

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.1

7<sup>ο</sup> VIDEO, 25/10/2013

Η αντίστοιχη ύλη του βιβλίου ΚΣ είναι αυτή των σελίδων 71-77

1) Διευκρινήσεις για το βάθος δ επιδερμικού φαινομένου 0λ έως 3λ

**Ο κύριος όγκος του video αφορά σε φωτόνια**

2) Με χρήση διαστατικής ανάλυσης και θερμοδυναμικής υπολογίζονται οι θερμοδυναμικές ποσότητες αερίου φωτονίων σε θερμοδυναμική ισορροπία (3λ έως 37λ):

$$U = V\varepsilon, \quad \varepsilon = \left(\pi^2 / 15\right) \frac{(k_B T)^4}{(\hbar c)^3}, \quad S / k_B = (4/3) V \frac{(k_B T)^3}{(\hbar c)^3}, \quad F = -\left(\pi^2 / 45\right) V \frac{(k_B T)^4}{(\hbar c)^3}, \quad P = \varepsilon / 3, \quad G = 0$$

Ακτινοβολία μέλανος σώματος = Ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου:

$$I_{\text{ολ}} = \frac{1}{4} \varepsilon c = \frac{\pi^2 (k_B T)^4}{60 \hbar^3 c^2}$$

Κατανομή στις συχνότητες της ακτινοβολίας μέλανος σώματος

$$I(\omega) = \frac{k_B T \omega^2}{4\pi^2 c^2} \varphi(\hbar\omega / k_B T), \quad \varphi(\hbar\omega / k_B T) = \frac{(\hbar\omega / k_B T)}{\exp(\hbar\omega / k_B T) - 1}$$

3) Ακτινοβολία από επιταχυνόμενο φορτίο q = Ενέργεια ανά μονάδα χρόνου (37λ έως 45λ):

$$J = \frac{2}{3} q^2 a^2 / c^3, \quad G - CGS$$

4) Ακτινοβολία από ταλαντούμενο δίπολο, p=qf που είναι Ενέργεια ανά μονάδα χρόνου. Εκτιμήση χρόνου ζωής διεγερμένης κατάστασης (45λ έως 1ω, 25λ, δηλαδή έως το τέλος):

$$J = \frac{2}{3} p^2 \omega^4 / c^3, \quad \tau J = \hbar\omega \Rightarrow \tau = \frac{3}{2} \hbar c^3 / p^2 \omega^3, \quad G - CGS$$

5) Παράδειγμα διαστατικής ανάλυσης για τη θερμοκρασία μαύρης τρύπας σύμφωνα με το μηχανισμό Hawking. (1ω, 2λ έως 1ω, 7λ). Εξαρτάται από το γινόμενο GM, από την ταχύτητα του φωτός c και από τη σταθερά του Planck  $\hbar$ :

$$k_B T = \eta (GM)^\mu c^\nu \hbar^\xi, \quad [GM] = [l^3 t^{-2}] \Rightarrow k_B T = \eta (GM)^{-1} c^3 \hbar = 2\eta \hbar c / r_s, \quad r_s = 2GM / c^2$$

