

Tfy-56.102 Moderni Fysiikka II, tentti 19.5.1993

1. Identtisten atomien, joiden massa on  $M$  ja jotka vuorovaikuttavat vain lähimpien naapuriensa kanssa, välinen potentiaalienergia olkoon muotoa

$$U(x) = U_0 \left( \frac{d^6}{4x^8} - \frac{1}{x^2} \right).$$

Johda tällaisten atomien muodostaman lineaarisen kiteen hilavärähtelyjen dispersiorelaatio  $\omega = \omega(k)$  linearisoimalla liikeyhtälö tasapainoaseman ympäristössä.

2. Selosta pääpiirteissään miten alkuaineet ovat maailmankaikkeudessa syntyneet.
3. Luonnonkupari sisältää 69 %  $^{63}\text{Cu}$ -isotooppia. Kuinka aktiivinen  $^{64}\text{Cu}$ -lähde saadaan säteilyttämällä luonnonkuparia reaktorissa, jonka neutronivuo on  $10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ?  $^{63}\text{Cu}$ :n neutroniabsorptiovaikutusala on 4.5 b ja  $^{64}\text{Cu}$ :n puoliintumisaika 12.9 h. Laske lisäksi näytteen aktiivisuus yhden tunnin kuluttua säteilyn aloittamisesta.
4. Laske ilmanpaine korkeuden funktiona ottaen huomioon, että maan gravitaatiokenttä riippuu korkeudesta (ja olettaen, että ilmakehä on termisessä tasapainossa). Mikä olisi ilmanpaine maailmankaikkeuden reunalla tämän mallin mukaan, jos maan pinnalla  $p = 10^5 \text{ Pa}$  ja  $T = 300 \text{ K}$ ?
5. Laske neutronitähden Fermi-impulssi. Olettamalla neutronit relativistisiksi ( $E = cp$ ) saat tästä Fermi-energian. Arvioi edelleen kriittinen massa, jolla neutronitähti pysyy koossa (= jolla neutronit eivät pääse karkuun tähdeltä). Neutronitähti koostuu  $N$ :stä neutronista ja sen säde on  $R$ .

Vakioita:  $\gamma = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$ ,  $1 \text{ amu} = 1.6604 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $m_n = 1.6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ,  
 $m_N = 14.007 \text{ amu}$ ,  $M_{\text{maa}} = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ,  $M_{\text{aurinko}} = 1.98 \times 10^{30} \text{ kg}$ ,  $R_{\text{maa}} = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$ ,  
 $R_{\text{maailmankaikkeus}} \approx 15 \times 10^9 \text{ valovuotta}$ ,  $h = 6.6256 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ,  $k = 1.3805 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ,  
 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$