



# Αστρονομία

## Ενότητα # 7: Ακτινοβολία

Νικόλαος Στεργιούλας  
Τμήμα Φυσικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.

Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

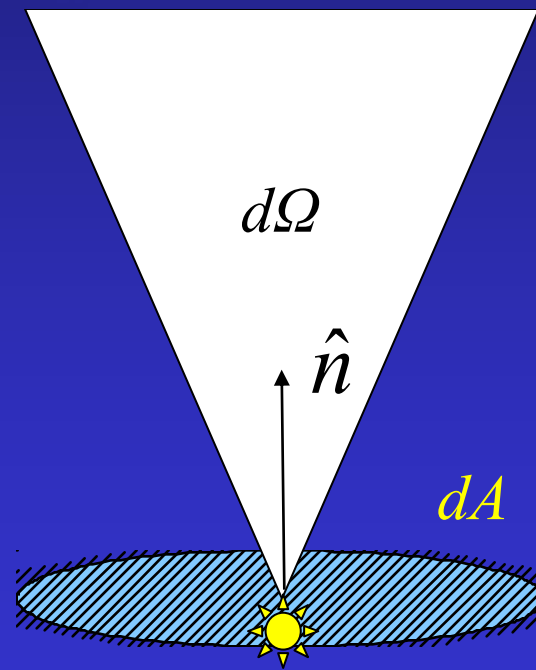
- *Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>*

*Ν. Στεργιούλας*

# ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ενέργεια που διέρχεται ανά μονάδα χρόνου, εμβαδού, συχνότητας και στερεάς γωνίας κάθετα προς μια επιφάνεια, σε μια θέση  $\vec{r}$ , μεταξύ των συχνοτήτων  $\nu$  και  $\nu+d\nu$ .

$$I_{\nu}(\vec{r}) = \frac{dE_{\nu}}{d\Omega dt d\nu dA}$$



Στο CGS οι μονάδες μέτρησης είναι:  $\text{erg s}^{-1} \text{Hz}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{ster}^{-1}$

# ΟΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ομοίως, μπορούμε να ορίσουμε:

$$I_{\lambda}(\vec{r}) = \frac{dE_{\lambda}}{d\Omega dt d\lambda dA}$$

Και προφανώς ισχύει

$$I_{\nu} d\nu = I_{\lambda} d\lambda$$

Η ολική ένταση είναι

$$I = \int_0^{\infty} I_{\nu} d\nu$$

# ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Από το νόμο του Planck:

$$I_\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

όπου  $h$  είναι η σταθερά του Planck και  $k$  η σταθερά του Boltzmann.

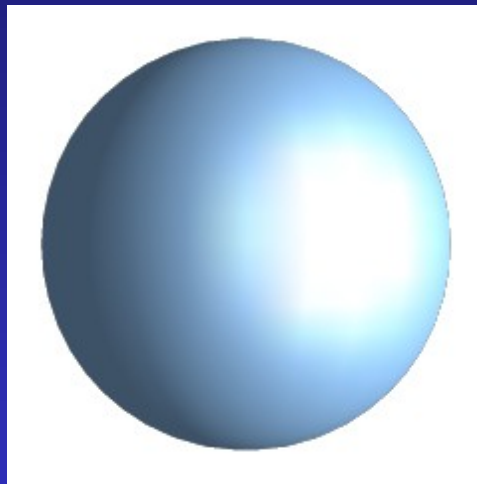
Η ολική ένταση για το μέλαν σώμα είναι

$$I = \int_0^\infty I_\nu d\nu = \frac{\sigma T^4}{\pi}$$

όπου  $\sigma$  είναι η σταθερά των Stefan-Boltzmann.

# ΡΟΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΟ ΑΣΤΕΡΑ

Αν θεωρήσουμε ένα σφαιρικό αστέρα, η ακτινοβολία που μπορεί να φτάσει σε μας προέρχεται από το ημισφαίριο με το οποίο έχουμε οπτική επαφή.



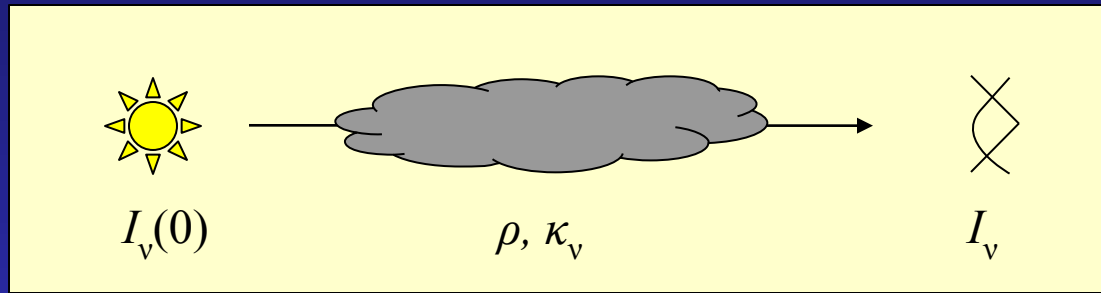
Επειδή η ακτινοβολία μελανού σώματος είναι ισοτροπική, η ειδική ένταση είναι ανεξάρτητη της διεύθυνσης  $\hat{n}$ . Η ροή που φτάνει σε μας προκύπτει από την ολοκλήρωση στο ένα ημισφαίριο:

$$F = \pi I = \sigma T^4$$



# ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Θεωρούμε ότι μεταξύ μιας φωτεινής πηγής και ενός παρατηρητή παρεμβάλεται ένα ψυχρό μέσο με πυκνότητα  $\rho$  και συντελεστή απορρόφησης  $\kappa_\nu$ .



