

5.38.  $k = \frac{d}{b}n = 3n, n = 1, 2, 3, \dots$

5.39.  $2k + 1 = 9, k = 4.$

5.40. 1,15 мкм.

5.41. Не можуть.

5.42.  $k = \frac{d}{b}n, n = 1, 2, 3, \dots$

5.43.  $\lambda_2 = 648,1 \text{ нм}.$

5.44. 2,8 мкм; 3570.

5.45. при  $k = 2; \lambda = 600 \text{ нм}.$

5.46.  $5\lambda.$

5.47.  $\lambda_2 = \frac{3\lambda_1 \sin \varphi_2}{2 \sin \varphi_1} = 0,545 \text{ мкм}.$

5.48. а)  $\varphi_2 - \varphi_1 = 6,6'$ ; б)  $\varphi_3 - \varphi_2 = -55,2'$ .

5.49. 0,534 мкм.

5.50. 600 штрихів/мм.

5.51.  $D_\varphi = \frac{k}{\sqrt{d^2 - k^2 \lambda^2}} = 0,63 \frac{\text{рад}}{\text{мкм}} = 130 \frac{\text{кут.сек.}}{\text{нм}}.$

5.52. 0,8 мкм.

5.53.  $5100 \text{ \AA}.$

5.54.  $4 \cdot 10^5 \text{ рад/м}.$

5.55. 1)  $D_{\varphi} = 81$  кут.с/мм;

2)  $D_l = 0,197$  мм/мм; 3)  $D_l^{-1} = 5,08$  мм/мм.

5.56. біля 0,12 мм.

5.57. а) не будуть; б) будуть.

5.58.  $D_{\varphi} = \frac{k}{d\sqrt{1 - (k\lambda/d)^2}}$ , а)  $1,09 \cdot 10^{-3}$  рад/мм,

б)  $1,14 \cdot 10^{-3}$  рад/мм, в)  $1,54 \cdot 10^{-3}$  рад/мм.

5.59. 1)  $D_l = \frac{kF}{\sqrt{d^2 - k^2\lambda^2}}$ ; 2) а) 1,09 мм/мм; б) 1,23 мм/мм;

в) 1,56 мм/мм; 3)  $D_l = 1$  мм/мм.

5.60. 1)  $\Delta x = 733$  мм; 2) а)  $D_l = 1,2$  мм/мм; б)  $R = 10^5$ .

5.61.  $\Delta\varphi = \frac{2\lambda}{N\sqrt{d^2 - 4\lambda^2}} = 11''$ .

5.62.  $\Delta\varphi = 22^\circ$ .

5.63.  $\Delta\varphi = 4,8^\circ$ .

5.64. 0,7 мм.

5.65.  $\Delta x = D_l \delta\lambda = \frac{F\lambda}{l} = 3,3$  мкм.

5.66.  $R_1 = 12000$ ,  $R_2 = 48000$ .

5.67. Ні.

5.68.  $N_{\min} = \frac{\lambda_1}{2(\lambda_2 - \lambda_1)} = 490$ .

5.69. 22 мкм.

5.70. 3.

5.71. 0,24 Å.

$$5.72. L_{\min} = \frac{d\lambda_1}{k(\lambda_2 - \lambda_1)} = 10 \text{ мм.}$$

## 6. Теплове випромінювання та зовнішній фотоэффект

$$6.16. R = b(\omega_2 - \omega_1).$$

$$6.17. R = r_0 / \alpha.$$

$$6.18. \text{ а) } \alpha(\omega, T) = 0, r(\omega, T) = 0;$$

б)  $\alpha(\omega, T) = 1, r(\omega, T) = f(\omega, T)$ , де  $f(\omega, T)$  – універсальна функція Кірхгофа.

$$6.20. 7,4 \cdot 10^{21} \text{ кВт} \cdot \text{ год.}$$

$$6.21. \sigma \approx 5 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}/(\text{см}^2 \text{К}^4), \quad \text{За сучасними даними} \\ \sigma \approx (5,6687 \pm 0,0010) \cdot 10^{-8} \text{ Дж}/(\text{см}^2 \text{К}^4).$$

$$6.22. 6000 \text{ К.}$$

6.23. Збільшилась би.

$$6.24. \text{ Біля } 10^{11} \text{ років.}$$

$$6.25. 394 \text{ К} (121^\circ \text{C}).$$

$$6.26. \Delta T = 2T \cdot \frac{1/\sqrt{1,033} - 1}{1/\sqrt{1,033} + 1} = -4,68 \text{ К.}$$

$$6.27. 1000 \text{ К.}$$

6.28. у 10/3 рази.

6.29. 2647 К.

6.30. 0,4 см<sup>2</sup>.

6.31. Збільшиться в 1,06 раз.

6.32. 5,35 кВт.

6.33. 1,87 кВт.

$$6.34. \eta = 1 - \frac{\pi \sigma T^4 d^2}{4N_0} \approx 80\%.$$

$$6.35. I = \frac{\pi \sigma T^4 a l d}{U} \approx 36 \text{ мА.}$$

$$6.36. d_2 = d_1 \cdot \frac{T_1}{T_2} \sqrt[3]{\frac{a_1 \rho_2 T_1}{a_2 \rho_1 T_2}} = 0,063 \text{ мм.}$$

6.37.  $t = (\eta^3 - 1) c \rho d / (18 \sigma T_0^3) = 3$  години, де  $c$  – питома теплоємність,  $\rho$  – густина міді.

6.38.  $\lambda_m = 3,4$  мкм.

6.39. 73,1 МВт/м<sup>2</sup>.

6.40. 6 см<sup>2</sup>.

6.41. у 81 раз; від 2,9 мкм до 0,97 мкм; у 243 рази.

6.42. 290 К.

6.43. Збільшилась на  $\Delta\lambda = 0,23$  мкм.

6.44. Зменшиться у 2 рази.

$$6.45. T_2 = \frac{b T_1}{b + T_1 \Delta\lambda} = 1,75 \cdot 10^3 \text{ К.}$$

6.46. а)  $10^{-6}$  м – інфрачервона область; б)  $5 \cdot 10^{-7}$  м – область видимого світла; в)  $3 \cdot 10^{-9}$  м – область рентгенівських променів.

6.47. 2,7 К.

6.48. Збільшилась в  $\sqrt{\eta} = 1,9$  рази.

6.49. а) Перетворити формулу Віна  $U(\omega, T)$  на  $U(\lambda, T)$ . Із умови  $\frac{dU(\lambda, T)}{d\lambda} = 0$  отримати, що  $\lambda_m \sim 1/T$ . б) у формулу Віна  $U(\lambda, T)$  підставити  $\lambda = \lambda_m \sim 1/T$  і переконатись, що  $U(\lambda_m, T) \sim T^5$ .

6.51. а)  $\lambda = 1,105$  мкм. б)  $y_2 - y_1 = 0,36$ .

в) 
$$\frac{\Delta R_2}{\Delta R_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4 \frac{1 - y_2}{1 - y_1} = 4,94.$$

6.52. 3,1 кВт/м<sup>2</sup>.

6.53. в 4,78 рази.

6.54. 412 Вт.

6.55.  $\Delta\lambda = 16 \text{ \AA}$ .

6.56. 
$$x = \left(\frac{\lambda_6}{\lambda_5}\right)^5 \exp\left\{\frac{hc}{kT} \left(\frac{1}{\lambda_6} - \frac{1}{\lambda_5}\right)\right\} = 2,87,$$

де  $\lambda_5 = (\lambda_1 + \lambda_2)/2$ ,  $\lambda_6 = (\lambda_3 + \lambda_4)/2$ .

6.57. 
$$\Delta R = \frac{8\pi^2 c^2 \hbar T^4 \eta}{b^4 (\exp\{2\pi c \hbar / kb\} - 1)} = 0,60 \text{ Вт/см}^2,$$

де  $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$  мК.

6.58. 
$$T < \frac{hc}{\lambda k \ln 10} = 4166 \text{ К (для } \lambda = 0,75 \text{ мкм)}.$$

6.59. 
$$\lambda \leq \frac{hc}{2kT \ln 10} = 1,56 \text{ мкм}.$$

6.60. 519 нм; 546 нм; 677 нм; 689 нм.

6.61.  $A = 4,5 \text{ eВ}$ ;  $v_{\text{max}} = 9,1 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ ;  $W_{\text{max}} = 3,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 2 \text{ eВ}$ .

6.62.  $U = 1,75 \text{ В}$ .

6.63.  $\lambda = 204 \text{ нм}$ ;  $\lambda_0 = 234 \text{ нм}$ .

6.64. 4,5 eВ.

6.65.  $3,42 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ .

6.66.  $6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ .

6.67. 2,5 В.

