

# ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ

α.ε. 2023-24

## ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

27/11/2023

Διάρκεια 2 ώρες

1. Γράψτε την εξίσωση διάδοσης της ακτινοβολίας στη περίπτωση όπου το υλικό μπορεί να εκπέμψει και να απορροφήσει φωτόνια. Τι συμβολίζει το κάθε μέγεθος; Πως ορίζεται το οπτικό βάθος; Λύστε την παραπάνω εξίσωση για την περίπτωση όπου έχουμε (i) μόνον εκπομπή και (ii) μόνον απορρόφηση. Τι θα συμβεί εάν επιπλέον υπάρχει και σκεδασμός; Θεωρείστε ότι η περιοχή που εξετάζετε έχει μήκος  $s$  και ότι η ένταση που προσπίπτει στο  $s = 0$  είναι  $I_0$ .
2. Έστω ότι μία αέρια μάζα αποτελείται από ουδέτερο υδρογόνο. Το αέριο αυτό βρίσκεται σε τέτοια θερμοκρασία ούτως ώστε οι αριθμοί των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στη βασική στοιβάδα ( $n=1$ ) και στην πρώτη διεγερμένη ( $n=2$ ), να είναι ίσοι. Να υπολογισθεί η θερμοκρασία του αερίου. Χρησιμοποιώντας την τιμή αυτή θα μπορούσατε να τσεκάρετε αν η υπόθεση περί ουδέτερου υδρογόνου είναι συνεπής;
3. (α) Εξηγείστε τι είναι η προσέγγιση της παραλληλεπίπεδης ατμόσφαιρας. Γράψτε την εξίσωση διάδοσης ακτινοβολίας για τη προσέγγιση αυτή. Εξηγείστε όλα τα σύμβολα που θα χρησιμοποιήσετε. Κάνετε κατάλληλο σχήμα. Ολοκληρώστε για όλες τις συχνότητες και όλες τις στερεές γωνίες, υποθέτοντας ότι η συνάρτηση πηγής δεν εξαρτάται από τη διεύθυνση. Δείξτε ότι  $J = S$  αν θεωρήσουμε ότι στην ατμόσφαιρα δεν υπάρχουν πηγές ή καταβόθρες ενέργειας.  
(β) Ποιες είναι οι πηγές διαφάνειας στις αστρικές ατμόσφαιρες (ποιοτική συζήτηση, χωρίς να δώσετε τύπους). Πως ορίζεται η μέση αδιαφάνεια Roseland.
4. (α) Εξηγείστε πως συνδέεται το προφίλ μιας γραμμής απορρόφησης σε ένα αστρικό φάσμα με την αδιαφάνεια. Κάνετε ένα σχετικό σχήμα.  
(β) Ποιες είναι οι διεργασίες διαπλάτυνσης φασματικών γραμμών (ποιοτική συζήτηση, χωρίς τύπους). Τι είναι το προφίλ Voigt. Πως μεταβάλλεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του στοιχείου. Να γίνει σχετικό σχήμα.  
(γ) Σχεδιάστε προσεγγιστικά μία γενική καμπύλη ανάπτυξης για τον ήλιο και συζητήστε

## Τυπολόγιο

$$L_{\odot} = 3.85 \times 10^{33} \text{ ergs}^{-1}$$

$$f_{\odot} \equiv S = 1.367 \times 10^6 \text{ ergs}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ (ηλιακή σταθερά)}$$

$$M_{\odot} = 1.9891 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$R_{\odot} = 6.957 \times 10^8 \text{ m}$$

$$R_{\oplus} = 6.371 \times 10^6 \text{ m}$$

$$r_{\oplus} = 1 \text{ AU} = 1.496 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$

$$B_{\nu}(T) = \frac{2h\nu^3/c^2}{\exp(h\nu/k_B T) - 1}$$

$$x = 3(1 - e^{-x}) \Rightarrow x = 2.82$$

$$y = 5(1 - e^{-y}) \Rightarrow y = 4.97$$

$$\int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \pi^4/15$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{g_1 \exp(-E/k_B T)}{g_2 \exp[-(E+h\nu_0)/k_B T]} = \frac{g_1}{g_2} \exp(h\nu_0/k_B T)$$

$$n_{\nu} d\nu = n \left( \frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} e^{-m\nu^2/2k_B T} 4\pi\nu^2 d\nu$$

$$\frac{N_{i+1} n_e}{N_i} = \frac{Z_e Z_{i+1}}{Z_i} \left( \frac{2\pi m_e k_B T}{h^2} \right)^{3/2} e^{-\chi_i/k_B T}$$

$$\frac{1}{\alpha_R} \equiv \frac{\int_0^{\infty} (\alpha_{\nu} + \sigma_{\nu})^{-1} \frac{\partial B_{\nu}}{\partial T} d\nu}{\int_0^{\infty} \frac{\partial B_{\nu}}{\partial T} d\nu}$$

$$\alpha_{bf} = \frac{64\pi^4 m_e^{10}}{3\sqrt{3} c^4 h^6} Z'^4 \frac{g_{bf}}{n^5} \lambda^3 \propto \lambda^3 n^{-5} \quad (\lambda < \lambda_n) \quad \text{όπου } \lambda_n = \frac{ch^3 n^2}{2\pi^2 m_e^4 Z'^2}$$

$$\alpha_{ff}(\lambda, Z', \nu) = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}} \frac{e^6}{c^4 h m^2} Z'^2 \frac{g_{ff}}{\nu} \lambda^3$$

$$\alpha_e = \frac{8}{3} \pi \left( \frac{e^2}{mc^2} \right)^2 = 6.654 \times 10^{-29} \text{ m}^2$$

$$\kappa_R \text{ (ή } \sigma_R) = \kappa_e \left( \frac{\lambda_L}{\lambda} \right)^4, \quad \lambda_L = 1026 \text{ \AA}$$

$$\bar{\kappa}_{ff} = 3.68 \times 10^{18} \bar{g}_{ff} (1 - Z)(1 + X) \frac{\rho}{T^{3.5}} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$$

$$\bar{\kappa}_{H^-} \approx 7.9 \times 10^{-34} (Z/0.02) \rho^{1/2} T^9 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$$

$$\bar{\kappa}_{es} = 0.02(1 + X) \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$$

$$\text{Balmer series: } \frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ for } n = 3, 4, 5, \dots, \quad R_H = 1.09677583 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$2\Delta\lambda_{1/2} = \frac{2}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m}} \ln 2 \lambda_0$$

$$\alpha_{\nu} = \frac{\pi e^2}{mc} f \frac{\Gamma_{\text{rad}} + \Gamma_{\text{coll}}}{4\pi^2} \frac{1}{\{v - [v_0 + v_0(v_l/c)]\}^2 + [(\Gamma_{\text{rad}} + \Gamma_{\text{coll}})/4\pi]^2}$$

$$h = 6.62607015 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$$

$$k_B = 8.6 \times 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$$

$$m_e = 9.1093837 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1.60217663 \times 10^{-19} \text{ Cb}$$