

## Fizika 2 – Formule za drugi kolokvij

### Elektromagnetski valovi

Maxwellove jednadžbe u vakuumu:

$$\oint_S \vec{\mathcal{E}} d\vec{a} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \oint_S \vec{B} d\vec{a} = 0$$
$$\oint_C \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \left( I + \epsilon_0 \frac{d\Phi_{\mathcal{E}}}{dt} \right) \quad \oint_C \vec{\mathcal{E}} d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

U diferencijalnom obliku:

$$\operatorname{div} \vec{\mathcal{E}} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0$$
$$\operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \left( \vec{j} + \epsilon_0 \frac{d\vec{\mathcal{E}}}{dt} \right) \quad \operatorname{rot} \vec{\mathcal{E}} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$$

Valna jednadžba za EM val:

$$\frac{\partial^2 \vec{\mathcal{E}}}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 \vec{\mathcal{E}} ; \quad \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 \vec{B} ; \quad c = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

Disperzijska relacija:

$$\omega = k \cdot c$$

Veza električnog i magnetskog polja:

$$|\vec{B}| = \frac{|\vec{\mathcal{E}}|}{c}$$

Poyntingov vektor:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{\mathcal{E}} \times \vec{B}$$

Intenzitet zračenja:

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

Impuls i energija fotona:

$$E = h \cdot \nu, \quad p = \frac{h \cdot \nu}{c}$$

Tlak zračenja:

$$\text{za potpunu apsorpciju: } P = \frac{I}{c} ; \quad \text{za potpunu refleksiju: } P = \frac{2I}{c}$$

Elektromagnetski valovi u tvari

$$n = \sqrt{\mu_r \epsilon_r}, \quad v = \frac{c}{n}$$

Snellov zakon loma svjetlosti:

$$\frac{\sin \vartheta_2}{\sin \vartheta_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Kritični kut za lom svjetlosti:

$$\sin \vartheta_{\text{krit}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Ravno zrcalo:

$$\vartheta_u = \vartheta_r$$

Sferno konkavno ( $R > 0$ ) i konveksno ( $R < 0$ ) zrcalo:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad f = \frac{R}{2}$$

pri čemu je  $a > 0$  ako je predmet sa strane s koje upadaju zrake,  $b > 0$  ako je predmet sa strane na koju se reflektiraju zrake. Za  $b > 0$  slika je realna a za  $b < 0$  slika je virtualna. Koeficijent povećanja:

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

gdje - označuje da je slika obrnuta.

Jednadžba leće

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

gdje je  $f$  žarište ( $f > 0$  za konvergentne leće). Položaj predmeta označen je sa  $a$  i  $a > 0$  ako je predmet sa strane upadne svjetlosti. Položaj slike označen je sa  $b$  i  $b > 0$  ako je sa strane izlazne svjetlosti.

Žarišna daljina leće:

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

Povećanje leće:

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

Žarišna daljina sustava dvije leće:

$$\frac{1}{f_{\text{komb}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{n} \frac{1}{f_1} \frac{1}{f_2}$$

gdje je  $d$  udaljenost među lećama a  $n$  indeks loma sredstva među lećama.

Razlika optičkih puteva:

$$n \cdot \Delta x = \Delta$$

gdje je  $\Delta x$  razlika fizičkih puteva a  $n$  indeks loma sredstva.

Razlika u fazi pri refleksiji zrake svjetlosti na granici sredstava  $n_1$  i  $n_2 > n_1$ :

$$\delta = \pi$$

Pri refleksiji na granici optički gušćeg  $n_1 > n_2$  i optički rjeđeg sredstva ne dolazi do razlike u fazi:

$$\delta = 0$$

Difrakcija na pukotini:

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

Položaj maksimuma:

$$\text{Dvije uske pukotine:} \quad d \sin \vartheta = m \cdot \lambda$$

$$\text{Rešetka:} \quad d \sin \vartheta = m \cdot \lambda$$

Braggov uvjet:

$$2d \sin \vartheta = m \cdot \lambda$$

Polarizacija:

$$I = I_{\max} \cos^2 \vartheta$$

Stefan-Boltzmannov zakon

$$I = \sigma T^4, \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$

Wienov zakon

$$\lambda_m \cdot T = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}$$

Planckov zakon zračenja crnog tijela

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

## Termodinamika

Ekviparticijski teorem:

prosječna energija jedne čestice:  $\bar{E}_1 = \frac{s}{2} k_B T$  ,  $s$ -broj stupnjeva slobode

energija sustava:  $E = \frac{s}{2} N k_B T = \frac{s}{2} n R T$  ,  $s$ -broj stupnjeva slobode

Plinska konstanta:

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K m}}$$

Toplinski kapacitet:

$$C_V = \left( \frac{\delta Q}{dT} \right)_V, \quad C_p = \left( \frac{\delta Q}{dT} \right)_p$$

Specifični i molarni toplinski kapacitet:

$$c_i = \frac{C_i}{m}, \quad c_{i,mol} = \frac{C_i}{n}, \quad i = V, p$$

Idealni plin:

$$pV = N k_B T = n R T, \quad C_p = C_V + n R$$

monoatomni plin:  $C_V = \frac{3}{2} n R$  , dvoatomni plin:  $C_V = \frac{5}{2} n R$  , višeatomni plin:  $C_V = 3 n R$

Toplinsko rastezanje (linearno i volumno):

$$L = L_0 [a + \alpha (T - T_0)], \quad V = V_0 [1 + 3\alpha (T - T_0)]$$

Prvi zakon termodinamike:

$$dE = \delta Q + \delta W,$$

gdje za reverzibilne procese vrijedi:

$$\delta Q = T dS, \quad \delta W = -p dV$$

Entalpija:

$$H = E + pV, \quad dH = T dS + V dp$$

Helmholtzova slobodna energija:

$$F = E - TS, \quad dF = -pdV - SdT$$

Gibbsova slobodna energija :

$$G = E + pV - TS, \quad G = Vdp - SdT$$

Izotermna ekspanzija:

$$pV = \text{konst.}$$

Adijabatska ekspanzija:

$$pV^\gamma, \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

Izohorni proces:

$$\delta W = 0$$

Izobarni proces:

$$\Delta Q = C_P \Delta T$$

Entropija idealnog plina:

$$dS = C_p \frac{dT}{T} - nR \frac{dp}{p} = dS = C_V \frac{dT}{T} + nR \frac{dV}{V}$$

Daltonov zakon za smjese idealnih plinova:

$$p = \sum_i p_i, \quad p_i = \frac{n_i RT}{V} \text{ -je parcijalni tlak } i\text{-te vrste}$$

Latentna toplina:

$$Q = mL = nL_n, \quad L, L_n \text{ su specifična i molarna latentna toplina}$$

Fourieov zakon toplinske kondukcije:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -\kappa \oint_S \vec{\nabla} T \cdot d\vec{S},$$

što za homogeni materijal linearnih dimenzija postaje:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = -\kappa S \frac{\Delta T}{\Delta x},$$

ili za sfernu simetriju:

$$\dot{Q} = -\kappa \frac{\partial T}{\partial r} 4\pi r^2,$$

odnosno cilindričnu (doprinos toka kroz baze je zanemaren):

$$\dot{Q} = -\kappa \frac{\partial T}{\partial r} 2\pi r l$$