6.68. а) 0,66 і 0,235 мкм; б)  $5,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$  (Zn),  $3,3 \cdot 10^5 \text{ м/с}$  (Ag), із нікелю не вилітають.

6.69.  $\lambda_0 = (hc / A)(\eta - n) / (\eta - 1) = 0,26 \text{ мкм}$ .

6.70.  $A = hc \frac{(\eta^2 - \lambda_2 / \lambda_1)}{\lambda_2 (\eta^2 - 1)} = 1,88 \text{ eВ}$

6.71.  $n = \frac{N\tau\lambda S}{4\pi\hbar c L^2} = 4 \cdot 10^5 \text{ фотонів}$ .

6.72.  $T = \sqrt[4]{\frac{3cp_0}{4\sigma}} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ К}$ .

6.73.  $p = 4\sigma T^4 / (3c) \approx 2 \cdot 10^{-14} \text{ Па}$ .

6.74.  $p = 1,65 \cdot 10^{13} \text{ Па} = 163 \text{ Матм}$ .

6.75.  $n = \lambda N / (2\pi\hbar c) = 6 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}$ .

$$6.76. \text{ а) } \bar{j} = \frac{N\lambda}{4\pi hcr^2} = 5,9 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1};$$

$$\text{б) } \bar{n} = \bar{j}/c, \quad r = \frac{1}{2c} \sqrt{\frac{N\lambda}{\pi h \bar{n}}} = 8,9 \text{ м.}$$

$$6.77. \text{ а) } j = \frac{N\lambda}{4\pi hcr^2} = 1,1 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1};$$

$$\text{б) } j = \frac{N(\lambda_1 + 2\lambda_2)}{12\pi hcr^2} = 1,0 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}.$$

$$6.78. \quad 2,07 \text{ еВ/с}; 4,13 \text{ кеВ/с}; 310 \text{ кеВ/с.}$$

$$6.79. \quad v = c / \sqrt{1 + (m_e \lambda c / h)^2} = 0,77c = 2,3 \cdot 10^8 \text{ м/с,}$$

де  $m_e$  - маса спокою електрона.

$$6.80. \quad F = \frac{IS}{c} (1 + \rho) \cos^2 \varphi = 50 \text{ нН.}$$

$$6.81. \quad \bar{p} = 4(1 + \rho)W / (\pi d^2 c\tau) = 4,9 \cdot 10^6 \text{ Па} \approx 49 \text{ атм.}$$

$$6.82. \quad p = \frac{I}{c} (1 + \rho) \cos^2 \varphi = 0,6 \text{ нН/см}^2 = 6 \text{ мкПа.}$$

$$6.84. \quad F = \pi R^2 I / c = 0,18 \text{ мкН.}$$

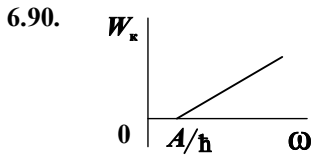
$$6.85. \quad \text{Біля } 10^{-7} \text{ Па.}$$

$$6.86. \quad N = I_H / |e|.$$

$$6.87. \quad N = 3,1 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}.$$

6.88. Залежність лінійна. Кутівий коефіцієнт визначається квантовим виходом фотоефекту.

6.89.  $I_H \sim E^2$ .



6.93.  $\beta = hcj / (e\lambda) = 0,02$ .

## 7. Будова атома

7.9.  $1,43 \cdot 10^{-16}$  с;  $4,4 \cdot 10^{16}$  рад/с.

7.10. 0,97 eВ.

7.11.  $3645 \text{ \AA}$ ;  $6561 \text{ \AA}$ .

7.12.  $2,12 \text{ \AA}$ .

7.13.  $P_1:P_2=2^8:1=256:1$ .

7.14. Зменшиться в  $n^3 = 8$  раз.

7.15.  $\omega = Z^2 \frac{m_e e^4}{\hbar^3 n^2} = 2,07 \cdot 10^{16}$  рад/с.

7.16.  $B = \frac{\mu_0 e^7 m_e^2}{256 \pi^4 \epsilon_0^3 \hbar^5} = 12,5$  Тл.

7.17.  $p_{m_1} = \mu_B = 0,927 \cdot 10^{-23}$  Дж/Тл.

7.18.  $949 \text{ \AA}$ ;  $972 \text{ \AA}$ ;  $1025 \text{ \AA}$ ;  $1215 \text{ \AA}$ .

7.19. а) 4; б) 3.

7.20.  $\lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} = 1872,4$  нм, серії Пашена  $\lambda_{4 \rightarrow 3}$ .

7.21.  $5410 \text{ \AA}$ ,  $10140 \text{ \AA}$  і  $11570 \text{ \AA}$ .



7.22. а)  $6570\text{Å}$ ,  $4870\text{Å}$ ,  $4340\text{Å}$ ; б)  $N = 1945$ .

7.23.  $973\text{Å} < \lambda \leq 1026\text{Å}$ .

7.24.  $121,57\text{ нм}$ ;  $102,57\text{ нм}$ ;  $656,47\text{ нм}$ .

7.25. серії Бреккетта,  $\lambda_{8 \rightarrow 4}$ .

7.26. серії Бреккетта,  $\lambda_{5 \rightarrow 4}$ ,  $\lambda = 4,05\text{ мкм}$ .

7.27. серії Пашена,  $\lambda_{5 \rightarrow 3}$ .

7.28. серії Бальмера,  $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 0,656\text{ мкм}$ .

7.29. Серія Бреккетта,  $\lambda_{6 \rightarrow 4} = 26244\text{Å}$ .

7.30.  $0,0305\text{ мкм}$ .

$$7.31. \quad n = \left(1 - \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{4\lambda_1\lambda_2 R_\lambda}\right)^{-\frac{1}{2}} = 5.$$

$$7.32. \quad R = \frac{88}{15Z^2 \Delta\lambda} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}.$$

7.33. у  $\text{Li}^{++}$ .

7.34.  $1025\text{Å}$ ;  $1215\text{Å}$ ;  $6561\text{Å}$ .

7.35. Поглинання має місце і супроводжується іонізацією атома.

7.36.  $12,09\text{еВ} \leq W < 12,75\text{еВ}$ .

7.37.  $2,55\text{еВ}$ .

$$7.38. \quad \Delta W = Z^2 13,6 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right) \text{еВ} = 48,4\text{еВ}.$$

7.39. -54,4 eB, He<sup>+</sup>.

7.40.  $W_{3B} = 54,4$  eB (He<sup>+</sup>)

7.41.  $W_1 = 10,2$  eB;  $W_2 = 1,89$  eB;  $W_3 = 0,66$  eB;

7.42. Для H  $W_K = 13,6$  eB,  $W_{3B} = 13,6$  eB,  
для He<sup>+</sup>  $W_K = 54,4$  eB,  $W_{3B} = 54,4$  eB.

7.43. 79 eB.

7.44. 2540 Å.

7.45. 6560 Å; 1215 Å; 1025 Å.

7.46. 3,26 м/с.

$$7.47. v = \sqrt{\frac{2hc}{m_e} \left( \frac{1}{\lambda} - Z^2 R_\lambda \right)} = 2,26 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

$$7.48. \text{ а) } v = -c + \sqrt{c^2 + \frac{3W_i}{2m_p}} = 3,254 \text{ м/с;}$$

$$\text{ б) } \frac{2m_p v^2}{3W_i} = 5,4 \cdot 10^{-7} \%.$$

7.49. 2, 0, 0; 2, 6, 0; 2, 6, 10.

7.50. 1; 2; 2(2l+1); 2n<sup>2</sup>.

7.52. 0;  $\pm 1,054 \cdot 10^{-34}$  Дж·с;  $\pm 2,108 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

7.53.  $\Delta L = 1,49 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

7.54.  $3 \cdot 10^{-26}$  Н.

7.56. 0;  $1,31 \cdot 10^{-23}$  Дж/Тл;  $2,27 \cdot 10^{-23}$  Дж/Тл;  $3,21 \cdot 10^{-23}$  Дж/Тл.

7.57. 2,23 мм.

## 8. Основи квантової механіки

8.9. 150 В.

8.11. 3,3 Å.

8.12. 1,23 Å; 0,0286 Å; 0,00186 Å.

8.13. 450 еВ.

8.14.  $\Delta x = 2hl / (m_e bv) = 0,73$  мм.

8.15. 1460 м/с;  $7,3 \cdot 10^6$  м/с.

8.16. 0,145 нм.

8.17. для Н: 0,0284 нм;  $0,284 \cdot 10^{-5}$  нм; 0,153 нм; для Нg: 0,002 нм;  $2 \cdot 10^{-6}$  нм, 0,0107 нм.

8.18.  $\Delta x = hl / (d \sqrt{2m_e eU}) = 4,9$  мкм.

