

Taskulaskimet ja MAOL:in taulukot ovat tentissä sallittuja. Kaavakokoelmat eivät ole sallittuja. Yhteensä 5 tehtävää.

Tehtävä 1. (9 p)

Selitä seuraavat termit ja käsitteet

- Eriste ja sen elektronivyörakenne 1p
- Kvanttipiste 1p
- Nanoskaala: millä fysikaalisella perusteella jokin partikkeli/systeemi tulkitaan kuuluvan nanotasolle? 1p
- Aalto-partikkeli –dualiteetti (wave-particle duality) 1p
- Valosähköinen ilmiö 1p
- Keskustele nanosysteemeissä tyypilliset sidokset ja niiden väliset erot (kovalenttinen sidos, vetysidos, ionisidos, metallisidos, peptidisidos, van der Waals –sidokset jne.) 4 p

Tehtävä 2. (6 p)

Partikkeli (säde on R , tiheys on ρ) on nesteessä, jonka viskositeetti on η , tiheys ρ_n , ja lämpötila T . Partikkeli lähtee liikkeelle levosta. Kuinka suuri täytyy partikkelin koon olla, että partikkeli kelluisi paikallaan, pystyen siten vastustamaan termisen energian ($k_B T$) avulla gravitaatiota?

Tehtävä 3. (6 p)

Skaalausrelaatiot. Jokaista tarkasteltavaa fysikaalista suuretta kuvaa karakteristinen ulottuvuus D (dimensiot metrejä). Tämän perusteella kuvaa, kuinka seuraavat suureet skaalautuvat ulottuvuuden suhteen (sitien esim. pituus L skaalautuu muodossa $L \sim D^1$).

- Lämpökapasiteetti
- Hooken lain mukainen (harmoninen) voima
- Pintaa pitkin liikkuvaan makroskooppiseen (ei siis nanokokoiseen) kappaleeseen kohdistuva kitkavoima
- Massa
- Pallomaiseen varattuun kappaleeseen kohdistuvan sähkökentän aiheuttama voima
- Reynoldsin luku

Tehtävä 4. (3 p)

Pallomaisen partikkelin säde on R_{iso} . Se muodostuu pienemmistä pallomaisista partikkeleista, joiden säde on R_{pieni} . Oletamme, että näitä pieniä partikkeleita (säde R_{pieni}) on sen verran paljon, että niistä saa muodostettua suunnilleen pallomaisia partikkelia muistuttavan isomman partikkelin (säde R_{iso}). Oletamme, että iso pallo pysyy kasassa van der Waals –vuorovaikutuksilla, mitkä sitovat pieniä palloja toisiinsa niin voimakkaasti, että ne sitoutuvat yhteen eivätkä irtoa ympärillä olevaan ilmafaasiin.

- Laske ensin ison pallomaisen partikkelin dispersio eli sen pinnan suhde tilavuuteen.
- Pienet pallot (säde R_{pieni}) vuorovaikuttavat keskenään van der Waals –vuorovaikutuksilla, joiden maksimikantama on $3 \times R_{pieni}$. Tätä suuremmilla etäisyyksillä pienet pallot eivät enää ”tunne” toisiaan eli ne eivät enää pysty vuorovaikuttamaan van der Waals –vuorovaikutusten kautta. Laske silloin ison pallon pienin mahdollinen säde, joka mahdollistaa sen, että ison pallon keskimmäisimpänä oleva pieni pallo ei enää tunne (van der Waals –vuorovaikutuksilla) ison pallon pinnassa olevia pieniä palloja.

Tehtävä 5. (6 p)

Kaksi esseetehtävää.

- Keskustele, kuinka biologisissa elävissä systeemeissä biologia aistii nanoskaalan ilmiöt. Anna esimerkkejä ja tuo esille niiden nanoskaalan fysiikkaa.
- Keskustele teemasta *quantum confinement* eli siitä, kuinka tutkittavan systeemin kokoa rajoittamalla voidaan muokata kvanttitasoja. Mikä tämä ilmiö on, kuinka se tapahtuu, missä se tapahtuu, mitä siitä seuraa, mitä siitä voidaan oppia, ja kuinka sitä voitaisiin hyödyntää?