

*Κεφάλαιο 9 και 10:**Το κβαντικό ιδανικό αέριο**Ακτινοβολία μέλανος σώματος***Ανακεφαλαίωση (Με τι ασχοληθήκαμε)**

Μελετήσαμε την περίπτωση όπου τα κβαντικά φαινόμενα γίνονται σημαντικά (κβαντική στατιστική). Δώσαμε την βασική θεωρία μελετώντας τα χαρακτηριστικά της στατιστικής των Fermi-Dirac και των Bose-Einstein. Τόνισαμε την σημαντική διαφορά ανάμεσα στις φυσικές ιδιότητες των φερμιονίων και των μποζονίων.

Στην συνέχεια μελετήσαμε την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπουν τα σώματα λόγω της θερμοκρασίας τους. Η θερμική ακτινοβολία, είναι ένα απλό και ενδιαφέρον παράδειγμα κβαντικού ιδανικού αερίου.

Αρχικά ασχοληθήκαμε με την θεώρηση της ακτινοβολίας αυτής σαν αέριο κβάντων ακτινοβολίας, φωτονίων δηλαδή, που ακολουθούν την στατιστική Bose-Einstein. Υπολογίσαμε την συνάρτηση επιμερισμού του αερίου φωτονίων και τον μέσο αριθμό φωτονίων σε μια κατάσταση. Στην συνέχεια βρήκαμε τον νόμο ακτινοβολίας του Planck. Συζητήσαμε τις ιδιότητες ακτινοβολίας του μέλανος σώματος, υπολογίσαμε την ολική πυκνότητα ακτινοβολίας και μελετήσαμε την συμπεριφορά του νόμου του Planck στα όρια των χαμηλών (κλασσικό όριο-νόμος Rayleigh-Jeans) και των υψηλών συχνοτήτων (νόμος του Wien).

Παράλληλα μελετήσαμε την ακτινοβολία αυτή θεωρώντας την ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Τέλος μελετήσαμε τις θερμοδυναμικές ιδιότητες του αερίου των φωτονίων (μέλαν σώμα) με την βοήθεια της ελεύθερης ενέργειας Helmholtz.

Μετά από την μελέτη αυτών των κεφαλαίων πρέπει να ξέρουμε ότι:

- Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μέσα σε μια κοιλότητα, η ακτινοβολία μέλανος σώματος, είναι κβαντισμένο σε φωτόνια.
- Τα φωτόνια απορροφούνται και εκπέμπονται από τις επιφάνειες της κοιλότητας, έτσι δεν διατηρούνται. Η ισορροπία καθορίζεται από την $\left(\frac{\partial F}{\partial N}\right)_{T,V} = 0$, έτσι $\mu=0$.

- Ο μέσος αριθμός των φωτονίων σε μια κατάσταση με συχνότητα ω είναι η κατανομή Planck (δηλαδή η κατανομή Bose-Einstein με $\mu=0$):

$$\bar{n}(\omega) = \frac{1}{e^{h\omega/kT} - 1}$$

- Η πυκνότητα ενέργειας ακτινοβολίας (ακτινοβολία ανά μονάδα όγκου) σε μια περιοχή συχνότητας $[\omega, \omega+d\omega]$ είναι

$$u(\omega, T)d\omega = \frac{\hbar}{\pi^2 c^3} \frac{\omega^3 d\omega}{\left(e^{h\omega/kT} - 1\right)}$$

Αυτός είναι ο νόμος ακτινοβολίας του Planck.

- με την αύξηση της θερμοκρασίας το μέγιστο της κατανομής $u(\omega, T)$ (και $u(\nu, T)$) μετατοπίζεται προς υψηλότερες συχνότητες, με το μέγιστο να υπακούει τις σχέσεις:

$$\omega_{\max} \approx 2.822 \frac{k_B T}{\hbar}, \quad \nu_{\max} \approx 2.822 \frac{k_B T}{h} \quad \text{Νόμος μετατόπισης του Wien}$$

- Η ολική πυκνότητα ενέργειας είναι

$$u(T) = \int_0^{\infty} u(\omega, T) d\omega = a T^4$$

Αυτός είναι ο νόμος των Stefan-Boltzmann.

- Η κοσμική ακτινοβολία υποβάθρου που διαπερνά όλο το διάστημα ανακαλύφθηκε τυχαία το 1964, έχει φασματική κατανομή που αντιστοιχεί σε ένα μέλαν σώμα θερμοκρασίας περίπου 2.73 K, με μια κορυφή στο 1mm.