Ασκήσεις προς παράδοση (ακαδημαϊκό έτος 2012)

Φυσική IV (Κβαντομηχανική I) - Γ. Ζουπάνος

Άσκηση 1

Στην κλασσική θεωρία του μέλανος σώματος η συνάρτηση U της φασματικής πυκνότητας είναι U≡ Ενέργεια ανά μονάδα όγκου και διαστήματος συχνότητας. Θα εξαρτάται μόνο από τη συχνότητα ν και τη θερμοκρασία T (που εμφανίζεται πάντα ως kT) και την ταχύτητα c του φωτός, αφού πρόκειται για ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο. Θα είναι δηλαδή U=U(ν,c,θ), θ=kT.

Χρησιμοποιείστε διαστατική ανάλυση για να (βεβαιωθείτε ότι η κλασσική θεωρία δεν έχει κανένα περιθώριο για να εξηγήσει το φαινόμενο) καταλήξετε στο νόμο Rayleigh-Jeans.

Άσκηση 2

Η φασματική κατανομή της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος δίνεται από τον τύπο του Planck .Με βάση αυτό να υπολογιστεί η συνολική ενεργειακή πυκνότητα για όλο το φάσμα (μια ολοκλήρωση), δηλαδή ο νόμος Stefan-Boltzmann.

Άσκηση 3

Θεωρείστε τον τύπο που κατέληξε ο Planck

i) Για μεγάλες συχνότητες (Νόμος του Wien)

$$\frac{h\nu}{kT} \gg 1 \ , \ U(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot e^{-\frac{h\nu}{kT}}$$

ii) Αντίθετα για χαμηλές συχνότητες (Νόμος Rayleigh-Jeans)

$$\frac{h\nu}{kT} \ll 1 \ , \quad U(\nu, T) = \frac{8\pi \nu^2}{c^3} \cdot kT$$

Άσκηση 4

Αφού μετατρέψετε το νόμο κατανομής της ενεργειακής πυκνότητας της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος κατά Planck σε κατανομή ως προς μήκη κύματος (αντί της κατανομής ως προς συχνότητες) να δείξετε ότι ισχύει ο νόμος του Wien.

Άσκηση 5

Με χρήση της σχέσης που καταλήξαμε ως προς την ακτινοβολούμενη ισχύ (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου) από ένα σωματίδιο φορτίου q που εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση γ, $p = \frac{2}{3} \cdot \frac{q^2 \gamma^2}{c^3}$ (κυματική)

Να δείξετε ότι αν το ηλεκτρόνιο στο μοντέλο του Bohr για το άτομο του υδρογόνου υπάκουε στον κλασσικό αυτόν νόμο θα έπεφτε στον πυρήνα σε χρόνο $T = \frac{m^2 c^2 a_0^2}{4 e^4}$

m ηλεκτρονίου και a_0 ακτίνα του Bohr.

Άσκηση 6

Δύο είδη κεντρικών δυνάμεων οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά στο μοντέλο των quarks είναι οι εξής:

(α) F(r)=-kr (το – εκφράζει τον ελκτικό χαρακτήρα)

(β) $F(r)=-g$
Εφαρμόστε τη συνθήκη του Bohr (ότι υπάρχει κβάντωση στη στροφορμή) για να υπολογίσετε τις ακτίνες των επιτρεπόμενων τροχιών και τις αντίστοιχες ενέργειες.