8.19.  $\lambda = \frac{h}{2} \sqrt{2(\eta^2 - 1) / (m_e \Delta W_\kappa)} = 1,5$  Å.

8.20. 0,39 Å і 0,0091 Å; 150 еВ і 82 еВ.

8.21.  $\lambda = h \sqrt{\frac{N_A}{3kTM}} = 1,08$  Å, де  $M$  – молярна маса водню.

8.22.  $\Delta W = h^2 / (2m_e \lambda^2) - p^2 / (2m_e) = 0,38$  кеВ.

8.23.  $U = 150$  В.

8.24. 100 м/с, 0,1 м/с,  $10^{-25}$  м/с.

8.26. 16 раз.

8.27. 16%.

- 8.28. При  $\Delta x = 0,5$  мкм,  $\Delta v_1 = 200$  м/с, а  $\Delta v_2 = 0,1$  м/с.
- 8.29.  $\Delta x \cong \hbar t / (m_e \Delta x_0) \cong 1 \cdot 10^2$  км.
- 8.30.  $W_{\kappa \min} \approx 2 \hbar^2 / (m_e l^2) = 15$  еВ, тут  $\Delta x = l/2$  і  $p \approx \Delta p$ .
- 8.31.  $\frac{\Delta v}{v} = 2 \hbar / \sqrt{2 m_e l^2 W_{\kappa}} = 1$ . Тут  $\Delta x = l/2$ .
- 8.32.  $\Delta v \cong \hbar / (m_e d) = 10^6$  м.  $v / \Delta v = 2,2$ .
- 8.33.  $\Delta x_{\min} = 12d = 12 \cdot 10^{-15}$  м.
- 8.34.  $\frac{\Delta p_y}{p} = \hbar / \sqrt{2 m_e d^2 W_{\kappa}} = 1,3$  кут.секунди. Це мала величина, яка не дозволяє виявити вказані відхилення.
- 8.35.  $\Delta x = \hbar l / \sqrt{2 m_e d^2 eU} = 8 \text{ \AA}$ .
- 8.36.  $\Delta x \approx c\tau = 3$  м;  $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \lambda / (2\pi c\tau) \approx 3 \cdot 10^{-8}$ .
- 8.37. Показати, що невизначеність імпульсу електрона на орбіті  $\Delta p$  більша самого імпульсу  $p = m_e e^2 / (4\pi \epsilon_0 \hbar)$ .
- 8.38.  $\Delta x / \lambda \approx 1 / (\pi \Delta W_{\kappa} / W_{\kappa}) = 2000$ .
- 8.39.  $d_{\min} \cong \left( \frac{\hbar l}{\sqrt{3kmT}} \right)^{1/2} \approx 1$  мкм,  $m$  – маса атомів срібла.
- 8.42. 1) 0,78; 2) 0,21; 3) 0.
- 8.43. 4,52 еВ.
- 8.44. max:  $l/4$ ,  $3l/4$ ; min: 0,  $l/2$ ,  $l$ .

$$8.45. \quad \frac{dn}{dW} = \frac{4l^2 m_e}{h^2 N} = 1,33 \cdot 10^4 \text{eB}^{-1}.$$

$$8.47. \quad m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{кг}.$$

$$8.48. \quad \psi_I \psi_I^* = \frac{16}{9} a_1^2 \left(1 - \frac{3}{4} \sin^2 k_1 x\right), \quad \psi_{II} \psi_{II}^* = \frac{16}{9} a_1^2, \quad \text{де } a_1 -$$

амплітуда хвилі, яка падає на бар'єр,  $k_1 = \sqrt{\frac{8}{3} m U_0 / \hbar^2}$ .

$$8.49. \quad \text{Для } x \leq 0 \quad \psi \psi^* = 2a^2 (1 - \sin 2kx), \quad \text{для } x \geq 0 \\ \psi \psi^* = 2a^2 \exp\{-2kx\}, \quad \text{де } a^2 - \text{константа, } k = \sqrt{2mW} / \hbar.$$

$$8.50. \quad 0,0625.$$

$$8.51. \quad 0,03; 0,97.$$

$$8.52. \quad \text{в } 1,03 \text{ рази}.$$

$$8.53. \quad 0,2.$$

$$8.56. \quad 0,01.$$

$$8.57. \quad \text{Для електрона} - D = 0,039; \quad \text{для протона} - D = 5 \cdot 10^{-61}.$$

$$8.58. \quad x_{\text{эф}} = \frac{1}{2k} = \frac{\hbar}{2\sqrt{2m_e(U_0 - W)}} \approx 1 \text{ \AA}.$$

$$8.59. \quad |\psi|^2 = 4a^2 \sin^2 kx, \quad \text{де } a^2 - \text{константа, } k = \sqrt{2mW} / \hbar;$$

максимуми  $|\psi|^2$  в точках  $x_n = \frac{\pi n}{2k}$ ,  $n = 1, 3, 5, \dots$ , або

$x_n = (\lambda/4)n$ , де  $\lambda$  - дебройлівська довжина хвилі електрона ( $\lambda = 2\pi/k$ ).

## 9. Метали

- 9.7. 2 атома;  $2,5 \text{ \AA}$ .
- 9.10.  $0,8 \cdot 10^{-22} \text{ eB}$ .
- 9.11. а)  $1,21 \cdot 10^{28} (\text{eB} \cdot \text{M}^3)^{-1}$ ; б)  $2,87 \cdot 10^{23} (\text{eB} \cdot \text{M}^3)^{-1}$ .
- 9.12.  $\Delta W = 0,9 \cdot 10^{-22} \text{ eB}$ .
- 9.13.  $\Delta W = 0,62 \cdot 10^{-22} \text{ eB}$ .
- 9.14. 1.
- 9.15. 0,5.
- 9.17.  $2,5 \cdot 10^{-76} \%$ ;  $4,5 \cdot 10^{-12} \%$ .
- 9.18. (0;1);(0,0004;0,9996);(0,02;0,98);(0,24;0,76).
- 9.20. 37 %; 1,8 %.
- 9.22.  $T = 596 \text{ K}$ .
- 9.23.  $1,38 kT$ ;  $-1,38 kT$ .
- 9.24. 60%.
- 9.25. Зменшитися в 1,07 раз.
- 9.26. Зменшитися в 12 раз.
- 9.28. 54%.
- 9.29.  $W = W_F / \sqrt[3]{4}$ .
- 9.30. 65%.
- 9.31. 15.
- 9.32. 1,15.

9.33. 3%.

9.34. 4,2 еВ.

9.35.  $\overline{W} = 3,3$  еВ.

9.36.  $\omega = 31,4$  кДж/см<sup>3</sup>.

9.37.  $4,6 \cdot 10^{27}$  м<sup>-3</sup>.

9.38. 5,42.

9.39. В 3 рази.

9.40. 0,1%.

9.41.  $v_{\max} = 1,57 \cdot 10^6$  м/с.

9.42.  $1,32 \cdot 10^6$  м/с;  $0,12 \cdot 10^6$  м/с.

9.43. 7 раз.

9.44.  $N(p) = 8\pi p^2 / h^3$ .

9.45.  $N(\lambda) = 8\pi / \lambda^4$ .

9.46.  $\Delta N = \frac{2,044\pi(m_e W_F)^{3/2} V}{h^3} = 2,75 \cdot 10^{23}$  електронів;

9.47.  $\frac{\pi^2 kT}{3W_F} = 0,012$ .

9.48.  $\frac{m_n^*}{m_e} = \frac{\hbar^2}{2Am_e} = 0,63; 2/3$ .

## 10. Напівпровідники

10.18. 0;  $2,1 \cdot 10^{-9}$ .

10.19. 1 еВ; 0,5 еВ.

10.20. 0,26 еВ.

10.21.  $2,74 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ;  $1,14 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ;  $1,02 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$ .

10.22. 0,19 еВ.

10.23. 
$$n(T_2) = n(T_1) \cdot \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left\{ \frac{W_g(T_1) + aT_1}{2k} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} \right\} =$$
  
 $= 2,15 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$ , де  $T_1 = 300 \text{ К}$ ,  $n(T_1)$  – концентрація носіїв заряду в германії при  $T_1$ .

10.24.  $0,12 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ .

10.25. 0,45 Ом·м.

10.26.  $5,05 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$ .

10.27. 2 МОм·м.

10.28. 52 м/с; 20 м/с; 3152 Ом·м; 0,38 мкА.

10.29. 
$$\rho_3 = \rho_2 \exp \left\{ \frac{T_1(T_2 - T_3)}{T_3(T_2 - T_1)} \ln \frac{\rho_1}{\rho_2} \right\} = 30 \text{ кОм} \cdot \text{см}.$$

10.30. 0,152 кОм·м.

10.31. 0,014 Ом·м.

