

1. Το πρώτο έργο ιονισμού του ανιόντος H^- (που ταυτίζεται με τη χημική συγγένεια του ουδέτερου ατόμου του υδρογόνου) είναι: (Η μέση τιμή της άπωσης των δύο ηλεκτρονίων είναι $(35/64)e^2/a$ όπου a είναι το μήκος που χαρακτηρίζει τη βασική κατάσταση του H^-)
 (α) 13,6 eV (β) 1,52 eV (γ) 0,75 eV (δ) Το ανιόν H^- δεν σχηματίζεται
2. Η μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου ως συνάρτηση της συχνότητας ω παρουσιάζει το μέγιστο για $\hbar\omega = 0,665 \text{ meV}$. Ποια είναι η θερμοκρασία της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου;
 (α) 2,724 K (β) 0,297K (γ) 297 K (δ) 2970 K
3. Η θερμοκρασία της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου είναι 2,725 K και το Σύμπαν από την εποχή της αποσύζευξης έχει αυξήσει την ακτίνα του κατά 1090 φορές. Ποια ήταν η θερμοκρασία την εποχή της αποσύζευξης;
 (α) 2,725 K (β) 0,297K (γ) 297 K (δ) 2970 K
4. Η νουκλεοσύνθεση έλαβε χώρα στο διάστημα $120\text{s} \leq t \leq 1200\text{s}$, όταν η θερμοκρασία ήταν γύρω στην περιοχή περίπου:
 (α) $T \approx 10^9 \text{ K}$ (β) $T \approx 10^7 \text{ K}$ (γ) $T \approx 10^5 \text{ K}$ (δ) $T \approx 10^3 \text{ K}$
5. Η βαρυογένεση έλαβε χώρα στο διάστημα $10^{-5}\text{s} \leq t \leq 150\text{s}$, όταν η θερμοκρασία ήταν γύρω στην περιοχή περίπου:
 (α) $T \approx 10^8 \text{ K}$ (β) $T \approx 10^{12} \text{ K}$ (γ) $T \approx 10^{16} \text{ K}$ (δ) $T \approx 10^{20} \text{ K}$
6. Στη μεταβατική περίοδο από την υλοκρατία προς την εποχή της σκοτεινής ενέργειας η εξάρτηση του R από το χρόνο είναι:
 (α) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t)\}^{2/3}$ (β) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t)\}^{1/3}$
 (γ) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t^{3/2})\}^{2/3}$ (δ) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t^{1/3})\}^{2/3}$
7. Σε ένα ομογενές και ισότροπο μέσο χωρίς όρια με πυκνότητα ενέργειας ε και πίεση p , η στοιχειώδης τετραδιάστατη «απόσταση» ds δίνεται σε σφαιρικές συντεταγμένες από τη σχέση $ds^2 = c^2 dt^2 - R(t)^2 \{du^2(1-u^2) + u^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2)\}$, όπου η ακτίνα r έχει γραφεί ως $r = R(t)u$ με το $R(t)$ να καθορίζει την εξαρτώμενη από το χρόνο κλίμακα μήκους, ενώ το u είναι αδιάστατο. Το $R(t)$ ικανοποιεί την ακόλουθη βασική διαφορική εξίσωση υποθέτοντας την ύπαρξη πληθωριστικής περιόδου στην αρχική φάση του Σύμπαντος :
 (α) $(\dot{R}/R)^2 = (8\pi/3c^2)G\varepsilon - (\kappa c^2/R)^2$, $\varepsilon = \varepsilon' + \varepsilon_{d\varepsilon}$, $\varepsilon_{d\varepsilon} = c^2/8\pi G$
 (β) $(\dot{R}/R)^2 = (8\pi/3c^2)G\varepsilon$, $\varepsilon = \varepsilon' + \varepsilon_{d\varepsilon}$, $\varepsilon_{d\varepsilon} = \Lambda c^2/8\pi G$

$$(\gamma) \quad (\dot{R}/R)^2 = (8\pi/3c^2)G\varepsilon - (\kappa c^2/R^2), \quad \varepsilon = \varepsilon' + \varepsilon_{de}, \quad \varepsilon_{de} = \Lambda c^2/8\pi G$$

$$(\delta) \quad (\dot{R}/R)^2 = (8\pi/3c^2)G\varepsilon, \quad \varepsilon = \varepsilon' + \varepsilon_{de}, \quad \varepsilon_{de} = c^2/8\pi G$$

