

ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ

ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΑΣΚΗΣΕΩΝ 1

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ – ΕΞΙΣΩΣΗ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

- (α) Ένα παρ/επίπεδο στρώμα αερίου με ομοιόμορφη πυκνότητα βρίσκεται σε τοπική θερμοδυναμική ισορροπία (LTE) σε μια ομοιόμορφη θερμοκρασία T . Το πάχος του, κάθετα στην επιφάνειά του, είναι s . Ο συντελεστής απορρόφησης του αερίου είναι $\alpha_{\nu,gas}$. 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, συναρτήσει των δεδομένων μεταβλητών.

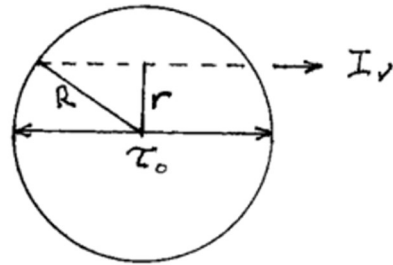
(β) Στο ίδιο στρώμα προσθέτουμε ομοιόμορφα σκόνη που δεν εκπέμπει αλλά μόνο απορροφά με συντελεστή απορρόφησης $\alpha_{\nu,dust}$. Να εκφράσετε τη νέα ειδική ένταση, I_{ν} που εξέρχεται κάθετα από το στρώμα, συναρτήσει των δεδομένων μεταβλητών.

(γ) Προσθέτουμε τώρα ομοιόμορφα μία τρίτη συνιστώσα: ένα μέσο που έχει ομοιόμορφη εκπομπή, με συντελεστή εκπομπής $j_{\nu,med}$, 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.
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 στη 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 αν τα φωτόνια δημιουργούνται ομοιογενώς σε οποιοδήποτε σημείο εντός της σφαίρας (ομοιογενές εσωτερικό πεδίο εκπομπής).
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;

4. Υποθέτοντας ότι ένα φωτόνιο εκπέμπεται σε μια οπτικά πυκνή ($\tau_\nu \gg 1$) σφαιρική πηγή ακτίνας R , με συντελεστή σκέδασης σ_ν , να υπολογιστεί ο αριθμός των σκεδάσεων N του φωτονίου μέχρι να εξέλθει από τη πηγή.

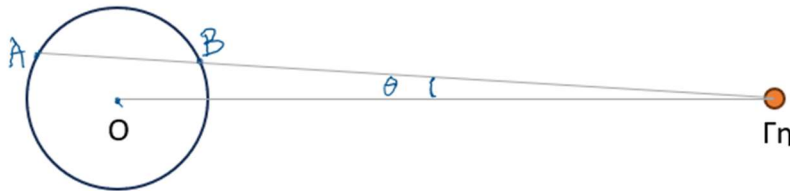
5. Σφαιρικό, ομογενές νέφος ακτίνας R έχει σταθερή συνάρτηση πηγής S_ν και σταθερό α_ν (αγνοούμε τη σκέδαση).

(α) Αν το οπτικό βάθος τ 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 πάνω στη διάμετρο της σφαίρας ισούται με 10.

6. Θεωρούμε σφαιρική πηγή ακτίνας R αποτελούμενη από σωματίδια με αριθμητική πυκνότητα n . Τα σωματίδια εκπέμπουν ακτινοβολία με συντελεστή εκπομπής j_ν' 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_ν ως συνάρτηση της γωνίας θ (βλ. σχήμα). Ποια είναι η ροή ακτινοβολίας από τη πηγή αυτή στη Γη, και ποια η βολομετρική της φωτεινότητα;



7. Παρ/επίπεδη 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 $\alpha_\nu = B \left[\left(\frac{\nu}{\nu_1} \right)^2 - 1 \right]$ 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 τη πάνω και από τη κάτω πλευρά);

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 ($d \gg R$). (i) 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. (ii) Ποια είναι η ενεργός θερμοκρασία του νέφους; (iii) Ποια είναι η φασματική πυκνότητα ροής F_ν που μετράμε στη Γη από ολόκληρο το νέφος; (iv) Συγκρίνετε την “θερμοκρασία λαμπρότητας” (brightness temperature) με τη θερμοκρασία του νέφους. (v) Απαντήστε τα προηγούμενα ερωτήματα για οπτικά πυκνό νέφος.