10.32. а) Зменшиться в 1,03 рази; б) збільшиться в 1,21 рази.



**10.33.**  $\alpha = -0,047 K^{-1}$ .

**10.34.**  $\alpha = -0,071 K^{-1}$ .

**10.35.**  $\alpha = -0,046 K^{-1}$ .

**10.36.**  $1,45 \cdot 10^{20} M^{-3}$ .

**10.37.** 59,2 Ом·м.

**10.38.**  $\rho = 0,037 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ .

**10.39.** 2422 Ом·м.

**10.40.**  $1,1 \cdot 10^{16} M^{-3}$ .

**10.41.**  $5,54 \cdot 10^{19} M^{-3}$ ;  $1,04 \cdot 10^{19} M^{-3}$ .

**10.42.**  $8,7 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ;  $50 (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$ ; 400 Ом.

**10.43.**  $3,68 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ;  $10 (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$ .

**10.44.**  $1,5 \cdot 10^{-11}$ .

**10.45.**  $137 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ .

**10.46.** 1,44 eB; 0,34 eB.

**10.47.**  $W_g = 1,2 \text{ eB}$ ;  $\Delta W_p = 0,06 \text{ eB}$ .

**10.48.**  $\sigma = 3,77 (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$ .

**10.49.**  $W_{F_n} = 0,58 \text{ eB}$ .

**10.50.**  $W_{F_p} = 0,17 \text{ eB}$ .

**10.51.**  $W_{F_n} = 0,73 \text{ eB}$ .

**10.52.**  $W_{F_n} = 0,48 \text{ eB}$ .

**10.53.**  $u_n - u_p = E_{\perp} / (E_{\parallel} B) = 0,2 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ .

**10.54.** а)  $n$ -тип; б)  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{Кл}$ ; в)  $3,13 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$ ; г)  $0,36 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ .

**10.55.**  $0,041 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ ;  $1,7 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$ .

**10.56.**  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;  $1,25 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$ .

**10.57.**  $1,25 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$ .

**10.58.**  $2/7$ .

**10.59.**  $0,44 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ .

**10.60.**  $1:4,4$ .

**10.61.**  $1,16 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$ ;  $0,36 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ .

**10.62.**  $U = \frac{U_H l}{u_p B b} = 2525 \text{ В}$ .

**10.63.**  $0,01 \text{ с}$ .

**10.64.**  $141 \text{ мкс}$ ;  $6,8 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$ .

**10.65.**  $\rho = 96,7 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ .

**10.66.**  $4 \cdot 10^4 \text{ с}$ .

**10.67.**  $\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{I\alpha\tau\beta}{n_n} \left(1 + \frac{u_p}{u_n}\right) = 12\%$ .

**10.68.**  $4,3\%$ .

**10.69.**  $48 \text{ В}/\text{м}$ .

**10.70.**  $j \approx 0,1 \text{ А}/\text{см}^2$ .

**10.71.**  $0,88 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ .

10.72.  $9,1 \cdot 10^{-4}$  с;  $0,0044 \text{ м}^2/\text{с}$ .

10.73.  $0,01 \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $0,38 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ .

## 11. Контактні явища в напівпровідниках

11.14.  $0,12 \text{ еВ}$ ;  $0,32 \text{ еВ}$ ;  $0,20 \text{ еВ}$ .

11.15.  $0,31 \text{ В}$ .

11.16.  $0,33 \text{ мкм}$ .

11.17.  $W_{pn} = 0,71 \text{ еВ}$ ,  $x = 3 \text{ мкм}$ .

11.18.  $0,65 \text{ еВ}$  і  $3,0 \text{ мкм}$  для Si;  $0,25 \text{ еВ}$  і  $2,1 \text{ мкм}$  для Ge.

11.19.  $x = \frac{6\varepsilon\varepsilon_0 E_m}{5eN_d} = 0,106 \text{ мкм}$ .

11.20.  $W_{pn} = 0,83 \text{ еВ}$ ,  $E_m = 50 \text{ кВ/см}$ .

11.22. а)  $U_{pn} = (0,31-0,38) \text{ В}$ ; б)  $x=0,33 \text{ мкм}$ ; в)  $C = 4,3 \text{ нФ}$ ;  
г)  $E_m = 1,9 \text{ МВ/м}$ .

11.23. а)  $C = 8140 \text{ пФ}$ ; б)  $q = 6,3 \text{ нКл}$ ;

б)  $j = \frac{en_i^2 E_m}{2} \left( \frac{u_n}{N_a} + \frac{u_p}{N_d} \right) = 27,5 \text{ нА/см}^2$ . Розрахунок  $E_m$  див.

задачу 11.4 і 11.5.

11.24.  $\Delta C = 1,75 \text{ нФ}$ .

11.25. 1)  $p_p \cong 10^{24} \text{ м}^{-3}$ ;  $n_p \cong 5,76 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}$ ;

$n_n \cong 10^{22} \text{ м}^{-3}$ ;  $p_n \cong 5,76 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$ ; 2)  $U_{pn} \approx 0,43 \text{ В}$ ;

3)  $I_s = \frac{en_i^2 D_p S}{N_d x} \cong 4 \text{ мкА}$ .

## 12. Атомне ядро. Радіоактивність. Ядерні реакції

12.10. 200 м.

$$12.11. r \approx \frac{\hbar}{m_{\pi} c} \approx 1,4 \cdot 10^{-15} \text{ м} = 1,4 \text{ Ф.}$$

12.14.  $4,6 \cdot 10^9$  років.

12.15. 16,2 роки.

12.16. 0,33 мКи.

12.17. 63%.

12.18. 2,99 кг; 9,07 кг.

12.19.  $T=12,25$  дня;  $\tau=17,67$  дня.

12.20. 93 роки.

12.21.  $4,44 \cdot 10^9$  років.

12.22. а) 97 мКи, б)  $2,7 \cdot 10^{-12}$  мКи.

12.23.  $7,22 \cdot 10^5$  мКи.

12.24. 1)  $\sim 10^{-4}\%$ ; 2) 50% ; 3) 62%.

$$12.25. t = \frac{T \ln(\Delta t_0 / \Delta t_1)}{\ln 2} \cong 2 \text{ год.}$$

12.26. 61 г.

12.27. 8,5 мг/год.

12.28. 2700 тон.

12.29. 7,28 МеВ.

1. ОСНОВНІ ТРИГОНОМЕТРИЧНІ ФОРМУЛИ

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $\sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1$ $\operatorname{csc}^2 \alpha - \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1$ $\sin \alpha \cdot \operatorname{csc} \alpha = 1$ $\cos \alpha \cdot \sec \alpha = 1$ $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1$	$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$ $\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$ $\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$
$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{(1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha)}}$ $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)}}$ $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$ $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}$	$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$ $\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$
$\sin(\alpha / 2) = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$ $\cos(\alpha / 2) = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$	$2 \sin \alpha \sin \beta = \cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)$ $2 \cos \alpha \cos \beta = \cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)$ $2 \sin \alpha \cos \beta = \sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta)$

## 2. ФОРМУЛИ ДЛЯ НАБЛИЖЕНИХ РОЗРАХУНКІВ

$\frac{1}{1 \pm x} \approx 1 \mp x,$	$x < 0,031$
$(1 \pm x)^{1/2} \approx 1 \pm \frac{1}{2}x,$	$x < 0,085$
$\exp(\pm x) \approx 1 \pm x + \frac{1}{2}x^2,$	$x < 0,045$
$\ln(1 \pm x) \approx x,$	$x < 0,045$
$\sin x \approx x,$	$x < 0,077$ рад ( $4,4^\circ$ )
$\cos x \approx 1 - \frac{1}{2}x^2,$	$x < 0,387$ рад ( $22,2^\circ$ )

## 3. ТАБЛИЦЯ ПОХІДНИХ ТА ІНТЕГРАЛІВ

Функція	Похідна	Функція	Похідна	Функція	Похідна
$x^n$	$nx^{n-1}$	$\sin x$	$\cos x$	$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\cos x$	$-\sin x$	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{n}{x^{n+1}}$	$\operatorname{tg} x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$	$\operatorname{arctg} x$	$\frac{1}{1+x^2}$
$\sqrt{x}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$	$\operatorname{ctg} x$	$-\frac{1}{\sin^2 x}$	$\operatorname{arcctg} x$	$-\frac{1}{1+x^2}$
$e^x$	$e^x$	$\sqrt{u}$	$\frac{u'}{2\sqrt{u}}$	$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{ch} x$

Функція	Похідна	Функція	Похідна	Функція	Похідна
$e^{nx}$	$ne^{nx}$	$\ln u$	$\frac{u'}{u}$	$\operatorname{ch}x$	$\operatorname{sh}x$
$a^x$	$a^x \ln a$	$\frac{u}{v}$	$\frac{vu' - v'u}{v^2}$	$\operatorname{th}x$	$\frac{1}{\operatorname{ch}^2 x}$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$			$\operatorname{cth}x$	$-\frac{1}{\operatorname{sh}^2 x}$