Τότε, η ειδική ένταση της ακτινοβολίας θα ελαττώνεται σύμφωνα με τη σχέση:

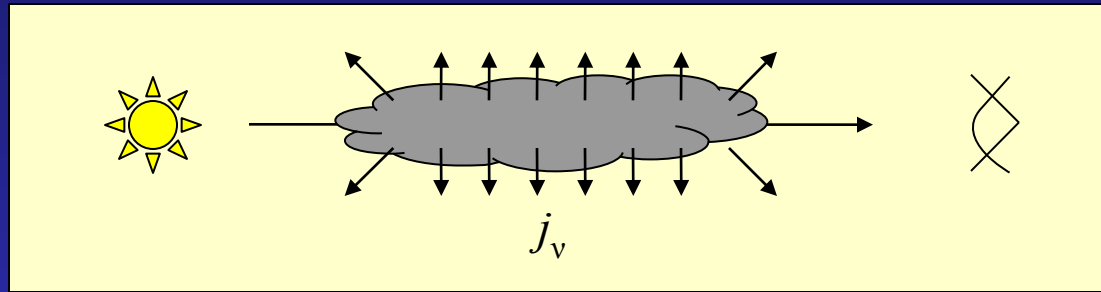
$$\frac{dI_\nu}{dr} = -I_\nu \kappa_\nu \rho$$

Η μέση ελεύθερη διαδρομή των φωτονίων στο μέσο είναι

$$l_\nu = \frac{1}{\kappa_\nu \rho}$$

# ΕΚΠΟΜΠΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Αν το μέσο που παρεμβάλεται μεταξύ μιας φωτεινής πηγής και του παρατηρητή είναι **θερμό**, τότε θα εκπέμπει ακτινοβολία με **συντελεστή εκπομπής  $j_v$** .



Η ειδική ένταση της ακτινοβολίας θα **αυξάνει** σύμφωνα με τη σχέση:

$$\frac{dI_v}{dr} = + j_v \rho$$

# ΕΞΙΣΩΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Συνολικά, η μεταβολή της ειδικής έντασης της ακτινοβολία είναι

$$\frac{dI_\nu}{dr} = -\kappa_\nu \rho I_\nu + j_\nu \rho$$

(εξίσωση μεταφοράς ακτινοβολίας). Η λύση της διαφορικής εξίσωσης είναι:

$$I_\nu = I_\nu(0)e^{-\tau_\nu} + \int_0^{\tau_\nu} S_\nu(\tau_\nu') d\tau_\nu'$$

όπου ορίσαμε το **οπτικό βάθος**

$$\tau_\nu = \int_0^r \kappa_\nu \rho dr$$

και τη **συνάρτηση πηγής**

$$S_\nu = \frac{j_\nu}{\kappa_\nu}$$

# ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΜΕΣΟ

Αν το μέσο είναι ομογενές και η συνάρτηση πηγής ανεξάρτητη της θέσης, τότε η λύση απλοποιείται ως εξής:

$$I_\nu = I_\nu(0)e^{-\tau_\nu} + S_\nu(1 - e^{-\tau_\nu})$$

Ειδικές περιπτώσεις:

ι) Αν  $\kappa_\nu \simeq 0$  (διαφανές μέσο), τότε  $\tau_\nu \simeq 0$  (μικρό οπτικό βάθος) οπότε

$$I_\nu(r) \simeq I_\nu(0) + j_\nu \rho r$$

ι) Αν  $\kappa_\nu \gg 1$  (αδιαφανές μέσο), τότε  $\tau_\nu \gg 1$  (μεγάλο οπτικό βάθος), οπότε

$$I_\nu = S_\nu$$

# ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΚΙΡΧΗHOFF

Στην περίπτωση που ύλη και ακτινοβολία βρίσκονται σε **θερμοδυναμική ισορροπία**, έχουμε εκπομπή μελανού σώματος, με

$$I_\nu = S_\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Από τον ορισμό της συνάρτησης πηγής, βρίσκουμε

$$j_\nu = \kappa_\nu I_\nu$$

που είναι ο νόμος του Kirchhoff.



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Νικόλαος Τρυφωνίδης  
Θεσσαλονίκη, 31 Μαρτίου 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