8. Σε προηγούμενη άσκηση βρήκαμε ότι ένας αστέρας νετρονίων καταρρέει προς μαύρη τρύπα όταν ο αριθμός νουκλεονίων του είναι: $N_{v,cr} = 1,42(\hbar c / G m_n^2)^{3/2}$. Δεδομένου ότι ο αριθμός νουκλεονίων του Ήλιου είναι $1,1936 \times 10^{57}$ βρέστε πόσες φορές βαρύτερος του Ήλιου μπορεί να είναι ένας αστέρας νετρονίων:

$$(\alpha) 1,44$$

$$(\beta) 2,62$$

$$(\gamma) 5,37$$

$$(\delta) 7,42$$

9. Όταν η μάζα του άστρου είναι πολύ μεγάλη, η ενέργεια των φωτονίων γίνεται κατά $\bar{\Lambda}$ 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:

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

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

$$(\gamma) N_{\max} = \eta(\hbar c / G m_u^2)^{3/2}$$

$$(\delta) N_{\max} = \eta(e^2 / G m_u^2)^{3/2}$$

10. Ο σχηματισμός ενός άστρου ακολουθεί τα εξής στάδια: (1) Μια αρχική συγκέντρωση ύλης συρρικνώνεται υπό την επίδραση του ίδιου βάρους της και ταυτόχρονα έλκει την περιβάλλουσα ύλη μέχρι εξαντλήσεώς της. (2) Κατά τη διάρκεια της συρρίκνωσης και της προσθήκης ύλης, η βαρυτική ενέργεια μετατρέπεται μέσω συγκρούσεων των σωματίων σε θερμική κινητική ενέργεια, η οποία αυξάνει συνεχώς και μαζί της η θερμοκρασία. (3) Αν η συρρίκνωση συνεχισθεί απρόσκοπτη, η κινητική ενέργεια θα συνεχίσει να αυξάνεται αλλά ο χαρακτήρας της θα αλλάζει σταδιακά μετατρέπόμενη από θερμική προς κβαντική με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να φτάσει σε ένα μέγιστο και πέραν αυτού να μειώνεται καθώς η ακτίνα του υπό σχηματισμό άστρου μικραίνει. (4) Εάν η μέγιστη θερμοκρασία υπερβαίνει την θερμοκρασία έναρξης των πυρηνικών αντιδράσεων σύντηξης υδρογόνων προς ήλιο, τότε οι πυρηνικές αντιδράσεις θα εξασφαλίσουν μια δυναμική ισορροπία τροφοδοτώντας την κινητική ενέργεια (κυρίως θερμική) για να αντιμετωπίσει την βαρυτική σύνθλιψη και την απώλεια ενέργειας λόγω ακτινοβολίας. Για μικρά άστρα, όπου $T_{ign} \approx T_{\max}$, η μέση θερμοκρασία T του άστρου είναι ανάλογη της T_{ign} : $T = T_{ign} / \beta$, όπου $\beta \approx 3$. Στη συνέχεια εξισώνοντας την θερμική κινητική ενέργεια με μείον το μισό της βαρυτικής βρίσκουμε ότι η ακτίνα του άστρου είναι:

$$(\alpha) R = \eta(Gm_u m_e / e^2) N_v a_B$$

$$(\beta) R = \eta(Gm_u^2 / e^2) N_v a_B$$

$$(\gamma) R = \eta(Gm_u m_e / e^2) N_v$$

$$(\delta) R = \eta(Gm_e^2 / e^2) N_v a_B$$

11. Ο σχηματισμός ενός άστρου ακολουθεί τα εξής στάδια: (1) Μια αρχική συγκέντρωση ύλης συρρικνώνεται υπό την επίδραση του ίδιου βάρους της και ταυτόχρονα έλκει την περιβάλλουσα ύλη μέχρι εξαντλήσεώς της. (2) Κατά τη διάρκεια της συρρίκνωσης και της