$\int_0^{\infty} x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} (n \neq -1)$	$\int e^x dx = e^x$
$\int \frac{dx}{x} = \ln x$	$\int a^{bx} dx = \frac{a^{bx}}{b \ln a}$
$\int \sin x dx = -\cos x$	$\int \frac{dx}{a^2 + x^2} = \frac{1}{a} \operatorname{arctg} \frac{x}{a}$
$\int \cos x dx = \sin x$	$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \ln(x + \sqrt{a^2 + x^2})$
$\int \operatorname{tg} x dx = -\ln \cos x$	$\int \frac{dx}{(a^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{1}{a^2} \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$
$\int \operatorname{ctg} x dx = \ln \sin x$	$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 - a^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2 - a^2})$
$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg}x$	$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \operatorname{arcsin} \frac{x}{a}$
$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg}x$	$\int \frac{x^2 dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \frac{a^2}{2} \operatorname{arcsin} \frac{x}{a} - \frac{x}{2} \sqrt{a^2 - x^2}$

$\int_0^{\infty} e^{-\beta x} dx = \frac{1}{\beta}$	$\int e^{-\beta x} x dx = \frac{1}{\beta^2}$
$\int_0^{\infty} e^{-\beta x^2} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\beta}},$	$\int_0^{\infty} e^{-\beta x^2} x dx = \frac{1}{2\beta}$
$\int_0^{\infty} e^{-\beta x^2} x^2 dx = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\pi}{\beta^3}},$	$\int_0^{\infty} e^{-\beta x^2} x^3 dx = \frac{1}{2\beta^2}$

**Інтегрування «по частинах»:**  $\int u dv = uv - \int v du$

### Значення деяких визначених інтегралів

$\int_0^{\infty} x^n e^{-x} dx = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ \sqrt{\pi}/2, & n = 1/2 \\ 1, & n = 1 \\ 2, & n = 2 \end{cases}$	$\int_0^{\infty} x^n e^{-x^2} dx = \begin{cases} \sqrt{\pi}/2, & n = 0 \\ 1/2, & n = 1 \\ \sqrt{\pi}/4, & n = 2 \\ 1/2, & n = 3 \end{cases}$
$\int_0^{\infty} \frac{x^n dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 2,31, & n = 1/2 \\ \pi^2/6, & n = 1 \\ 2,405, & n = 2 \\ \pi^4/15, & n = 3 \\ 24,9 & n = 4 \end{cases}$	$\int_0^a \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 0,225, & a = 1 \\ 1,18, & a = 2 \\ 2,56, & a = 3 \\ 4,91, & a = 4 \\ 6,43, & a = 10 \end{cases}$

### 4. ДЕЯКІ ЧИСЛА

$e = 2,718282$	$\ln x = 2,3026 \lg x$
$\lg e = 0,434294$	$\pi = 3,1415926$
$\ln 10 = 2,302585$	$\pi^2 = 9,869624$
$\lg x = 0,4343 \ln x$	$\sqrt{\pi} = 1,7724538$



## 5. ДЕСЯТИЧНІ ПРИСТАВКИ ДО ОДИНИЦЬ

Г – гіга ( $10^9$ ) М – мега ( $10^6$ ) к – кіло ( $10^3$ )	г – гекто ( $10^2$ ) с – санти ( $10^{-2}$ ) м – міллі ( $10^{-3}$ )	мк – мікро ( $10^{-6}$ ) н – нано ( $10^{-9}$ ) п – піко ( $10^{-12}$ )
---	--	---

## 6. ГУСТИНИ РЕЧОВИН

Тверді речовини	$\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>
АЛМАЗ	3,5
АЛЮМІНІЙ	2,7
ВОЛЬФРАМ	19,1
ГРАФІТ	1,6
ЗАЛІЗО(СТАЛЬ)	7,8
ЗОЛОТО	19,3
КАДМІЙ	8,65
КОБАЛЬТ	8,9
ЛІД	0,916
МІДЬ	8,9
МОЛБДЕН	10,2
НАТРІЙ	0,97
НІКЕЛЬ	8,9
ОЛОВО	7,4
ПЛАТИНА	21,5
КОРОК	0,20
СВИНЕЦЬ	11,3
СРІБЛО	10,5
ТИТАН	4,5
УРАН	19,0
ПОРЦЕЛЯНА	2,3

<b>Рідини</b>	<b><math>\rho \cdot 10^{-3}</math>, кг/м<sup>3</sup></b>
ЦИНК	7,0
БЕНЗОЛ	0,88
ВОДА	1,00
ГЛЦЕРИН	1,26
КАСТОРОВЕ МАСЛО	0,90
ГАС	0,80
РТУТЬ	13,6
СПИРТ	0,79
ВАЖКА ВОДА	1,1
ЕФІР	0,72

<b>Гази(за нормальних умов)</b>	<b><math>\rho</math>, кг/м<sup>3</sup></b>
АЗОТ	1,25
АМІАК	0,77
ВОДЕНЬ	0,09
ПОВІТРЯ	1,293
КИСЕНЬ	1,43
МЕТАН	0,72
ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ	1,98
ХЛОР	3,21

### **7. ДІЕЛЕКТРИЧНІ ПРОНИКНОСТІ $\epsilon$ (відносні)**

<b>Діелектрик</b>	<b><math>\epsilon</math></b>	<b>Діелектрик</b>	<b><math>\epsilon</math></b>
ВОДА	81	СЛЮДА	7,5
ПОВІТРЯ	1,00058	СПИРТ	26
ГАС	2,0	СКЛО	6,0
ПАРАФІН	2,0	ПОРЦЕЛЯНА	6,0
ПЛЕКСИГЛАС	3,5	ЕБОНІТ	2,7
ПОЛІЕТИЛЕН	2,3		

## 8. ПИТОМИЙ ОПІР ПРОВІДНИКІВ

Провідник	Питомий опір (якщо $t = 20^\circ\text{C}$ ) $\rho$ , $\text{нОм} \cdot \text{м}$	Температурний коефіцієнт $\alpha \cdot 10^3, \text{K}^{-1}$
АЮМНІЙ	26	4,5
ВОЛЬФРАМ	50	4,8
ЗАЛІЗО	90	6,5
ЗОЛОТО	20	4,0
МІДЬ	16	4,3
СВИНЕЦЬ	190	4,2
СРІБЛО	15	4,1
ГРАФІТ	3900	-0,8

## 9. ПОКАЗНИКИ ЗАЛОМЛЕННЯ

Речовина	$n$	Речовина	$n$
ПОВІТРЯ	1,00029	СКЛО	1,50
ВОДА	1,33	АЛІМАЗ	2,42

Примітка: відомо, що, показники заломлення залежать від природи речовини та довжини хвилі світла, тому наведені в цій таблиці значення  $n$  потрібно розглядати як умовні.

Довжина хвилі $\lambda$ , нм	КОЛІР	Ісландський шпат		Кварц	
		$n_e$	$n_o$	$n_e$	$n_o$
687	ЧЕРВОНИЙ	1,484	1,653	1,550	1,541
656	ОРАНЖЕВИЙ	1,485	1,655	1,551	1,542
589	ЖОВТИЙ	1,486	1,658	1,553	1,544
527	ЗЕЛЕНИЙ	1,489	1,664	1,556	1,547
486	БЛАКИТНИЙ	1,491	1,668	1,559	1,550
431	СИНЬО-ФІОЛЕТОВИЙ	1,495	1,676	1,564	1,554
400	ФІОЛЕТОВИЙ	1,498	1,683	1,568	1,558

## 10. РОБОТА ВИХОДУ ЕЛЕКТРОНА З МЕТАЛІВ

МЕТАЛ	A, eВ	МЕТАЛ	A, eВ	МЕТАЛ	A, eВ
АЛЮМІНІЙ	3,74	КАЛІЙ	2,15	НІКЕЛЬ	4,84
БАРІЙ	2,29	КОБАЛЬТ	4,25	ПЛАТИНА	5,29
ВІСМУТ	4,62	ЛІТІЙ	2,39	СРІБЛО	4,28
ВОЛЬФРАМ	4,50	МІДЬ	4,47	ТИТАН	3,92
ЗАЛІЗО	4,36	МОЛІБДЕН	4,27	ЦЕЗІЙ	1,80
ЗОЛОТО	4,58	НАТРІЙ	2,27	ЦИНК	3,74

