

PHYS-A1140 Aineen rakenne (SCI) Tentti (5 op) 23.5.2018

Merkitse jokaiseen suorituspaperiisi nimesi, opiskelijanumerosi, koulutusohjelmasi, kurssikoodi ja kokeen päivämäärä.

Ylioppilaskirjoituksissa hyväksytty laskin on sallittu.

Taulukkokirjojen käyttö on kielletty. Kaavakokoelma on paperin kääntöpuolella.

**Muista aina perustella käyttämäsi kaavat sekä esittämäsi vastaukset.**

Jokaisesta tehtävästä voi saada 3 pistettä, yhteensä max 15 p.

1. Yhdistä alla luetellut asiat ja vastaavat energian suuruusluokat toisiinsa. Anna vastaukseksi kuusi kirjain-numero-paria. Perustelujä ei tarvita.

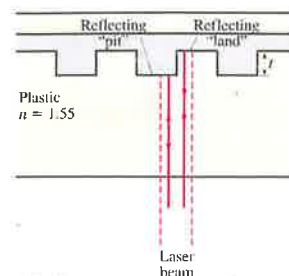
A: näkyvä valo, B: protonin lepomassa, C:  $\gamma$ -säteily, D: molekyylin pyöriminen, E: vetysidos, F: röntgen-säteily.

1:  $10^{-4}$  eV, 2:  $10^{-1}$  eV, 3:  $10^0$  eV, 4:  $10^4$  eV, 5:  $10^7$  eV, 6:  $10^{10}$  eV.

2. CD-levyyn tallennetaan tieto binäärisenä pieninä kohoumina ("pit") ja kuoppina ("land"). Tieto voidaan lukea kohtisuoraan levyn alapinnalta laservalolla, jonka aallonpituus  $\lambda_0 = 780$  nm ja joka kulkee muovikerroksessa, jonka taitekerroin  $n = 1,55$ .

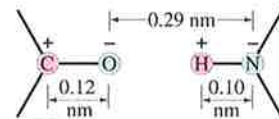
a) Miten lukeminen tapahtuu, eli miten heijastuneesta aallosta saadaan tieto kohouman ja kuopan välisestä reunasta? (2 p)

b) Kuinka suuren pitää kohouman ja kuopan välisen korkeuseron  $t$  olla, jotta lukeminen onnistuu? (1 p)



3. Ohut sauva liikkuu vakionopeudella  $0,80c$  paikallaan olevan havaitsijan suhteen. Omasa lepokoordinaatistossaan sauva muodostaa  $45^\circ$  kulman nopeusvektorin kanssa. Kuinka suuri on kulma paikallaan olevan havaitsijan mielestä?

4. DNA-molekyylissä heikko vetysidos, joka muodostuu kahden sähköisen dipolin välille, on esimerkiksi sytosiinin ja guaniinin välillä. Kuvassa on esitetty sytosiinin dipolisen molekyylin  $C^+ = O^-$  (sähköinen dipolimomentti  $p_1 = 8,0 \cdot 10^{-30}$  C·m) ja guaniinin dipolisen molekyylin  $H^+ - N^-$  ( $p_2 = 3,0 \cdot 10^{-30}$  C·m) sijainnit toistensa suhteen. Kuinka suuri on ko. vetysidoksen sidosenergia? (Sähköinen dipolimomentti  $\vec{p} = q\vec{\ell}$  on määritelty etäisyydellä  $\ell$  olevan kahden samansuuruisen mutta erimerkkisen varauksen  $-q$  ja  $+q$  välille.)



