

- Την εποχή της υλοκρατίας η εξάρτηση του R από το χρόνο είναι:

(α) $R \propto t^{1/2}$ **(β)** $R \propto t^{2/3}$ (γ) $R \propto t^{3/2}$ (δ) $R \propto \exp(H_0 t)$
- Η εντροπία της Γης με $N_v = 3,6 \times 10^{51}$ και μέση θερμοκρασία 1000K δεν μπορεί να είναι ανώτερη από:

(α) $S / k_B = 1,1 \times 10^{51}$ (β) $S / k_B = 1,1 \times 10^{59}$ (γ) $S / k_B = 1,1 \times 10^{67}$ (δ) $S / k_B = 1,1 \times 10^{75}$
- Όταν η μάζα του άστρου είναι πολύ μεγάλη, η ενέργεια των φωτονίων γίνεται κατά Λ φορές μεγαλύτερη από την θερμική ενέργεια των σωματίων του. Επί πλέον η πίεση των φωτονίων γίνεται συγκρίσιμη με την πίεση της βαρύτητας. Οι δύο αυτές σχέσεις καθορίζουν τη μέγιστη δυνατή μάζα ενός ενεργού άστρου:

(α) $N_{\max} = \eta(\hbar c / G m_u^2)$ (β) $N_{\max} = \eta(\hbar c / G m_u^2)^2$

(γ) $N_{\max} = \eta(\hbar c / G m_u^2)^{3/2}$ (δ) $N_{\max} = \eta(e^2 / G m_u^2)^{3/2}$
- Με την αύξηση της μάζας ενός αστέρα νετρονίων η μέση ταχύτητα των νουκλεονίων του γίνεται και αυτή ακραία σχετικιστική, οπότε η συνολική κινητική ενέργεια είναι $E_K = 0,9615 a_K c \hbar N_v^{4/3} / R$ και ο αστέρας νετρονίων θα καταρρεύσει προς μαύρη τρύπα, όταν η μάζα του γίνει:

(α) $M_{cr} = (0,9615 a_K / \gamma)(c \hbar / G m_n^2)$ (β) $M_{cr} = (0,9615 a_K / \gamma)(c \hbar / G m_n)$

(γ) $M_{cr} = (0,9615 a_K / \gamma)^{3/2}(c \hbar / G m_n^2)^{3/2}$ **(δ)** $M_{cr} = (0,9615 a_K / \gamma)^{3/2}(c \hbar / G m_n^2)^{3/2} m_n$
- Η επιτάχυνση της βαρύτητας σε απόσταση r από το κέντρο ενός πλανήτη ακτίνας R , μάζας M και σταθερής πυκνότητας ρ ισούται με:

(α) $g(r) = G M r / R^3$ (β) $g(r) = G M / r$

(γ) $g(r) = G M R / r^3$ (δ) $g(r) = G M / r^2$
- Θεωρήστε καθαρό κατά τα άλλα κρυσταλλικό πυρίτιο όπου ένα άτομο του από κάθε εκατομμύριο έχει αντικατασταθεί με άτομο φωσφόρου. Λόγω αυτής της αντικατάστασης η συγκέντρωση φορέων αυξήθηκε κατά x φορές, όπου:

(α) $x=1,000001$, (β) $x=2$ (γ) $x=15,4$, **(δ)** $x=1,25 \times 10^7$
- Ένα άτομο πυριτίου αντικαθιστά ένα άτομο As στο καθαρό κρυσταλλικό GaAs. Το ελλείπον πέμπτο ηλεκτρόνιο σθένους του πυριτίου (που μαζί με τα άλλα τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους του As θα χρησιμοποιούνταν για τους τέσσερις δεσμούς με τα διπλανά άτομα Ga) θα παγιδευόταν όχι στο δεσμό (λόγω του ελλείποντος πρωτονίου), αλλά γύρω από το άτομο πυριτίου σε μια μέση απόσταση a_B^* που δίνεται από τη σχέση:

(α) $a_B^* = \hbar^2 / m_e e^2$, (β) $a_B^* = (\hbar^2 / m_e e^2) \varepsilon$,

(γ) $a_B^* = (\hbar^2 / m_e e^2)(m_e / m_h^*)$, **(δ)** $a_B^* = \hbar^2 \varepsilon / m_h^* e^2$

8. Θεωρήστε ένα μονοδιάστατο περιοδικό μοντέλο LCAO με ένα ατομικό τροχιακό ανά θεμελιώδη κυψελίδα μήκους d . Το διαγώνιο στοιχείο είναι ε_0 και αυτό μεταξύ άμεσων γειτόνων V_2 . Η σχέση διασποράς μεταξύ της ιδιοενέργειας ε και του κυματάρθμου k είναι:

(α) $\varepsilon = \varepsilon_0 + V_2 d^2 k^2$

(β) $\varepsilon = \varepsilon_0 - V_2 d^2 k^2$

(γ) $\varepsilon = \varepsilon_0 + 2V_2 \cos(kd)$

(δ) $\varepsilon = \varepsilon_0 + V_2 dk$

9. Κατά το μοντέλο Jellium για το αλουμίνιο οι τιμές των a'' και γ' είναι αντιστοίχως 13,6 και 9,03. Η προκύπτουσα τιμή για το \bar{r} είναι:

(α) $\bar{r} = 3,01$

(β) $\bar{r} = 1,51$

(γ) $\bar{r} = 6,02$

(δ) $\bar{r} = 9,03$

10. Για ένα σύνθετο ημιαγωγό ορίζουμε το δείκτη πολικότητας $a_p \equiv V_{3h} / \sqrt{V_{2h}^2 + V_{3h}^2}$ και το δείκτη μεταλλικότητας $a_m \equiv 2\bar{V}_1 / \sqrt{V_{2h}^2 + V_{3h}^2}$, όπου $\bar{V}_1 = (\varepsilon_{pc} - \varepsilon_{sc} + \varepsilon_{pa} - \varepsilon_{sa})/8$. Ο προσεγγιστικός τύπος για το χάσμα E_g είναι:

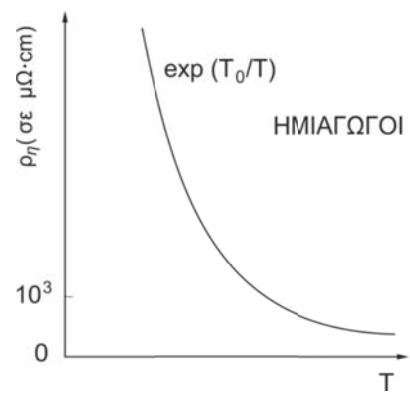
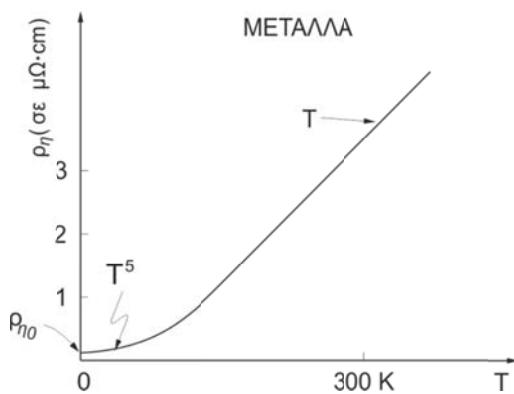
(α) $E_g = 2\sqrt{V_{2h}^2 + V_{3h}^2} - \bar{V}_1$

(β) $E_g = 2\sqrt{V_{2h}^2 + V_{3h}^2} - 2\bar{V}_1$

(γ) $E_g = 2\sqrt{V_{2h}^2 + V_{3h}^2} - 3\bar{V}_1$

(δ) $E_g = 2\sqrt{V_{2h}^2 + V_{3h}^2} - 4\bar{V}_1$

11. Τα παρακάτω σχήματα δίνουν την τυπική εξάρτηση της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, ρ_η , από τη θερμοκρασία T στα μέταλλα και στους ημιαγωγούς αντιστοίχως. Ποια είναι η εξήγηση γι' αυτή την αντίθετη συμπεριφορά;



- (α) Στους ημιαγωγούς υπάρχουν εν γένει ως φορείς και ηλεκτρόνια και οπές που το ένα εξουδετερώνει εν μέρει το άλλο και αυτή η εξουδετέρωση γίνεται πιο πλήρης όσο μειώνεται η θερμοκρασία T .
- (β) Ο τύπος $\rho_\eta = m_e / e^2 n \tau$ σημαίνει ότι μόνο το τ μπορεί να εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Άρα για μεν τα μέταλλα το τ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ για τους ημιαγωγούς αυξάνεται εκθετικά.
- (γ) Στον παραπάνω τύπο το n είναι εκθετικά αύξουσα συνάρτηση της θερμοκρασίας για τους ημιαγωγούς και φθίνουσα για τα μέταλλα.
- (δ) Και για τα μέταλλα και για τους ημιαγωγούς το τ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Το n για μεν τα μέταλλα δεν εξαρτάται

από τη θερμοκρασία T , ενώ για τους ημιαγωγούς το n αυξάνει εκθετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας T .