Από το βιβλίο βλέπε σχ. 13.13, σελ.225

#### Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής Κεφαλαίου 4

1. Ο τύπος που δίνει την ενέργεια  $U$  ενός συστήματος φωτονίων θερμοκρασίας  $T$  και όγκου  $V$  σε θερμοδυναμική ισορροπία είναι: (Το  $N$  είναι ο αριθμός των φωτονίων)  
(α)  $U = N k_B T$  (β)  $U = (\pi^2 / 15) V (k_B T)^3 / \hbar^3 c^3$   
(γ)  $U = (\pi^2 / 15) V (k_B T)^4 / \hbar^3 c^3$  (δ)  $U = k_B T$ .
2. Ο τύπος που δίνει την πίεση  $P$  ενός συστήματος φωτονίων θερμοκρασίας  $T$  και όγκου  $V$  σε θερμοδυναμική ισορροπία είναι:  
(α)  $P = N k_B T / V$  (β)  $P = 0$  (γ)  $P = V k_B T / N$  (δ)  $P = (\pi^2 / 45) (k_B T)^4 / \hbar^3 c^3$
3. Ο τύπος που δίνει την εντροπία  $S$  ενός συστήματος φωτονίων θερμοκρασίας  $T$  και όγκου  $V$  σε θερμοδυναμική ισορροπία είναι:  
(α)  $S = (4\pi^2 / 45) V k_B^4 T^3 / \hbar^3 c^3$  (β)  $S = k_B N / V$  (γ)  $S = (4\pi^2 / 45) k_B^4 T^3 / \hbar^3 c^3$  (δ)  $S = 0$
4. Ο τύπος που δίνει την ελεύθερη ενέργεια του Gibbs  $G$  ενός συστήματος φωτονίων θερμοκρασίας  $T$  και όγκου  $V$  σε θερμοδυναμική ισορροπία είναι:  
(α)  $G = (\pi^2 / 15) V (k_B T)^4 / \hbar^3 c^3$  (β)  $G = 0$  (γ)  $G = -(\pi^2 / 45) V (k_B T)^4 / \hbar^3 c^3$  (δ)  $G = -P V$
5. Ο τύπος που δίνει την ενέργεια  $J$  που ακτινοβολεί ένα μέλαν σώμα θερμοκρασίας  $T$  ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου είναι:  
(α)  $J = (c / 4) (U / V)$  (β)  $J = (\pi^2 / 15) (k_B T)^4 / \hbar^3 c^2$  (γ)  $J = c (U / V)$  (δ)  $J = c P$   
 $U$  είναι η ενέργεια ενός συστήματος φωτονίων θερμοκρασίας  $T$  και όγκου  $V$  σε θερμοδυναμική ισορροπία και  $P$  η πίεση που ασκούν.
6. Η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου  $J$  που ακτινοβολεί ένα δίπολο δίνεται από τον τύπο:  
(α)  $J \approx (2 / 3) p \omega / c$  (β)  $J \approx (2 / 3) p^2 \omega^3 / c^3$   
(γ)  $J \approx (2 / 3) p^2 \omega^4 / c^3$  (δ)  $J \approx (2 / 3) p^2 \omega^2 / c$
7. Ο μέσος χρόνος ζωής  $\tau$  της ιδιοκατάστασης  $2p_z$  στο άτομο του υδρογόνου δίνεται από τον τύπο: ( $\hbar \omega = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ )  
(α)  $\tau = 1,29 (\hbar c^3 / e^2 a_B^2 \omega^3)$  (β)  $\tau = 1,29 (c^2 / a_B^2 \omega^3)$  (γ)  $\tau = 1,29 (c e^2 / \hbar a_B^2 \omega^3)$  (δ)  $\tau = \infty$ .

8. Δίνεται ότι η κατανομή μέλανος σώματος ως προς τη συχνότητα  $\omega$  είναι ανάλογη του  $\omega^3 / (e^{\beta\hbar\omega} - 1)$ . Το μέγιστο της κατανομής θα εμφανιστεί στη συχνότητα:

(α)  $\omega_m = \sqrt{3}k_B T / \hbar$  (β)  $\omega_m = 5,41k_B T / \hbar$  (γ)  $\omega_m = 1,41k_B T / \hbar$  (δ)  $\omega_m = 2,82k_B T / \hbar$

9. Δίνεται ότι η κατανομή ακτινοβολίας μέλανος σώματος ως προς τη συχνότητα  $\omega$  είναι ανάλογη του  $\omega^3 / (e^{\beta\hbar\omega} - 1)$ . Η κατανομή ως προς το μήκος κύματος είναι ανάλογη του

(α)  $(1/\lambda^3)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$  (β)  $(1/\lambda^5)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$

(γ)  $(1/\lambda^7)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$  (δ)  $(1/\lambda^9)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$

10. Η κατανομή ακτινοβολίας μέλανος σώματος ως προς το μήκος κύματος είναι ανάλογη του

(α)  $(1/\lambda^3)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$  (β)  $(1/\lambda^5)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$

(γ)  $(1/\lambda^7)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$  (δ)  $(1/\lambda^9)\{\exp(2\pi c\beta\hbar/\lambda) - 1\}$

11. Το μέγιστο της κατανομής ακτινοβολίας μέλανος σώματος ως προς το μήκος κύματος θα εμφανίσει στο μήκος κύματος:

(α)  $\lambda_m = 2,23c\hbar/k_B T$  (β)  $\lambda_m = 2,91c\hbar/k_B T$  (γ)  $\lambda_m = 1,27c\hbar/k_B T$  (δ)  $\lambda_m = 2\pi c/\omega_m$

12. Η ακτινοβολία (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου) ενός επιταχυνόμενου φορτισμένου σωματίου δίνεται από τον τύπο:

(α)  $J = (2/3)q^2v^4/c^3$  (β)  $J = (2/3)q^2a^4/c^3$  (γ)  $J = (2/3)q^2a^2/c^3$  (δ)  $J = m a c$