## 11. АСТРОНОМІЧНІ ВЕЛИЧИНИ


Космічне тіло	Середній радіус, м	Маса, кг	Середня густина, $10^3 \text{ кг/м}^3$	Період обертання навколо осі, доба
СОНЦЕ	$6,95 \cdot 10^8$	$1,97 \cdot 10^{30}$	1,41	25,4
ЗЕМЛЯ	$6,37 \cdot 10^6$	$5,96 \cdot 10^{24}$	5,52	1,00
МІСЯЦЬ	$1,74 \cdot 10^6$	$7,30 \cdot 10^{22}$	3,30	27,3

Планети сонячної системи	Середня відстань від Сонця, $10^6 \text{ км}$	Період обертання навколо Сонця, в роках
МЕРКУРІЙ	57,87	0,241
ВЕНЕРА	108,14	0,615
ЗЕМЛЯ	149,50	1,000
МАРС	227,79	1,881
ЮПІТЕР	777,8	11362
САТУРН	1426,1	29,458
УРАН	2867,7	84,013
НЕПТУН	4494	164,79
ПЛУТОН	9508	248,43

**12. ДЕЯКІ ПАРАМЕТРИ НАПІВПРОВІДНИКІВ  
(T=300 K)**

Напівпровідник Параметри	Ge	Si	GaAs
Ширина забороненої зони $W_g$ , eВ	0,72	1,1	1,4
Власна концентрація $n_i$ , м <sup>-3</sup>	$2,4 \cdot 10^{19}$	$1,1 \cdot 10^{16}$	$1,4 \cdot 10^{13}$
Рухливість електронів $u_n$ , м <sup>2</sup> /(Вс)	0,39	0,13	1
Рухливість дірок $u_p$ , м <sup>2</sup> /(Вс)	0,19	0,05	0,04
Відносна діелектрична проникність $\epsilon$ , відн.один.	16	12,5	12
Коефіцієнт дифузії електронів $D_n \cdot 10^3$ , м <sup>2</sup> /с	10	3,4	25
Коефіцієнт дифузії дірок $D_p \cdot 10^3$ , м <sup>2</sup> /с	4,4	1,3	-
Відносна ефективна маса електронів $m_n^* / m_e$	0,55	1,06	0,068
Відносна ефективна маса дірок $m_p^* / m_e$	0,36	0,59	0,50



I		Періодична система елементів Д.І.Менделєєва						VII		VIII			
1		II		III		IV		V		VI			
1	(H)							1 1,0079	<b>H</b>	2 4,0026	<b>He</b>		
2	<b>Li</b> Літій	<b>Be</b> Берилій	<b>B</b> Бор	<b>C</b> Вуглець	<b>N</b> Азот	<b>O</b> Кисень	<b>F</b> Фтор	<b>Ne</b> Неон					
3	<b>Na</b> Натрій	<b>Mg</b> Магній	<b>Al</b> Алюміній	<b>Si</b> Кремній	<b>P</b> Фосфор	<b>S</b> Сірка	<b>Cl</b> Хлор	<b>Ar</b> Аргон					
4	<b>K</b> Калій	<b>Ca</b> Кальцій	<b>Sc</b> Скандій	<b>Ti</b> Титан	<b>V</b> Ванадій	<b>Cr</b> Хром	<b>Mn</b> Марганець	<b>Fe</b> Залізо	<b>Co</b> Кобальт	<b>Ni</b> Нікель			
	<b>Cu</b> Мідь	<b>Zn</b> Цинк	<b>Ga</b> Галій	<b>Ge</b> Германій	<b>As</b> Миш'як	<b>Se</b> Селен	<b>Br</b> Бром	<b>Kr</b> Криптон					
5	<b>Rb</b> Рубідій	<b>Sr</b> Стронцій	<b>Y</b> Ітрій	<b>Zr</b> Цирконій	<b>Nb</b> Ніобій	<b>Mo</b> Молибден	<b>Tc</b> Технецій	<b>Ru</b> Рутеній	<b>Rh</b> Родій	<b>Pd</b> Паладій			
	<b>Ag</b> Срібло	<b>Cd</b> Кадмій	<b>In</b> Індій	<b>Sn</b> Олово	<b>Sb</b> Сурма	<b>Te</b> Телур	<b>I</b> Йод	<b>Xe</b> Ксенон					
6	<b>Cs</b> Цезій	<b>Ba</b> Барій	<b>La*</b> Лантан	<b>Hf</b> Гафній	<b>Ta</b> Тантал	<b>W</b> Вольфрам	<b>Re</b> Реній	<b>Os</b> Осмій	<b>Ir</b> Іридій	<b>Pt</b> Платина			
	<b>Au</b> Золото	<b>Hg</b> Ртуть	<b>Tl</b> Талій	<b>Pb</b> Свинець	<b>Bi</b> Тантал	<b>Po</b> Полоній	<b>At</b> Астат	<b>Rn</b> Радон					
7	<b>Fr</b> Францій	<b>Ra</b> Радій	<b>Ac**</b> Актиній	<b>Ku</b> Курчатовій									

\*лантаноїди

<b>Ce</b> Церій	<b>Pr</b> Празеодим	<b>Nd</b> Неодим	<b>Pm</b> Прометій	<b>Sm</b> Самарій	<b>Eu</b> Європій	<b>Gd</b> Гадоліній	<b>Tb</b> Тербій	<b>Dy</b> Диспрозій	<b>Ho</b> Гольмій	<b>Er</b> Ербій	<b>Tm</b> Тулій	<b>Yb</b> Ітербій	<b>Lu</b> Лютецій
--------------------	------------------------	---------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	------------------------	---------------------	------------------------	----------------------	--------------------	--------------------	----------------------	----------------------

\*\*актиноїди

<b>Th</b> Торій	<b>Pa</b> Протактиній	<b>U</b> Уран	<b>Np</b> Нептуній	<b>Pu</b> Плутоній	<b>Am</b> Америцій	<b>Cm</b> Кюрій	<b>Bk</b> Берклій	<b>Cf</b> Каліфорній	<b>Es</b> Ейнштейній	<b>Fm</b> Фермій	<b>Md</b> Менделєєвій	<b>No</b> (Нобелій)	<b>Lr</b> (Лоуренцій)
--------------------	--------------------------	------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------	--------------------------	------------------------	--------------------------