προσθήκης ύλης, η βαρυτική ενέργεια μετατρέπεται μέσω συγκρούσεων των σωματίων σε θερμική κινητική ενέργεια, η οποία αυξάνει συνεχώς και μαζί της η θερμοκρασία. (3) Αν η συρρίκνωση συνεχισθεί απρόσκοπτη, η κινητική ενέργεια θα συνεχίσει να αυξάνεται αλλά ο χαρακτήρας της θα αλλάζει σταδιακά μετατρέπόμενη από θερμική προς κβαντική με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να φτάσει σε ένα μέγιστο και πέραν αυτού να μειώνεται καθώς η ακτίνα του υπό σχηματισμό άστρου μικραίνει. (4) Εάν η μέγιστη θερμοκρασία υπερβαίνει την θερμοκρασία T_{ign} έναρξης των πυρηνικών αντιδράσεων σύντηξης υδρογόνων προς ήλιο, τότε οι πυρηνικές αντιδράσεις θα εξασφαλίσουν μια δυναμική ισορροπία τροφοδοτώντας την κινητική ενέργεια (κυρίως θερμική) για να αντιμετωπίσει την βαρυτική σύνθλιψη και την απώλεια ενέργειας λόγω ακτινοβολίας. Η θερμοκρασία T_{ign} δίνεται από τον τύπο:

$$(\alpha) k_B T_{ign} = \eta(e^4 / m_e \hbar^2)$$

$$(\beta) k_B T_{ign} = \eta(e^4 m_e / \hbar^2)$$

$$(\gamma) k_B T_{ign} = \eta(e^4 m_e / \hbar^2) m_e$$

$$(\delta) k_B T_{ign} = \eta(e^4 m_p / \hbar^2)$$

$$\eta=0,02$$

12. Λόγω των κβαντικών διακυμάνσεων του κενού και του τεράστιου βαρυτικού πεδίου στις παρυφές του ορίζοντα γεγονότων μιας μαύρης τρύπας, η τελευταία εμφανίζεται να ακτινοβολεί ως να ήταν ένα μέλαν σώμα θερμοκρασίας T , που δίνεται από τον τύπο:

$$(\alpha) k_B T = \eta \hbar c^2 / GM$$

$$(\beta) k_B T = \eta \hbar c^3 / GM^2$$

$$(\gamma) k_B T = \eta \hbar^2 c^3 / GM^2$$

$$(\delta) k_B T = \eta \hbar c^3 / GM$$

13. Σε ένα λευκό νάνο μάζας $M = N_\nu m_\nu$, η ολική ενέργεια είναι ανάλογη του:

$$(\alpha) M^2$$

$$(\beta) M^{5/3}$$

$$(\gamma) M^{7/3}$$

$$(\delta) M$$

14. Εξισώνοντας την ενέργεια που απορροφά ένας πλανήτης από τον Ήλιο με αυτήν που εκπέμπει βρίσκουμε τη μέση θερμοκρασία T_π του πλανήτη συναρτήσει της θερμοκρασίας T_H στην επιφάνεια του Ήλιου και της γωνίας θ (σε ακτίνια) που φαίνεται ο δίσκος του Ήλιου από τον πλανήτη. Το αποτέλεσμα είναι:

$$(\alpha) T_\pi = (1 - A)^{1/4} \theta T_H / 4$$

$$(\beta) T_\pi = (1 - A)^{1/4} \sqrt{\theta T_H / 4}$$

$$(\gamma) T_\pi = (1 - A)^{1/4} \sqrt{\theta / 4} T_H$$

$$(\delta) T_\pi = (1 - A)^{1/4} \theta T_H$$

15. Ο προσεγγιστικός τύπος που δίνει τη μάζα M ενός πλανήτη για την οποία η ολική ηλεκτροστατική αυτοενέργεια E_H είναι ίση με την ολική βαρυτική αυτοενέργεια E_B είναι:

$$(\alpha) M = (3,8 / A_B^2)(e^2 / Gm_u^2)^{3/2} m_u$$

$$(\beta) M = 3,8(e^2 / Gm_u^2)^{3/2} m_u$$

$$(\gamma) M = (3,8 / A_B^2)(e^2 / Gm_u^2)^{3/2} m_u$$

$$(\delta) M = (3,8 / A_B^2)(e^2 / Gm_u^2) m_u$$

16. Η ολική ηλεκτροστατική αυτοενέργεια E_H ενός πλανήτη ή ενός ενεργού άστρου μάζας M είναι της μορφής:

$$(\alpha) E_H = b_H M^{5/3}, \quad (\beta) E_H = b_H M, \quad (\gamma) E_H = b_H M^{1/2}, \quad (\delta) E_H = b_H M^{1/3}$$

