

## Fizika 2 – Formule za drugi kolokvij

### Valovi

Valna jednažba:

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} = c^2 \frac{d^2\psi}{dx^2}$$

Rješenje (putujući val):

$$\psi(x, t) = Ae^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$$

Fazna brzina:

$$v = \omega/k$$

transverzalni val na niti –  $v = \sqrt{T/\mu}$

longitudinalni val na niti –  $v = \sqrt{Y/\rho}$

stupac zraka –  $v = \sqrt{B/\rho}$

Adijabatski zvuk (brzina zvuka) –

$$v = \sqrt{\gamma p/\rho}$$

Snaga vala na izvoru:

$$\langle P \rangle = A^2 \omega^2 Z \cos^2 \omega t$$

Intenzitet vala:

$$I = \frac{P}{A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

Intenzitet zvučnog vala:

$$I = \frac{(p_{ak})_{max}^2}{2\rho v}$$

Snaga zvučnog vala u dB (za intenzitet  $P$  zamijeniti s  $I$ ,  $W$  u  $W/m^2$ ) :

$$P_{dB} = 10 \log \frac{P_W}{P_0}, P_0 = 10^{-12} W$$

Refleksija i transmisija vala pri prijelazu iz sredstva 1 u sredstvo 2:

$$R = \frac{\text{amplituda reflektiranog}}{\text{amplituda upadnog}} = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$$

$$T = \frac{\text{amplituda prolaznog}}{\text{amplituda upadnog}} = \frac{2k_1}{k_1 + k_2}$$

Dopplerov efekt:

$$\nu = \nu_0 \left( \frac{1 + v_{opaz}/v}{1 - v_{izvor}/v} \right)$$

### EM valovi

Doppler za elektromagnetski val:

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}}$$

Elektromagnetski val u vakuumu:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 \sin(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$$

Veza  $\vec{E}$  i  $\vec{B}$  elektromagnetskog vala koji se širi u  $z$ -smjeru:

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = -\frac{\partial B_y}{\partial t}, \quad \frac{\partial E_y}{\partial z} = \frac{\partial B_x}{\partial t}, \quad |\vec{B}| = \frac{|\vec{E}|}{c}$$

Poyntingov vektor i intenzitet EM zračenja:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}, \quad I = \langle |\vec{S}| \rangle = \frac{\vec{E} \cdot \vec{B}}{2\mu_0}$$

Brzina svjetlosti u tvari (indeks loma):

$$c_{tv} = \frac{c_{vac}}{n}, \quad c_{vac} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad n = \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$$

### Optika

Snellov zakon:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Jednažba sfernog zrcala/leće:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Jednažba tanke leće:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Koeficijent povećanja:

$$\gamma = -\frac{b}{a}$$

Razlika optičkih puteva i faza:

$$\Delta = n\Delta x, \quad \Delta\phi = k\Delta$$

Intenzitet difrakcije u ovisnosti o kutu:

$$I = I_0 \left[ \frac{\sin \left( \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda} \right)}{\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}} \right]^2$$

Difrakcija na rešetci, maksimumi:

$$d \sin \theta_m = m\lambda$$

Braggov uvjet:

$$2d \sin \theta_m = m\lambda$$

## Zračenje

Intenzitet zračenja crnog tijela:

$$I = \sigma T^4, \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ kg s}^3 \text{ K}^4$$

Wienov zakon:

$$\lambda_m T = b, \quad b = 2.898 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$$

Planckov zakon zračenja:

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/kT}}$$

## Kvantna fizika

Pretvaranje energije:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Energija fotona:

$$E_\nu = \hbar\omega = h\nu, \quad \hbar = h/(2\pi) = 1.055 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Energija elektrona u vodikovom atomu:

$$E_n = - \left( \frac{Z^2 m e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \right) \frac{1}{n^2}$$

De Broglieva valna duljina:

$$\lambda = h/p$$

Heisenbergova neodređenost:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}, \quad \Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

Gustoća vjerojatnosti nalaženja čestice na  $(\vec{r}, t)$ :

$$P(\vec{r}, t) = |\psi(\vec{r}, t)|^2$$

Operatori:

$$E \rightarrow i\hbar \frac{\partial}{\partial t}, \quad p_x \rightarrow -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$$

Schrödingerova jednadžba:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Psi + V(x, t) \Psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$$

Vremenski neovisna:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \psi + V(x) \psi = E \psi, \quad \Psi = \psi e^{-iEt/\hbar}$$

Zapis preko hamiltonijana:

$$\mathcal{H} | \psi \rangle = \mathcal{E} | \psi \rangle$$

Kutna količina gibanja  $(S, J, L)$ :

$$S^2 | \psi \rangle = s(s+1) | \psi \rangle$$

$$S_z | \psi \rangle = m | \psi \rangle$$

Energija harmoničkog oscilatora:

$$E = \hbar\omega(n + \frac{1}{2})$$

Radioaktivni raspad:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N, \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$