### 13. РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРОНІВ ПО РІВНЯХ

еле- МЕНТ	K	L	M	N	еле- МЕНТ	K	L	M	N	O	P	еле- МЕНТ	K	L	M	N	O	P	Q
<b>H</b>	1				<b>Rb</b>	2	8	18	8	1		<b>Hf</b>	2	8	18	32	10	2	
<b>He</b>	2				<b>Sr</b>	2	8	18	8	2		<b>Ta</b>	2	8	18	32	11	2	
<b>Li</b>	2	1			<b>Y</b>	2	8	18	9	2		<b>W</b>	2	8	18	32	13	2	
<b>Be</b>	2	2			<b>Zr</b>	2	8	18	10	2		<b>Re</b>	2	8	18	32	13	2	
<b>B</b>	2	3			<b>Nb</b>	2	8	18	12	1		<b>Os</b>	2	8	18	32	14	2	
<b>C</b>	2	4			<b>Mo</b>	2	8	18	13	1		<b>Ir</b>	2	8	18	32	15	2	
<b>N</b>	2	5			<b>Tc</b>	2	8	18	13	2		<b>Pt</b>	2	8	18	32	17	1	
<b>O</b>	2	6			<b>Ru</b>	2	8	18	15	1		<b>Au</b>	2	8	18	32	18	1	
<b>F</b>	2	7			<b>Rh</b>	2	8	18	16	1		<b>Hg</b>	2	8	18	32	18	2	
<b>Ne</b>	2	8			<b>Pd</b>	2	8	18	18	0		<b>Tl</b>	2	8	18	32	18	3	
<b>Na</b>	2	8	1		<b>Ag</b>	2	8	18	18	1		<b>Pb</b>	2	8	18	32	18	4	
<b>Mg</b>	2	8	2		<b>Cd</b>	2	8	18	18	2		<b>Bi</b>	2	8	18	32	18	5	
<b>Al</b>	2	8	3		<b>In</b>	2	8	18	18	3		<b>Po</b>	2	8	18	32	18	6	
<b>Si</b>	2	8	4		<b>Sn</b>	2	8	18	18	4		<b>At</b>	2	8	18	32	18	7	
<b>P</b>	2	8	5		<b>Sb</b>	2	8	18	18	5		<b>Rn</b>	2	8	18	32	18	8	
<b>S</b>	2	8	6		<b>Te</b>	2	8	18	18	6		<b>Fr</b>	2	8	18	32	18	8	1
<b>Cl</b>	2	8	7		<b>I</b>	2	8	18	18	7		<b>Ra</b>	2	8	18	32	18	8	2
<b>Ar</b>	2	8	8		<b>Xe</b>	2	8	18	18	8		<b>Ac</b>	2	8	18	32	18	9	2
<b>K</b>	2	8	8	1	<b>Cs</b>	2	8	18	18	8	1	<b>Th</b>	2	8	18	32	18	10	2
<b>Ca</b>	2	8	8	2	<b>Ba</b>	2	8	18	18	8	2	<b>Pa</b>	2	8	18	32	20	9	2
<b>Sc</b>	2	8	9	2	<b>La</b>	2	8	18	18	9	2	<b>U</b>	2	8	18	32	21	9	2
<b>Ti</b>	2	8	10	2	<b>Ce</b>	2	8	18	19	9	2	<b>Np</b>	2	8	18	32	22	9	2
<b>V</b>	2	8	11	2	<b>Pr</b>	2	8	18	21	8	2	<b>Pu</b>	2	8	18	32	24	8	2
<b>Cr</b>	2	8	13	1	<b>Nd</b>	2	8	18	22	8	2	<b>Am</b>	2	8	18	32	25	8	2
<b>Mn</b>	2	8	13	2	<b>Pm</b>	2	8	18	23	8	2	<b>Cm</b>	2	8	18	32	25	9	2
<b>Fe</b>	2	8	14	2	<b>Sm</b>	2	8	18	24	8	2	<b>Bk</b>	2	8	18	32	26	9	2
<b>Co</b>	2	8	15	2	<b>Eu</b>	2	8	18	25	8	2	<b>Cf</b>	2	8	18	32	28	8	2
<b>Ni</b>	2	8	16	2	<b>Gd</b>	2	8	18	25	9	2	<b>Es</b>	2	8	18	32	29	8	2
<b>Cu</b>	2	8	18	1	<b>Tb</b>	2	8	18	27	8	2	<b>Fm</b>	2	8	18	32	30	8	2
<b>Zn</b>	2	8	18	2	<b>Dy</b>	2	8	18	28	8	2	<b>Md</b>	2	8	18	32	31	8	2
<b>Ga</b>	2	8	18	3	<b>Ho</b>	2	8	18	29	8	2	<b>(No)</b>	2	8	18	32	32	8	2
<b>Ge</b>	2	8	18	4	<b>Er</b>	2	8	18	30	8	2	<b>(Lr)</b>	2	8	18	32	32	9	2
<b>As</b>	2	8	18	5	<b>Tm</b>	2	8	18	31	8	2	<b>Ku</b>	2	8	18	32	32	10	2
<b>Se</b>	2	8	18	6	<b>Yb</b>	2	8	18	32	8	2								
<b>Br</b>	2	8	18	7	<b>Lu</b>	2	8	18	32	9	2								
<b>Kr</b>	2	8	18	8															

## 14. ТАБЛИЦЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІЗОТОПІВ

Ізотоп	Спін ядра	Надлишок маси атома М–А, а.о.м.	Тип розпаду	Період напіврозпаду	Енергія $\alpha$ -, $\beta$ -частинок $T_{\beta \text{ max}}$ , МеВ
$n$	1/2	0,008665	$\beta^-$	11,7 хв	0,78
${}_1\text{H}$	1/2	0,007825			
${}_1\text{H}^2$	1	0,014102			
${}_1\text{H}^3$	1/2	0,016049	$\beta^-$	12,3 роки	0,018
${}_2\text{He}^3$	1/2	0,016030			
${}_2\text{He}^4$	0	0,002604			
${}_3\text{Li}^6$	1	0,015126			
${}_3\text{Li}^7$	3/2	0,016005			
${}_4\text{Be}^7$	3/2	0,016931	K	53 доби	
${}_4\text{Be}^8$	0	0,005308	$2\alpha$	$10^{-16}$ сек	0,039
${}_4\text{Be}^9$	3/2	0,012186			
${}_4\text{Be}^{10}$	0	0,013535	$\beta^-$	$2,5 \cdot 10^6$ років	0,555
${}_5\text{B}^{10}$	3	0,012939			
${}_5\text{B}^{11}$	3/2	0,009305			
${}_6\text{C}^{11}$	3/2	0,011431	$\beta^+$	20,4 хв	0,97
${}_6\text{C}^{12}$	0	0			
${}_6\text{C}^{13}$	1/2	0,003354			
${}_6\text{C}^{14}$	0	0,003242	$\beta^-$	5570 років	0,155
${}_7\text{N}^{13}$	—	0,005739	$\beta^+$	10 хв	1,2
${}_7\text{N}^{14}$	1	0,003074			
${}_7\text{N}^{15}$	1/2	0,000108			
${}_8\text{O}^{15}$	—	0,003072	$\beta^+$	2,1 хв	1,68
${}_8\text{O}^{16}$	0	-0,005085			
${}_8\text{O}^{17}$	5/2	-0,000867			
${}_8\text{O}^{18}$	0	-0,000840			
${}_9\text{F}^{18}$	—	0,000950	$\beta^+$	1,87 години	0,649
${}_9\text{F}^{19}$	1/2	-0,001595			
${}_9\text{F}^{20}$		-0,000015	$\beta^-$	12 с	5,42
${}_{10}\text{Ne}^{20}$	0	-0,007560			
${}_{10}\text{Ne}^{21}$	—	-0,006151			
${}_{10}\text{Ne}^{22}$	0	-0,008616			
${}_{11}\text{Na}^{22}$	3	-0,005565	$\beta^+$	2,6 роки	0,540
${}_{11}\text{Na}^{23}$	3/2	-0,010227			

Ізотоп	Спін ядра	Надлишок маси атома M–A, а.о.м.	Тип розпаду	Період напіврозпаду	Енергія $\alpha$ -, $\beta$ -частинок $T_{\beta \max}$ , MeV
$^{24}_{11}\text{Na}$	4	-0,009033	$\beta^-$	15 годин	1,39
$^{23}_{12}\text{Mg}$	—	-0,005865	$\beta^+$	11 с	2,95
$^{24}_{12}\text{Mg}$	0	-0,014956			
$^{25}_{12}\text{Mg}$	5/2	-0,014160			
$^{26}_{12}\text{Mg}$	0	-0,017409			
$^{27}_{12}\text{Mg}$	1/2	-0,015655	$\beta^-$	9,5 хв	1,75 і 1,59
$^{26}_{13}\text{Al}$	—	-0,013100	$\beta^+$	6,7 с	3,20
$^{27}_{13}\text{Al}$	5/2	-0,018465			
$^{28}_{13}\text{Al}$	3	-0,018092	$\beta^-$	2,3 хв	2,86
$^{28}_{14}\text{Si}$	0	-0,023073			
$^{29}_{14}\text{Si}$	1/2	-0,023509			
$^{30}_{14}\text{Si}$	0	-0,026239			
$^{31}_{14}\text{Si}$	—	-0,021680	$\beta^-$	2,65 години	1,47
$^{30}_{15}\text{P}$	—	-0,024651	$\beta^+$	2,5 хв	3,24
$^{31}_{15}\text{P}$	1/2	-0,026237			
$^{32}_{15}\text{P}$	—	-0,026092	$\beta^-$	14,3 доби	1,71
$^{32}_{16}\text{S}$	0	-0,027926			
$^{33}_{16}\text{S}$	1/2	-0,028540			
$^{34}_{16}\text{S}$	0	-0,032136			
$^{35}_{16}\text{S}$	3/2	-0,030966	$\beta^-$	87 доби	0,167
$^{35}_{17}\text{Cl}$	3/2	-0,031146			
$^{36}_{17}\text{Cl}$	2	-0,031688	$\beta^-, K$	3,1 $10^5$ років	0,714
$^{37}_{17}\text{Cl}$	3/2	-0,034104			
$^{36}_{18}\text{Ar}$	0	-0,032452			
$^{37}_{18}\text{Ar}$	3/2	-0,033228	$K$	32 доби	
$^{38}_{18}\text{Ar}$		-0,035679	$\beta^-$	265 років	0,565
$^{39}_{18}\text{Ar}$	0	-0,037616			
$^{39}_{19}\text{K}$	3/2	-0,036286			
$^{42}_{19}\text{K}$	2	-0,037583	$\beta^-$	1,52 години	3,55 і 1,99
$^{51}_{24}\text{Cr}$	7/2	-0,055214	$K$	28 доби	
$^{55}_{25}\text{Mn}$	5/2	-0,061946			
$^{58}_{27}\text{Co}$	2	-0,064246	$K, \beta^-$	72 доби	0,47
$^{59}_{27}\text{Co}$	7/2	-0,066811			
$^{60}_{27}\text{Co}$	4	-0,066194	$\beta^-$	5,2 роки	0,31