17. Σε ένα ημιαγωγό οι συγκεντρώσεις ηλεκτρονίων n και οπών p στη ΖΑ και στη ΖΣ αντιστοίχως δίνονται από τους τύπους

$$n \approx A_c (k_B T)^{3/2} \exp[-(E_g - \mu) / k_B T], \quad p \approx A_h (k_B T)^{3/2} \exp[-(\mu / k_B T)], \quad A_i \propto m_i^*, \quad i = c, h$$

Σε ένα ημιαγωγό που έχει αμελητέα συγκέντρωση αποδεκτών και δοτών, η συγκέντρωση των οπών στη ΖΣ είναι:

$$(\alpha) p \approx (A_e A_h)^{1/2} (k_B T)^{3/2} \exp(-E_g / k_B T)$$

$$(\beta) p \approx (A_e A_h)^{1/2} (k_B T)^{1/2} \exp(-E_g / k_B T)$$

$$(\gamma) p \approx (A_e A_h)^{1/2} (k_B T)^{3/2} \exp(-E_g / 2k_B T)$$

$$(\delta) p \approx (A_e A_h)^{1/2} (k_B T)^{1/2} \exp(-E_g / 2k_B T)$$

18. Σε ένα ημιαγωγό που έχει συγκέντρωση αποδεκτών N_a και συγκέντρωση δοτών N_d ($N_a > N_d$), ποια είναι η σχέση που συνδέει τις συγκεντρώσεις ηλεκτρονίων n , n_d στη ΖΑ και στους δότες αντιστοίχως με τις συγκεντρώσεις οπών p , p_a στη ΖΣ και στους αποδέκτες αντιστοίχως; (Υπόδειξη: Θεωρήστε πρώτα ποια είναι η σχέση για $T = 0 \text{ K}$ πριν δώσετε τη απάντηση για $T \neq 0 \text{ K}$)

$$(\alpha) n + n_d = p + p_a,$$

$$(\beta) n + n_d = p + p_a + N_a + N_d,$$

$$(\gamma) n + n_d = p + p_a - N_a + N_d$$

$$(\delta) n + n_d = p + p_a + N_a - N_d$$

19. Έστω ένα σωματίο που κινείται ελεύθερα σε ένα τριδιάστατο χώρο όγκου $V \rightarrow \infty$ και επομένως $\varepsilon(\mathbf{k}) = \hbar^2 k^2 / 2m^*$. Ο αριθμός $A(E)$ των ιδιοκαταστάσεων (χωρίς να λάβουμε υπόψη τις καταστάσεις του σπιν) αυτού του σωματίου με ενέργεια μικρότερη του E είναι $A(E) = (\sqrt{2} / 3\pi^2)(V m^{*3/2} E^{3/2} / \hbar^3)$. Ο αριθμός των ιδιοκαταστάσεων σε μια περιοχή εύρους dE μεταξύ $E + dE$ και E διηρημένος με το dE ισούται εξ ορισμού με την πυκνότητα καταστάσεων $\rho(E)$. Επομένως η πυκνότητα καταστάσεων $\rho(E)$ για E στο εσωτερικό μιας ζώνης αλλά κοντά σε ένα πέρασ της E_a δίνεται από τη σχέση:

$$(\alpha) \rho(E) \approx (V|m^*|^{3/2}/\sqrt{2\pi^2\hbar^3})(E - E_a)$$

$$(\beta) \rho(E) \approx (V|m^*|^{3/2}/\sqrt{2\pi^2\hbar^3})|E - E_a|$$

$$(\gamma) \rho(E) \approx (V|m^*|^{3/2}/\sqrt{2\pi^2\hbar^3})|E - E_a|^{3/2}$$

$$(\delta) \rho(E) \approx (V|m^*|^{3/2}/\sqrt{2\pi^2\hbar^3})|E - E_a|^{1/2}$$

20. Ο γενικός ορισμός της ενεργού μάζας για ένα σωματίο που κινείται σε ένα τριδιάστατο περιοδικό δυναμικό και επομένως η κάθε ιδιοενέργειά του $\varepsilon_n(\mathbf{k})$ εξαρτάται από το δείκτη ζώνης n και το κυματόνισμα \mathbf{k} έχει ως εξής:

