

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Κάθε σώμα που θερμαίνεται εκπέμπει ακτινοβολία, η οποία σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι στο υπέρυθρο (άρα αόρατη) και όσο αυξάνεται η θερμοκρασία μετατοπίζεται προς το ορατό.

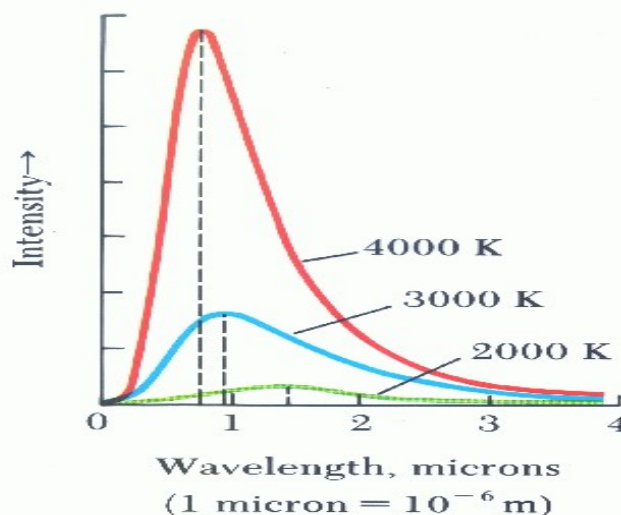
Η εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία εξαρτάται από τη συχνότητα, τη θερμοκρασία και την απορροφούμενη ισχύ (όσο περισσότερο απορροφά ένα σώμα τόσο περισσότερο εκπέμπει).

Το **μέλαν σώμα** ορίζεται ως ένα αντικείμενο που απορροφά όλη την ακτινοβολία που πέφτει πάνω του, σε όλες τις συχνότητες (για αυτό και φαίνεται μαύρο). Για μέλαν σώμα η εκπεμπόμενη ισχύς είναι συνάρτηση **μόνο** της συχνότητας (f) και της θερμοκρασίας (T) και είναι μέγιστη. Άρα το μέλαν σώμα είναι ένας ιδανικός εκπομπός, το πρότυπο για να μελετήσει κανείς τη θερμική εκπομπή των σωμάτων (οι τύποι είναι απλούστεροι).

Η καλύτερη αναπαράσταση μέλανος σώματος είναι μια θερμαινόμενη κοιλότητα (π.χ. ένας φούρνος). Αν ανοίξει κανείς μια οπή σε φούρνο, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία έχει όλα τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας μέλανος σώματος.

Σύμφωνα με την **κλασική φυσική** η ακτινοβολία της κοιλότητας προέρχεται από τις ταλαντώσεις των φορτισμένων σωματιδίων στα τοιχώματα της κοιλότητας και η συχνότητά της είναι ίση με τη συχνότητα των ταλαντώσεων αυτών. Η ενέργεια της ακτινοβολίας μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή.

Η ακτινοβολία μέλανος σώματος, $I(\lambda, T)$, ως συνάρτηση του μήκους κύματος και της θερμοκρασίας έχει τη μορφή που φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Βασικά χαρ/κά της ακτινοβολίας μέλανος σώματος - Εμπειρικοί νόμοι

1. Το φάσμα (εκπεμπόμενη ακτινοβολία ως συνάρτηση της συχνότητας) του μέλανος σώματος είναι συνεχές με ένα ευρύ μέγιστο. Εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία κι όχι από τη χημική σύσταση ή τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέλανος σώματος.
2. Η συνολική εκπεμπόμενη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας, $I(T)$, ($I(f,T)$ ολοκληρωμένο ως προς συχνότητα) είναι ανάλογη προς την τέταρτη δύναμη της απόλυτης θερμοκρασίας:

$$I = \frac{P}{S} = \sigma T^4 \Rightarrow P = \sigma S T^4 \quad \text{Νόμος Stefan-Boltzmann}$$

όπου $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ είναι η σταθερά των Stefan-Boltzmann και S η επιφάνεια του σώματος

3. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνει το μέγιστο της καμπύλης εκπομπής μετακινείται προς υψηλότερες συχνότητες (μικρότερα μήκη κύματος). Η μετακίνηση αυτή περιγράφεται από τον **νόμο μετατόπισης του Wien**:

$$\lambda_{max} T = \alpha$$

όπου $\alpha = 2,898 \times 10^{-3} \text{ mK}$ σταθερά και λ_{max} είναι το μήκος κύματος στο οποίο η εκπομπή ακτινοβολίας γίνεται μέγιστη.

4. Για χαμηλές συχνότητες (μεγάλα μήκη κύματος) η εκπομπή μέλανος σώματος περιγράφεται από τον **νόμο των Rayleigh-Jeans**:

$$I(\lambda, T) = E_{av} 2\pi c / \lambda^4,$$

όπου $E_{av} = k_B T$ (σύμφωνα με τον Boltzmann) είναι η μέση ενέργεια (ανά ταλαντωτή) των ταλαντωτών που εκπέμπουν την ακτινοβολία και k_B είναι η σταθερά του Boltzmann.

5. Για υψηλές συχνότητες (μικρά μήκη κύματος) η εκπομπή μέλανος σώματος περιγράφεται από τον **εκθετικό νόμο του Wien** (πειραματικός νόμος):

$$I(\lambda, T) = (A/\lambda^5) e^{-B/\lambda T}, \quad A, B \text{ σταθερές.}$$

Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας

Άσκηση 1

Αν η ένταση του φωτός του Ηλίου στη Γη είναι $I=1400 \text{ W/m}^2$, η Γη απέχει $R= 1.5 \cdot 10^{11}\text{m}$, και το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη ένταση ακτινοβολίας του Ηλίου $\lambda_{\text{max}}=500 \text{ nm}$, υπολογίστε την ακτίνα r της σφαίρας του Ηλίου θεωρώντας τον ως μέλαν σώμα.

(Απ.: $r=7 \times 10^8 \text{ m}$)

Άσκηση 2

Ο Σείριος Β είναι ένα λευκός νάνος με επιφανειακή θερμοκρασία 24000 K ο οποίος ακτινοβολεί ενέργεια με ρυθμό $1.0 \times 10^{25} \text{ W}$. Υποθέτουμε ότι συμπεριφέρεται σαν ένα μελανό σώμα.

- Α) Ποιά είναι η συνολική ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον Σείριο Β;
- Β) Ποιό είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας στο μέγιστο της έντασης εκπομπής; Είναι στο ορατό;
- Γ) Ποιά η ακτίνα του Σείριου Β σαν ποσοστό της ακτίνας του Ηλίου μας;
- Δ) Ο ήλιος μας έχει επιφανειακή θερμοκρασία 5800 K . Ποιό από τα δύο αστέρια (Σείριος Β ή ο ήλιος μας) εκπέμπει περισσότερη συνολική ενέργεια ανά δευτερόλεπτο.

Δίνεται η ακτίνα του Ηλίου $R_{\text{H}}=695700 \text{ km}$.

(Απ.: Α) $I=1,9 \times 10^{10} \text{ W/m}^2$, Β) $\lambda=120\text{nm}$, Γ) $R_{\Sigma}=0,01 R_{\text{H}}$, Δ) $P_{\text{H}}=39P_{\Sigma}$)