυτό το αέριο έχει ακτίνα R , θερμοκρασία T και βρίσκεται σε απόσταση d από τη Γη ($d \gg R$).

Υποθέστε ότι το νέφος είναι οπτικά αραιό. Ποια είναι η ειδική ένταση που θα μετρήσουμε στη Γη (υποθέτουμε ότι η πηγή είναι «resolved» και ότι ο χώρος μεταξύ πηγής και ανιχνευτή είναι κενός); Δώστε την απάντησή σας συναρτήσει της απόστασης b από το κέντρο του νέφους, υποθέτοντας ότι οι ακτίνες που φτάνουν στη Γη από το νέφος είναι παράλληλες μεταξύ τους.

Ποια είναι η ενεργός θερμοκρασία του νέφους;

Ποια είναι η φασματική πυκνότητα ροής F_ν που μετράμε στη Γη από ολόκληρο το νέφος;

Συγκρίνετε τη «θερμοκρασία λαμπρότητας» (brightness temperature) με τη θερμοκρασία του νέφους.

Απαντήστε τα προηγούμενα ερωτήματα για οπτικά πυκνό νέφος.