$$(\alpha) 1/m_{i,n}^* \equiv \hbar^{-1} \nabla_{\mathbf{k}} \varepsilon_n(\mathbf{k})$$

$$(\beta) 1/m_{i,n}^* \equiv \hbar^{-2} \Delta_{\mathbf{k}} \varepsilon_n(\mathbf{k})$$

$$(\gamma) 1/m_{i,n}^* \equiv \hbar^{-2} \nabla_{\mathbf{k}} \times (\nabla_{\mathbf{k}} \varepsilon_n(\mathbf{k}))$$

$$(\delta) 1/m_{i,n}^* \equiv \hbar^{-2} \partial^2 \varepsilon_n(\mathbf{k}) / (\partial k_i)^2$$

21. Εκτιμήστε το μέγεθος του χάσματος E_g σε eV στο πυρίτιο. Δίδονται: $\varepsilon_s = -14,79 \text{ eV}$, $\varepsilon_p = -7,58 \text{ eV}$ και $d = 2,3517 \text{ \AA}$

$$(\alpha) 0,5$$

$$(\beta) 1,66$$

$$(\gamma) 2,7$$

$$(\delta) 4,1$$

22. Στο μοντέλο Jellium το υδροστατικό μέτρο ελαστικότητας ενός μετάλλου δίνεται από τον τύπο (σε Mbar):

$$(\alpha) B = 15,6 a' / \bar{r}^2$$

$$(\beta) B = 15,6 a' / \bar{r}^3$$

$$(\gamma) B = 15,6 a' / \bar{r}^4$$

$$(\delta) B = 15,6 a' / \bar{r}^5, \quad \bar{r} \equiv r / a_B$$

23. Από τον τύπο για την ηλεκτρική αγωγιμότητα μετάλλων (βλ. επόμενη ερώτηση) εκτιμήστε ποια θα ήταν η μέση ελεύθερη διαδρομή ℓ των ηλεκτρονίων χρησιμοποιώντας το ατομικό σύστημα μονάδων σε συνδυασμό με την αντικατάσταση $a_B \rightarrow \bar{r} a_B$

$$(\alpha) \ell = 1 \text{ cm}$$

$$(\beta) \ell = 0,1 \text{ mm}$$

$$(\gamma) \ell = 1 \text{ } \mu\text{m}$$

$$(\delta) \ell = 1 \text{ nm}$$

24. Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση, ρ , σε ένα μέταλλο ή το αντίστροφο της, η αγωγιμότητα $\sigma \equiv 1/\rho$, πρέπει να εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ηλεκτρονίων, n , από το ηλεκτρικό τους φορτίο, $-e$, και από τις σκεδάσεις που μακροσκοπικά εκδηλώνονται ως δύναμη τριβής ανάλογη της μέσης ταχύτητας των φορέων επί ένα συντελεστή που συνήθως γράφεται ως m^*/τ , όπου το m^* είναι η ενεργός μάζα και τ είναι ο λεγόμενος χρόνος αποκατάστασης για τα ηλεκτρόνια. Η διαστατική ανάλυση σε συνδυασμό με τον ορισμό του μήκους ελεύθερης διαδρομής $\ell = v_F \tau$ μας οδηγεί στον εξής τύπο για το $\sigma \equiv 1/\rho$ στο σύστημα G-CGS:

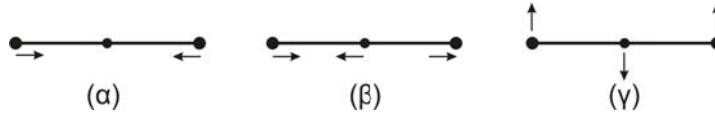
$$(\alpha) \sigma = \frac{m_e v_F}{e^2 n \ell}$$

