

Tentaattori: Juho Ratava, TKT

*Tentin valvojille: Sallittu materiaali: Yksi tai useampi laskin sekä yksi tai useampi käsikirja seuraavista: Beta, MAOL, (Tammertekniikan) Technical formulas, (Tammertekniikan) Tekniikan kaavasto.*

Tenttijälle: Vastaa kaikkiin seitsemään kysymykseen. Mikäli mahdollista, niin sijoita kysymykset tenttipaperiin siten, että jokainen vastaus aloittaa uuden sivun. Merkitse laskuissa näkyviin käytetyt kaavat, välitulokset ja tulkitse vastaus.

1. Kuumennettu kappale säteilee likimain ideaalisen säteilijän tavoin. Sen spektrin intensiteetin maksimi on aallonpituudella 520 nm. Laske kappaleen lämpötila  $T$  käyttäen Wienin siirtymälakia. Perustele lyhyesti, onko tulos järkevä tavanomaisiin lämpötiloihin verrattuna.
2. Oletetaan, että elektronin paikan epävarmuus on 0,060 nm. Laske liikemäärän epätarkkuuden minimiarvo. Käyttäen liikemäärän epätarkkuuden minimiä, laske nopeuden epätarkkuuden minimi.
3. Maan kiertoradalle laukaistaan 1 kg massainen mikrosatelliitti. Kuinka kaukana Maan pinnasta (ei Maan keskipisteestä) on geostationäärinen kiertorata? Maan massa on  $5,972 \cdot 10^{24}$  kg, Maan säde on 6371 km ja gravitaatiovakio  $6,674 \cdot 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>. Oleta päivän pituudeksi tasan 24 tuntia. Muistanet, että  $F = ma$ , ympyräliikkeelle  $a = v^2/r$  ja ympyrän piiri  $P = 2\pi r$ .
4. Huoneen lämpötila on 295 K. Diodilla mitataan seuraavat arvot:  $V_1 = 0,18$  V  $\rightarrow$   $I_1 = 0,40$  mA ja  $V_2 = 0,24$  V  $\rightarrow$   $I_2 = 3,20$  mA. Oleta, että virta noudattaa ideaalidiodimallia. Laske saturaatiovirta kummastakin mittapistestä erikseen. Näiden perusteella arvioi diodin saturaatiovirtaa.
5. Polymeerimatriisiin, jonka kimmokerroin on 2,6 GPa lisätään 15 % pitkäkuituista lasikuitua. Arvioi komposiitin suurinta kimmokerrointa kuitujen suuntaan sekä poikittain kuituihin nähden.
6. Kerro nanomateriaaleista. Mikä on nanomateriaalin koon määritelmä? Mikä perusvuorovaikutuksista menettää merkitystään tässä mittakaavassa ja miksi?
7. Mitkä ulkoiset tekijät edistävät materiaalin ikääntymistä? Nimeä ja selitä lyhyesti 1 – 2 lauseella neljä ulkoista tekijää.

Tentin valvojille: Tenttijät saavat nähdä kaavakokoelman ennen tentin alkua. Kaavakokoelma on jo etukäteen ollut tenttijöiden nähtävillä.

$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8,854187817 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

$$h = 6,6260755 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$= 4,135667696 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$I \approx I_S \left( e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right)$$

$$k = \frac{R}{N_A} = 1,380649 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$m_e = 9,1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,51 \frac{\text{MeV}}{c}$$

$$m_p = 1,67262164 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1836,2 m_e$$

$$N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23}$$

$$R_H = 1,0967758306 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}}$$

$$R = 8,31446261815324 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$$

$$\sigma = 5,670374419 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$

$$a_0 = \epsilon_0 \frac{h^2}{\pi m e^2}$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = mc^2$$

$$E_{||} = fE_f + (1-f)E_m$$

$$E_{\perp} = \left( \frac{f}{E_f} + \frac{1-f}{E_m} \right)^{-1}$$

$$E_n = -\frac{hcR}{n^2}, n = 1,2,3, \dots$$

$$eV_0 = hf - \phi$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r_n^2}$$

$$I = \sigma T^4$$

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left( e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\lambda_{\infty} T = 2,90 \times 10^{-3} \text{ mK}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

$$m_r = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$m v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$R = \frac{M}{M + m_e} \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}$$

$$r_n = \epsilon_0 \frac{n^2 h^2}{\pi m e^2} = n^2 a_0$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$v_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z e^2}{\hbar} \frac{1}{n}$$

Taulukko elektromagneettisen säteilyn aallonpituuksista ("tarkat" rajat vaihtelevat lähteen mukaan)

Röntgen: 10 pm – 10 nm

Ultravioletti: 10 – 380 nm

Violetti: 380 – 430 nm

Sininen: 430 – 500 nm

Vihreä: 500 – 565 nm

Keltainen: 565 – 590 nm

Oranssi: 590 – 625 nm

Punainen: 625 – 740 nm

Infrapuna: 740 nm – 1 mm

Mikroaallot: 1 mm – 1 m

Radio: > 1 m