5. Auton moottorin männänrenkaan kulutuskestävyyttä voidaan tutkia testiajossa, jota varren renkaan valmistusmateriaaliin on lisätty pieni määrä radioaktiivista raudan isotooppia  $^{59}\text{Fe}$ , jonka puoliintumisaika on 45 vuorokautta. Testiajon alussa männänrenkaan massa oli 100,0 g ja sen aktiivisuus  $9,40 \mu\text{Ci}$ . Moottoria ajetaan testissä 1000,0 tuntia, minkä jälkeen moottoriöljy valutetaan pois ja mitataan sen aktiivisuus. Öljyn aktiivisuudeksi mitattiin 84 hajoamista sekunnissa. Laske, paljonko männänrenkas menetti massastaan tunnissa testiajon aikana. ( $1 \text{ Ci} = 3,70 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ )

**Vakiot**

Alkeisvaraus	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Planckin vakio	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Protonin lepomassa	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$
Valonnopeus tyhjiössä	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

KÄÄNNÄ

PHYS-A1140 Aineen rakenne (SCI) Kaavakokoelma

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = 2\pi f \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{n} \quad n = \frac{c}{v} \quad n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$$

$$\Delta r = m\lambda \quad \Delta r = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad d \sin \theta = m\lambda \quad I = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2} \quad \frac{\delta}{2\pi} = \frac{\Delta r}{\lambda}$$

$$a \sin \theta = m\lambda \quad I = I_0 \left[ \frac{\sin(\beta/2)}{\beta/2} \right]^2 \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta \quad \sin \theta_1 = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$t' = \gamma \left( t - \frac{v}{c^2} x \right) \quad x' = \gamma (x - vt) \quad y' = y \quad z' = z$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad \ell = \frac{\ell_0}{\gamma} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad u'_x = \frac{u_x - v}{1 - vu_x/c^2}$$

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} \quad K = (\gamma - 1)mc^2 \quad E = \gamma mc^2 = K + mc^2 \quad E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$$

$$K_{\max} = eV_0 \quad E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad eV_0 = hf - W_0 \quad \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \phi)$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2} = \frac{h}{4\pi} \quad \Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad U(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$P(x, t) dx = |\Psi(x, t)|^2 dx \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(x, t)|^2 dx = 1 \quad \Psi(x, t) = \psi(x) e^{-iEt/\hbar}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + U(x)\psi(x) = E\psi(x) \quad p = \hbar k \quad E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \quad E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2mL^2} = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL^2}$$

$$T = Ge^{-2\kappa L} \quad \kappa = \frac{\sqrt{2m(U_0 - E)}}{\hbar} \quad G = 16 \frac{E}{U_0} \left( 1 - \frac{E}{U_0} \right) \quad E_n = \left( n + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega$$

$$E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad L = I \omega \quad I = \sum m_i r_i^2 \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$E_n = -\frac{13,60 \text{ eV}}{n^2} \quad (n \geq 1) \quad L = \sqrt{\ell(\ell + 1)} \hbar \quad (0 \leq \ell \leq n-1) \quad L_z = m_\ell \hbar \quad (|m_\ell| \leq \ell)$$

$$U = -\mu_z B = m_\ell \mu_B B \quad \mu_B = \frac{e\hbar}{2m} \quad S_z = m_s \hbar \quad \left( m_s = \pm \frac{1}{2} \right) \quad E_n = -(Z-1)^2 \frac{13,60 \text{ eV}}{n^2}$$

$$f_{\text{MB}}(E) = e^{-E/(k_B T)} \quad f_{\text{BE}}(E) = \frac{1}{e^{E/(k_B T)} - 1} \quad eV_0 = hf_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

$$f_{\text{FD}}(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/(k_B T)} + 1} \quad g(E) = \frac{8\sqrt{2}\pi m^{3/2}}{h^3} E^{1/2} \quad \frac{N}{V} = \int_0^{E_F} g(E) dE$$

$$r = 1,2 \text{ fm} \cdot A^{1/3} \quad E_B = (ZM_H + Nm_n - \frac{A}{Z}M)c^2 \quad Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$$

$$R = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t) \quad R(t) = R_0 e^{-\lambda t} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad T_{\text{kesk}} = \frac{1}{\lambda}$$

$$N = nN_A \quad \rho = \frac{m}{V} \quad n = \frac{m}{M}$$