$$(\beta) \sigma = \frac{p_F \ell}{e^2 n}$$

$$(\gamma) \sigma = \frac{e^2 p_F \ell}{n}$$

$$(\delta) \sigma = \frac{e^2 n \ell}{p_F}$$

25. Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των στερεών βάσει μιας απλοϊκής διαστατικής ανάλυσης θα έπρεπε να έχει την εξής περίπου τιμή:
- (α) $60 \Omega \cdot \text{m}$ (β) $60 \Omega \cdot \text{cm}$ (γ) $60 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ (δ) $60 \mu\Omega \cdot \text{cm}$
26. Οι αντιστάσεις $Z_0 = 4\pi\alpha(\hbar/e^2) = [(4\pi/c) \text{ all in atomic units}] = 376,73\Omega$ και $R_0 \equiv 2\pi(\hbar/e^2) = h/e^2 = 25812,80744\Omega$ έχουν φυσικό αντίκρισμα (όπου $\hbar/e^2 = 4108,236\Omega$ είναι η ατομική μονάδα ηλεκτρικής αντίστασης και α είναι η αδιάστατη σταθερά λεπτής υφής που εξ ορισμού είναι ο λόγος της ατομικής μονάδας ταχύτητας $\hbar/m_e a_B$ προς την ταχύτητα του φωτός στο κενό). Το R_0 είναι:
- (α) η λεγόμενη κβαντική αντίσταση Hall
(β) η αντίσταση ενός πρότυπου μεταλλικού κράματος
(γ) ο λόγος $(\mathbf{n} \times \mathbf{E}) / \mathbf{H}$ σε ένα επίπεδο HM κύμα στο κενό στο σύστημα SI, όπου $\mathbf{n} \equiv \mathbf{k}/|\mathbf{k}|$
(δ) η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του καθαρού χαλκού σε θερμοκρασία 295 K
27. Οι αντιστάσεις $Z_0 = 4\pi\alpha(\hbar/e^2) = [(4\pi/c) \text{ all in atomic units}] = 376,73\Omega$ και $R_0 \equiv 2\pi(\hbar/e^2) = h/e^2 = 25812,80744\Omega$ έχουν φυσικό αντίκρισμα (όπου $\hbar/e^2 = 4108,236\Omega$ είναι η ατομική μονάδα ηλεκτρικής αντίστασης και α είναι η αδιάστατη σταθερά λεπτής υφής που εξ ορισμού είναι ο λόγος της ατομικής μονάδας ταχύτητας $\hbar/m_e a_B$ προς την ταχύτητα του φωτός στο κενό). Το Z_0 είναι:
- (α) η λεγόμενη κβαντική αντίσταση Hall
(β) η αντίσταση ενός πρότυπου μεταλλικού κράματος
(γ) ο λόγος $(\mathbf{n} \times \mathbf{E}) / \mathbf{H}$ σε ένα επίπεδο HM κύμα στο κενό στο σύστημα SI, όπου $\mathbf{n} \equiv \mathbf{k}/|\mathbf{k}|$
(δ) η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του καθαρού χαλκού σε θερμοκρασία 295 K
28. Σε ένα υγρό η διαμήκης ταχύτητα του ήχου v μπορεί να εκτιμηθεί από τον τύπο ($\bar{r} \equiv r/a_B$):
- (α) $v \approx e^2 / \hbar$ (β) $v \approx \hbar / m_e a_B \bar{r}$ (γ) $v \approx \hbar / m_p a_B \bar{r}$ (δ) $v \approx \hbar / \sqrt{m_e m_a} a_B \bar{r}$
29. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζονται οι τέσσερις ιδιοταλαντώσεις του μορίου CO_2 (η (γ) είναι διπλά εκφυλισμένη). Οι αντίστοιχες ιδιοσυχνότητες ικανοποιούν την διπλή ανισότητα



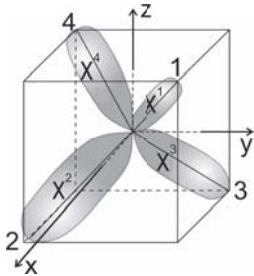
- (α) $\omega_a < \omega_\beta < \omega_\gamma$ (β) $\omega_\gamma < \omega_\beta < \omega_\alpha$ (γ) $\omega_\gamma < \omega_\alpha < \omega_\beta$ (δ) $\omega_a < \omega_\gamma < \omega_\beta$