12. Στο σύστημα G-CGS η ποσότητα \hbar/e^2 είναι η ατομική μονάδα για το μέγεθος $1/(\text{ταχύτητα})$ και ταυτόχρονα είναι η ατομική μονάδα για το μέγεθος ηλεκτρική αντίσταση. Με πόσα περίπου Ω ισούται η \hbar/e^2 ;

(α) 1 (β) 377 (γ) 25813 **(δ) 4108**

13. Η θερμοκρασία Debye Θ_D που χαρακτηρίζει τις θερμοδυναμικές ιδιότητες των στερεών τις οφειλόμενες στις ταλαντώσεις του πλέγματος μπορεί να εκτιμηθεί από τον τύπο:

(α) $\Theta_D \approx (7390/\bar{r}^3 \sqrt{A_B}) \text{K}$ **(β) $\Theta_D \approx (7390/\bar{r} \sqrt{A_B}) \text{K}$**

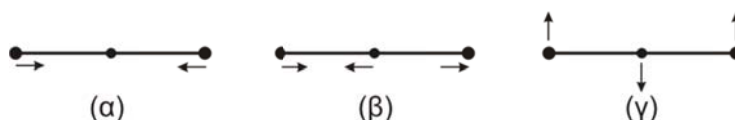
(γ) $\Theta_D \approx (7390/\bar{r}^2 A_B) \text{K}$ (δ) $\Theta_D \approx (7390/\bar{r} A_B) \text{K}$

14. Σε ένα στερεό ορίζουμε το μήκος r από τη σχέση: $(4\pi/3)r^3 \equiv V/N_a$. Μέσω του r η πυκνότητα του στερεού δίνεται από μια από τις ακόλουθες σχέσεις ($\bar{r} \equiv r/a_B$):

(α) $\rho = (2,675A_B/\bar{r}^2) \text{g/cm}^3$ **(β) $(2,675A_B/\bar{r}^3) \text{g/cm}^3$**

(γ) $(2,675A_B^2/r^2) \text{g/cm}^3$ (δ) $(2,675A_B/\bar{r}^4) \text{g/cm}^3$

15. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζονται οι τέσσερις ιδιοταλαντώσεις του μορίου CO_2 (η (γ) είναι διπλά εκφυλισμένη). Ποιές από αυτές τις ιδιοταλαντώσεις μπορούν να απορροφήσουν ΗΜ ακτινοβολία;

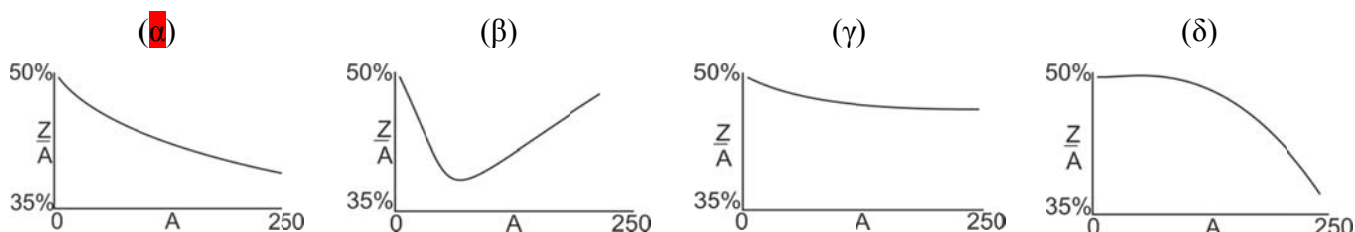


(α) α,β **(β) β,γ** (γ) α,γ (δ) όλες

16. Το κβάντο της περιστροφής του μορίου H_2 είναι περίπου (σε meV):

(α) 1,5 **(β) 15** (γ) 150 (δ) 0,15

17. Το ποσοστό των πρωτονίων σε ένα σταθερό (ή σχεδόν σταθερό) πυρήνα ως συνάρτηση του αριθμού των νουκλεονίων δίνεται προσεγγιστικά από το εξής γράφημα:



18. Η διηλεκτρική συνάρτηση ϵ ενός μετάλλου δίνεται από τον τύπο του Drude, που είναι:

(α) $\epsilon = 1 - [\omega_p^2 / (\omega^2 + i\omega\tau^{-1})]$ (β) $\epsilon = 1 - [\omega_p / (\omega + i\tau^{-1})]$

(γ) $\epsilon = 1 - [\omega_p^4 / (\omega^4 + i\omega^3\tau^{-1})]$ (δ) $\epsilon = 1 - [\omega_p / (\omega + i\tau^{-1})]^2$

19. Ο τύπος που δίνει την πίεση P ενός συστήματος φωτονίων θερμοκρασίας T και όγκου V σε θερμοδυναμική ισορροπία είναι:

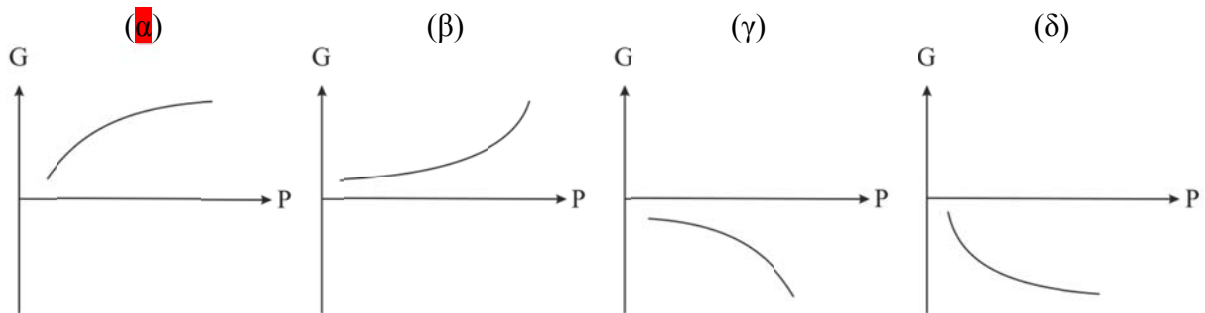
(α) $P = Nk_B T / V$ (β) $P = 0$ (γ) $P = V k_B T / N$

(δ) $P = (\pi^2 / 45)(k_B T)^4 / \hbar^3 c^3$

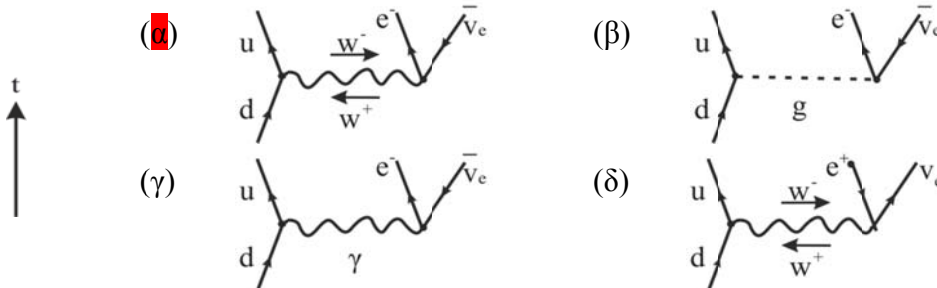
20. Το επιδερμικό βάθος d (skin depth) ενός υψίσυχνου ΗΜ πεδίου σε ένα μέταλλο αγωγιμότητας σ , διηλεκτρικής συνάρτησης ϵ και διαπερατότητας μ ($\sigma \gg \omega \epsilon$) δίνεται από τον τύπο (στο σύστημα SI):

(α) $d \sim c / \omega$ (β) $d \sim 1 / \omega \sqrt{\epsilon \mu}$ (γ) $d \sim 1 / \sqrt{\omega \sigma \mu}$ (δ) $d \sim \lambda$

21. Ποιο από τα παρακάτω σχηματικά γραφήματα αντιστοιχεί στη σωστή εξάρτηση της ελεύθερης ενέργειας του Gibbs G από την πίεση P υπό σταθερή θερμοκρασία και αριθμό σωματίων;



22. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα Feynman περιγράφει πραγματική διαδικασία;



23. Πόσο είναι το ποσοστό αύξησης της πυκνότητας του ωκεάνειου νερού σε βάθος 10000 m; Η ταχύτητα του ήχου στο νερό είναι περίπου 1500 m/s.

24. Θεωρήστε ένα λευκό νάνο ακτίνας R που αποτελείται από N_π πυρήνες με μέσο ατομικό βάρος A και από N_e ελεύθερα ηλεκτρόνια και βρίσκεται στην βασική (ground) κατάσταση.

1) Υπολογίστε, χρησιμοποιώντας την αρχή του Heisenberg, την αρχή του Pauli και τη σχέση $\epsilon = p^2 / 2m$, την ολική κινητική ενέργεια E_K των ελευθέρων ηλεκτρονίων χωρίς να υπολογίσετε προς το παρόν τον αριθμητικό παράγοντα a .

2) Από την παραπάνω έκφραση για την ολική κινητική ενέργεια βρείτε την ενέργεια Fermi $E_F = p_F^2 / 2m$, που είναι η ανώτερη κινητική ενέργεια του κάθε ηλεκτρονίου.

3) Το p_F μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση $N_e = 2VV_p / (2\pi\hbar)^3$ όπου $V_p = (4\pi / 3)p_F^3$ και $V = (4\pi / 3)R^3$. Στη συνέχεια προσδιορίστε την αριθμητική σταθερά a .

4) Προσδιορίστε επίσης την ολική βαρυτική ενέργεια E_B

5) Στη συνέχεια ελαχιστοποιώντας την ολική ενέργεια $E_K + E_B$, βρείτε την ακτίνα R (που στην πραγματικότητα είναι κατά 23% μεγαλύτερη από αυτήν που προκύπτει υποθέτοντας ομοιόμορφη κατανομή της μάζας) και τη μέση πυκνότητα του λευκού νάνου.

Καλή Επιτυχία !