

Lyhyt ohjeistus ryhmätehtäviin

Nämä ovat pienryhmissä ratkottavia tehtäviä. Teillä on kaksi tuntia aikaa keskustellen pohtia tehtäviä. Ratkaisuja ei palauteta eikä arvostella vaan suorituspisteet saa läsnäolosta ja osallistumisesta ryhmätyöskentelyyn. Ryhmätyöskentelyn dynamiikan sujuvoittamiseksi suosittelemme lämpimästi kameran käyttöä. Olkaa aktiivisia! Voitte myös kerätä keskustelujen aikana esiintulleita ja avoimiksi jääneitä kysymyksiä kurssin Zulip-kanavalle.

Tuttuja ilmiöitä ja kokeita?

Keskustelkaa keskenänne ja kartoittakaa kuinka hyvin tai heikosti tunnette seuraavat ilmiöt tai kokeet:

- Mustan kappaleen säteily
- Valosähköinen ilmiö
- Brownin liike
- Rutherfordin sirontakoe
- Rayleigh'n sironta
- Michelson-Morley koe
- Youngin kaksoisrakokoe

Onko jokin mikä on kaikille tuttu? Jotakin mistä olette kuulleet mutta ette sen enempää tiedä? Entä onko jokin mikä oli kaikille outo? Selittäkää toisillenne ilmiöt jotka osa tuntee hyvin mutta toiset eivät. Emme ehdi käsittelemään kaikkia näitä ilmiöitä kurssilla, mutta niistä mikä tahansa sopisi kurssin aihepiiriin.

Aaltoyhtälö

Johtakaa aaltoyhtälö mekaanisille aalloille. Katsokaa tämä Opi fysiikkaa-video

<https://www.youtube.com/watch?v=EKNiCiubUJ0>

ja tehkää ajatuksen kanssa sama lasku johtaen aaltoyhtälö mekaanisille aalloille:

$$\frac{\partial^2 D(x, t)}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 D(x, t)}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Riippuuko aallon etenemisnopeus c aallonpituudesta λ ? (Aallonpituuden ja aaltoluvun k välillä on yhteys $k = \frac{2\pi}{\lambda}$).

Elastisuusteoriaa

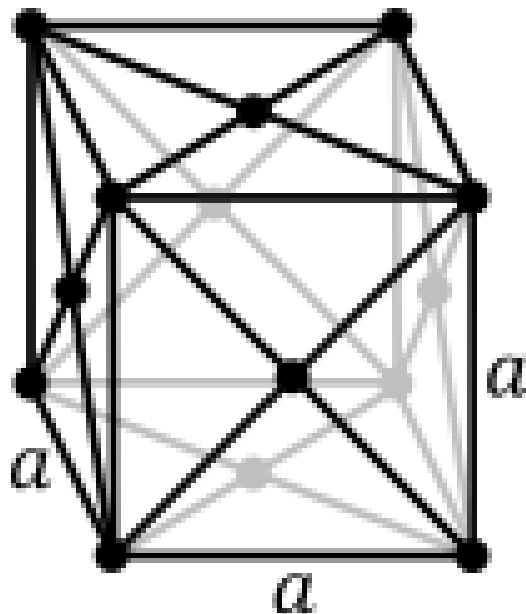
Yksinkertaisin malli kiinteän aineen atomien väliselle vuorovaikutuspotentiaalienergialle on ns. Morse potentiaali

$$V(r) = D \left[e^{-2\alpha(r-r_0)} - 2e^{-\alpha(r-r_0)} \right], \quad (2)$$

missä D , α ja r_0 ovat kokeellisesti määritettävät parametrit. Määritetään nämä parametrit alumiinille käyttäen tunnettuja arvoja alumiinin tiheydelle ($\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$), Youngin kimmomodulille ($Y = 70 \text{ GPa}$) sekä sublimoitumislämmölle 295 kJ/mol (eli lämpö joka vaaditaan yhden moolin ainemäärän sulattamiseen ja höyrystämiseen).

Morse potentiaalienergia kertoo kahden vierekkäisen alumiiniatomin välisen vuorovaikutusenergian suuruuden. Alumiiniatomit ovat kiinteässä olomuodossa järjestäytyneet niin kutsutuun FCC hilaan (face-centered cubic), katso kuva 1. Tuossa hilassa yhdellä atomilla on kaksitoista lähinaapurua, eli kukin atomi vuorovaikuttaa kahdentoista muun alumiiniatomin kanssa, jotka ovat likimain samalla etäisyydellä.

- Osoittakaa, että Morse potentiaalienergian parametri r_0 on tasapainoetäisyys, eli potentiaalienergian minimi on etäisyydellä $r = r_0$.
- Voimme aineen tiheyden avulla määrittää tasapainoetäisyyden r_0 suuruuden. Oletetaan että yhdessä $r_0 \times r_0 \times r_0$ -kokoisessa kuutiossa on yksi alumiiniatomi. Määritä parametrin r_0 numeerinen arvo.



Kuva 1: FCC eli face-centered-cubic hilarakenne. By Daniel Mayer and DrBob, CC BY-SA 3.0.

- Perustele miksi yhden alumiiniatomin sublimoitumisenergia (eli energia joka vaaditaan atomin irrottamiseen kappaleesta) on $12 D$. Nyt saat määritettyä myös parametrin D suuruuden.

Jos alumiinikappaletta venytetään, kasvaa atomien väliset etäisyydet. Venytyksessä tehty työ kuluu atomien potentiaalienergian muutokseen. Youngin kimmomodulilla ja atomienvälisen potentiaalienergian muodolla on siis yhteys, ja siten voimme määrittää viimeisen puuttuvan parametrin α .

Käy läpi yksityiskohtaisesti seuraava lasku: Youngin kimmomoduli Y on määritelty $\sigma = Y\epsilon$ missä suhteellinen venymä on $\epsilon = \delta L/L$ ja jännitys on $\sigma = F/A$. Voimme siis ratkaista tästä venyttävän voiman $F = \frac{YA}{L}\delta L$. Tämä on samaa muotoa kuin Hooken laki, joten tiedämme että venytyksessä tehty työ on

$$W = \frac{1}{2} \frac{YA}{L} (\delta L)^2 = \frac{1}{2} (YAL) \left(\frac{\delta L}{L} \right)^2. \quad (3)$$

Koska emme tarkemmin tunne FCC-hilan rakennetta, niin oletetaan karkeasti että vain yksi kunkin alumiiniatomin kahdestatoista sidoksesta venyy kappaletta venytettäessä. Jos kappaleen suhteellinen venymä on $\epsilon = \delta L/L$, niin perustelkaa miksi kunkin venytetyn sidoksen pituus muuttuu määrän ϵr_0 .

Oletetaan että venymä on hyvin pieni eli $\epsilon \ll 1$. Määritä yksittäisen alumiiniatomin potentiaalienergian muutos. Nyt voit määrittää yhteyden Morse potentiaalın parametrin α ja Youngin kimmomodulin Y välille.