30. Το στοιχείο V_{2h} μεταξύ δυο υβριδικών ατομικών τροχιακών sp^3 που ανήκουν σε διπλανά άτομα, 1 και 2, και κείνται στην ίδια ευθεία δίνεται από τον τύπο $\frac{1}{4} \langle \phi_s^1 + \sqrt{3}\phi_{p_x}^1 | \hat{H} | \phi_s^2 - \sqrt{3}\phi_{p_x}^2 \rangle$. Λαμβάνοντας υπόψη ότι $\langle \phi_i^1 | \hat{H} | \phi_j^2 \rangle = \eta_{ij} (\hbar^2 / m_e d^2)$, όπου $\eta_{ij} = -1,32 \ 1,42 \ 2,22$ για $ij = ss \ sp_x \ p_x p_x$ αντιστοίχως βρίσκει κανείς ότι: (Επιλέξτε τη σωστή σχέση)

- (α) $V_{2h} = -2,72(\hbar^2 / m_e d^2)$ (β) $V_{2h} = -1,99(\hbar^2 / m_e d^2)$
 (γ) $V_{2h} = -4,39(\hbar^2 / m_e d^2)$ (δ) $V_{2h} = -3,22(\hbar^2 / m_e d^2)$

31. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζονται τα τέσσερα υβριδικά ατομικά τροχιακά sp^3 , $\chi^1, \chi^2, \chi^3, \chi^4$, για τα οποία ισχύει: (Επιλέξτε τη σωστή σχέση)

32.



- (α) $\chi^4 = \frac{1}{2}(\phi_s + \phi_{p_z} - \phi_{p_x} - \phi_{p_y})$ (β) $\chi^3 = \frac{1}{2}(\phi_s + \phi_{p_x} - \phi_{p_y} - \phi_{p_z})$
 (γ) $\chi^2 = \frac{1}{2}(\phi_s + \phi_{p_z} - \phi_{p_x} - \phi_{p_y})$ (δ) $\chi^1 = \frac{1}{2}(\phi_s + \phi_{p_z} - \phi_{p_x} - \phi_{p_y})$

33. Η ενέργεια διάσπασης του μορίου Na_2 είναι περίπου (σε eV):

- (α) 5,2 (β) 3,4 (γ) 1,7 (δ) 0,8

34. Ο συντελεστής A στην αλληλεπίδραση van der Waals δίνεται από τον τύπο:

- (α) $A \propto e^2 r_{a1}^3 r_{a2}^3 / (r_{a1} + r_{a2})$ (β) $A \propto e^2 r_{a1}^2 r_{a2}^2 / (r_{a1} + r_{a2})$
 (γ) $A \propto e^2 r_{a1}^3 r_{a2}^3 / (r_{a1}^2 + r_{a2}^2)$ (δ) $A \propto e^4 r_{a1}^3 r_{a2}^3 / (r_{a1} + r_{a2})$

35. Η μέση τιμή $\langle n, l, m | p^2 | n, l, m \rangle$ του τετραγώνου της ορμής του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου είναι:

(α) $\hbar^2 / a_B^2 n^2$ (β) $e^2 / a_B n^2$ (γ) $\hbar^2 / 2a_B^2 n^2$ (δ) $e^2 m_e / 2a_B n^2$

36. Η ηλεκτρονιακή διάταξη του ατόμου Cu είναι:

(α) $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$ (β) $[\text{Ar}]3d^9 4s^1 4p^1$ (γ) $[\text{Ar}]3d^8 4s^1 4p^2$ (δ) $[\text{Ar}]3d^{11}$

37. Το πρώτο έργο ιονισμού του ατόμου Li είναι περίπου (σε eV):

(α) 13,6 (β) 5 (γ) 10 (δ) 14

38. Η μέση τιμή $\langle n, l, m, | r^{-1} | n, l, m \rangle$ του $1/r$ στο άτομο του υδρογόνου είναι:

(α) $1/n a_B$ (β) $1/n^2 a_B$ (γ) $1/2n^2 a_B$ (δ) $1/2n a_B$

39. Η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο για το ήλιο 4 είναι περίπου:

(α) 4,1 eV (β) 6,5 keV (γ) 9,6 MeV (δ) 7,1 MeV

40. Το μήκος ελεύθερης διαδρομής HM κύματος μήκους κύματος λ σε ένα μέταλλο με διηλεκτρική συνάρτηση ϵ και $n_2 \approx \text{Im} \sqrt{\epsilon}$ δίνεται από τον τύπο (στο G-CGS):