Ізотоп	Спін ядра	Надлишок маси атома M–A, а.о.м.	Тип розпаду	Період напіврозпаду	Енергія $\alpha$ -, $\beta$ -частинок $T_{\beta \max}$ , MeV
$^{63}_{29}\text{Cu}$	3/2	-0,070406			
$^{65}_{29}\text{Cu}$	3/2	-0,072214			
$^{65}_{30}\text{Zn}$	5/2	-0,070766	$K, \beta^+$	245 доби	0,325
$^{82}_{35}\text{Br}$	6	-0,083198	$\beta^-$	36 годин	0,456
$^{88}_{38}\text{Sr}$	0	-0,09436			
$^{89}_{38}\text{Sr}$	5/2	-0,09257	$\beta^-$	51 доба	1,46
$^{90}_{38}\text{Sr}$	0	-0,09223	$\beta^-$	28 років	0,535
$^{90}_{39}\text{Y}$	2	-0,09282	$\beta^-$	64 години	2,24
$^{94}_{40}\text{Zr}$	—	-0,09640			
$^{107}_{47}\text{Ag}$	1/2	-0,09303			
$^{127}_{53}\text{I}$	5/2	-0,09565			
$^{128}_{53}\text{I}$	1	-0,09418	$K, \beta^+$	25 хв	2,12 і 1,67
$^{140}_{58}\text{Ce}$	—	-0,09460			
$^{197}_{79}\text{Au}$	3/2	-0,03345			
$^{198}_{79}\text{Au}$	2	-0,03176	$\beta^-$	2,7 доби	0,96
$^{204}_{81}\text{Tl}$	—	-0,02611	$\beta^-$	4,1 роки	0,77
$^{206}_{82}\text{Pb}$	0	-0,02554			
$^{207}_{82}\text{Pb}$	1/2	-0,02410			
$^{208}_{82}\text{Pb}$	0	-0,02336			
$^{209}_{83}\text{Bi}$	9/2	-0,01958			
$^{210}_{83}\text{Bi}$	4	-0,01589	$\alpha$	2,6 $10^6$ роки	4,97
$^{210}_{84}\text{Po}$	—	-0,01713	$\alpha$	138 діб	5,3
$^{222}_{86}\text{Rn}$	—	0,01753	$\alpha$	3,8 доби	5,49
$^{226}_{88}\text{Ra}$	0	0,02536	$\alpha$	1620 років	4,78 і 4,59
$^{232}_{90}\text{Th}$	0	0,03821	$\alpha$	1,4 $10^{10}$ років	4,00 і 3,98
$^{233}_{90}\text{Th}$	—	0,04143	$\beta^-$	22 хв	1,23
$^{234}_{92}\text{U}$	0	0,04090	$\alpha$	2,5 $10^5$ років	4,76 і 4,72
$^{235}_{92}\text{U}$	7/2	0,04393	$\alpha$	7,1 $10^8$ років	4,20 – 4,58
$^{236}_{92}\text{U}$	0	0,04573	$\alpha$	2,4 $10^7$ років	4,45 і 4,50
$^{238}_{92}\text{U}$	0	0,05076	$\alpha$	4,5 $10^9$ років	4,13 і 4,18
$^{239}_{92}\text{U}$	—	0,05432	$\beta^-$	23,5 хв	1,21
$^{238}_{94}\text{Pu}$	—	0,04952	$\alpha$	89,6 років	5,50 і 5,45
$^{239}_{94}\text{Pu}$	1/2	0,05216	$\alpha$	2,4 $10^4$ років	5,15–5,10

## 15. ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ КОНСТАНТИ

Швидкість світла у вакуумі	$c = \begin{cases} 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с} \\ 2,998 \cdot 10^{10} \text{ см/с} \end{cases}$
Гравітаційна стала	$\gamma = \begin{cases} 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2) \\ 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{г} \cdot \text{с}^2) \end{cases}$
Стандартне прискорення вільного падіння	$g = \begin{cases} 9,807 \text{ м/с}^2 \\ 980,7 \text{ см/с}^2 \end{cases}$
Число Авогадро	$N_A = \begin{cases} 6,025 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1} \\ 6,025 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \end{cases}$
Універсальна газова стала	$R = \begin{cases} 8,314 \text{ Дж/моль} \\ 8,314 \cdot 10^7 \text{ ерг/моль} \end{cases}$
Стала Больцмана	$k = \begin{cases} 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \\ 1,380 \cdot 10^{-16} \text{ ерг/К} \end{cases}$
Елементарний заряд	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Маса електрона	$m_e = \begin{cases} 0,911 \cdot 10^{-30} \text{ кг} \\ 0,911 \cdot 10^{-27} \text{ г} \\ 0,511 \text{ Мев} \end{cases}$
Питомий заряд електрона	$\frac{e}{m_e} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Маса протона	$m_p = \begin{cases} 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \\ 1,672 \cdot 10^{-24} \text{ г} \end{cases}$
Стала Стефана-Больцмана	$\sigma = \begin{cases} 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^4) \\ 5,67 \cdot 10^{-5} \text{ ерг}/(\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{К}^4) \end{cases}$
Стала закону зміщення Віна	$b = 0,29 \text{ см} \cdot \text{К}$

Стала Планка	$\hbar = \begin{cases} 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \\ 1,054 \cdot 10^{-27} \text{ ерг} \cdot \text{с} \\ 0,6582 \cdot 10^{-15} \text{ еВ} \cdot \text{с} \end{cases}$
Стала Рідберга	$R_{\lambda} = \begin{cases} 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1} \\ 1,097 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1} \end{cases}$ $R_{\omega} = 2,067 \cdot 10^{16} \text{ рад/с}$
Перший Боровський радіус	$r_1 = \begin{cases} 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м} \\ 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ см} \end{cases}$
Енергія зв'язку електрона в атомі водню	$W = 13,56 \text{ еВ}$
Атомна одиниця маси	$1 \text{ а.о.м.} = \begin{cases} 1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \\ 1,660 \cdot 10^{-24} \text{ г} \\ 931,4 \text{ МеВ} \end{cases}$
Електрична стала	$\varepsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11} \text{ Ф/м}$ $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$
Магнітна стала	$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$ $\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \text{ Гн/м}$

## 16. ЛІТЕРАТУРА

1. *Савельев И.В.* Курс общей физики, т. 1, т. 2, т. 3. – М.: Наука, 1978.
2. *Волохов А.Н., Воробьев А.А., Федоров М.Ф., Чертов А.Г.* Задачник по физике. – М.: Высшая школа, 1968.
3. *Фиргант Е.В.* Руководство к решению задач по курсу общей физике. – М.: Высшая школа, 1977.
4. *Савельев И.В.* Сборник вопросов и задач по общей физике. – М.: Наука, 1988.
5. *Иродов И.Е.* Задачи по общей физике. – М.: Наука, 1979.
6. *Бабаджан Е.И., Гервидс В.И., Дубовик В.М., Нерсесов Э. А.* Сборник качественных вопросов и задач по общей физике. – М.: Наука, 1990.
7. *Новодворская Е.М., Дмитриев Э.М.* Методика проведения упражнений по физике в вузе – М.: Высшая школа, 1981.
8. *Беликов Б.С.* Решение задач по физике. Общие методы. – М.: Высшая школа, 1986.
9. *Стрелков С.П., Сивухин Д.В., Хайкин С.Э., Эльцин Н.А., Яковлев И.А.* Сборник задач по общему курсу с физики. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1977.
10. *Сахаров Д.И.* Сборник задач по физике. – М.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1958.
11. *Бонч-Бруевич В.Л., Звягин И. П., Карпенко И. В., Миронов А. Г.* Сборник задач по физике полупроводников. – М.: Наука, 1987.
12. *Иродов И. Е.* Задачи по квантовой физике. – М.: Высшая школа, 1991.
13. *Скіцько І.Ф., Цибалова М.І.* Методичний посібник до практичних занять з фізики II семестр – К: ВІПІ НТУУ „КПІ”, 2002.
14. *Потыкевич И.В., Скицько И.Ф., Сусь Б.А.* Сборник задач по физике, 1 семестр. – К.: КВВИУС им.М.И.Калинина, 1981.
15. *Потыкевич И.В., Скицько И.Ф., Сусь Б.А.* Сборник задач по физике, 2 семестр. – К.: КВВИУС им. М.И. Калинина, 1980.
16. *Малинко В.М., Потыкевич И.В., Скицько И.Ф., Сусь Б.А.* Сборник задач по физике, часть 3. – К.: КВВИУС им. М.И. Калинина, 1982.
17. *Скіцько І.Ф.* Основи зонної теорії твердих тіл. Елементи фізики напівпровідників. Фізичні явища в р-п-переході.– Методичний посібник до практичних занять.– К: КВІУЗ, 2000.

**ДЛЯ НОТАТОК**



## ДЛЯ ПОДАТОК

**ДЛЯ НОТАТОК**