

FYSA2042 kevät 2024

Harjoitus 3

Huom: Kurssilla arvioidaan vain yksi kirjallisena palautettu demovastaus!

Jos et osallistu tähän demotilaisuuteen, palauta ratkaisu ke 3.4.2024 klo 8:15 mennessä joko Moodleen, Matin työhuoneelle, sähköpostilla Matille, tai suoraan Matille viikon ensimmäisen demotilaisuuden alussa.

Demo 3

Note: Only one written demo return is accepted in this course!

If you are not attending this demo session, please return solutions by Wednesday 3.4.2024 8:15 to Moodle, Matti's office, email to Matti, or directly to Matti.

Questions in English are in the end of this sheet.

Pääsiäistauon vuoksi 3. demo on hiukan helpompi.

1. Harvardin yliopiston sivuilla on Matthew Schwarzin hieno luento Bose-Einstein kondensaatiosta, (linkki).
 - (a) Kaksitilasysteemin perustilan miehitys lämpötilan funktiona poikkeaa selvästi identtisten bosonien ja klassisten hiukkasten tapauksissa. Käy läpi, miten partitiofunktio eroaa Bose-Einstein statistiikkaa ja Maxwell-Boltzmann statistiikkaa noudattaville hiukkasille.
 - (b) Kaksitilasysteemi on helppo tapaus, mutta mikä tekee yleisen kanonisen joukon ratkaisusta vaikean?
 - (c) Luku "Approximate analytical solution" kertoo eri sanoin saman kuin luennotkin. Mistä yhtälö (22) saadaan? Yhtälö (27) kertoo luennoissa käsitellyn tavan laskea hiukkasluku muuttamalla summa yli tilojen integraaliksi, ja sen jälkeen kerrotaan, miksi lasku ei ole oikein Bose-Einstein kondensaatiolämpötilan alapuolella.
 - (d) Yhtälö (28) antaa eksitaatioiden lukumäärän lämpötilan funktiona, $\langle N_{\text{excited}} \rangle \propto T^{3/2}$. Miksi potenssi on $3/2$?
 - (e) Lue selostus kokeellisesta Bose-Einstein kondensaatiosta, se on kerrottu hiukan eri sanoin kuin luennoissa.

Because of the Easter break the 3. demo is a bit easier.

1. Harvard University web pages have the fine lectures given by Matthew Schwarz about Bose-Einstein condensation. ([link](#)).
 - (a) The ground state occupation of a two-state system as a function of temperature is notably different for identical bosons and classical particles. Take a look how the partition function differs in the case the particles obey the Bose-Einstein statistics, or in the case where they obey the Maxwell-Boltzmann statistics.
 - (b) A two-state system is easy, so what makes a general canonical ensemble solution so difficult?
 - (c) The chapter “Approximate analytical solution” describes the same ideas that the lecture notes. Where does Eq. (22) come from? Eq. (27) tells how to convert a sum over states to an integral, similar to the lecture notes, and continues to explain why this calculation fails below the Bose-Einstein condensation temperature.
 - (d) Eq. (28) gives the number excitations as a function of temperature, $\langle N_{excited} \rangle \propto T^{3/2}$. Why is the exponent $3/2$?
 - (e) Read the story about the experimental Bose-Einstein condensation, it may shed more light to the parallel story in the lecture notes.