(α) $l = 1/n \sigma$ (β) $l = 4\pi n_2 \lambda$ (γ) $l = \lambda / 4\pi n_2$ (δ) $l = \lambda / 4\pi \epsilon$

41. Η σχέση μεταξύ της διηλεκτρικής συνάρτησης ϵ ενός αερίου και της πολωσιμότητας a_p του κάθε ατόμου ή μορίου που αποτελούν το αέριο είναι (στο σύστημα G-CGS): ($n = N/V$)

(α) $\epsilon = 1 + a_p$ (β) $\epsilon = 1 + 4\pi a_p$ (γ) $\epsilon = 1 + n a_p$ (δ) $\epsilon = 1 + 4\pi n a_p$.

42. Η ενεργός διατομή ελαστικής σκέδασης φωτονίου με $\lambda = 600 \text{ nm}$ από ουδέτερο άτομο υδρογόνου είναι:

(α) $\sigma \approx 0,25 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ (β) $\sigma \approx 0,75 \times 10^{-14} \text{ m}^2$
 (γ) $\sigma \approx 0,5 \times 10^{-26} \text{ m}^2$ (δ) $\sigma \approx 0,5 \times 10^{-31} \text{ m}^2$

43. 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) $(1/\lambda^9) \{ \exp(2\pi c \beta \hbar / \lambda) - 1 \}$

44. 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) $G = -PV$

45. Η ταχύτητα ενός συνήθους θαλάσσιου κύματος ($1\text{m} < \lambda \ll d$), όπου d είναι το βάθος της θάλασσας, δίνεται από τον τύπο:

(α) $v = \sqrt{gd}$ (β) $v = \sqrt{g\lambda / 2\pi}$ (γ) $v = \sqrt{gk}$ (δ) $v = c_{\eta\zeta\omicron\upsilon}$

46. Το διαφορικό της εσωτερικής ενέργειας είναι $dU = TdS - PdV + \mu dN$ και οι «φυσιολογικές» ανεξάρτητες μεταβλητές για την U είναι οι S, V, N . Το θερμοδυναμικό δυναμικό που έχει για ανεξάρτητες «φυσιολογικές» μεταβλητές τις T, P, N το ονομάζουμε G . Πώς πρέπει να ορισθεί το G ;

(i) (α) $G \equiv U + TS - \mu N$ (β) $G \equiv U + PV$ (γ) $G \equiv U + PV - TS$ (δ) $G \equiv U - TS$

(ii) ποιο είναι το διαφορικό του G ;

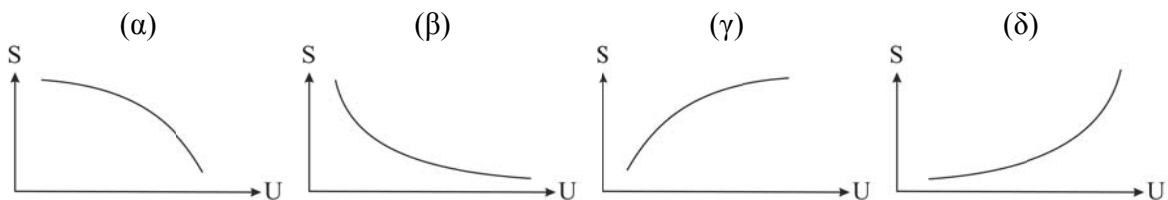
(α) $dG = SdT + VdP - \mu dN$

(β) $dG = SdT + VdP + \mu dN$

(γ) $dG = SdT - VdP + \mu dN$

(δ) $dG = -SdT + PdV + \mu dN$

47. Ποιο από τα παρακάτω σχηματικά γραφήματα αντιστοιχεί στη σωστή σχέση μεταξύ εσωτερικής ενέργειας U και εντροπίας S υπό σταθερό όγκο και αριθμό σωματίων;



48. Η ενέργεια ηρεμίας του ηλεκτρονίου είναι (σε MeV):

(α) 10^{-31} (β) 0,511 (γ) $1/1823$ (δ) 1836

49. Η ενέργεια ηρεμίας του πρωτονίου είναι (σε MeV):

(α) 938 (β) 1836 (γ) 106 (δ) 10^5