

# FYSA2042, Statistical Physics B

## Homework Solution Set # 4

8. huhtikuuta 2024

### Tehtävä 1

Tehtävänannossa on jo annettu melko kattavat ohjeet. Mitä ideaalisen bosonikaasun kemiallisesta potentiaalista voidaan sanoa kriittisen lämpötilan alapuolella?

### Tehtävä 2

Tämän tehtävän voi tehdä samalla tavalla kuin aiemman (ideaalisen fermionikaasun kemiallinen potentiaali lähellä lämpötilaa  $T = 0$  on käsitelty luentomonisteessa), tai voi halutessaan johtaa tämän lähtemällä luennoissa johdetusta suuresta potentiaalista ja laskea entropian osittaisderivaattana. Tämä on hyvää harjoitusta Sommerfeldin kehittämän käyttämisestä.

### Tehtävä 3

Eulerin yhtälössä esiintyvät sisäenergia ja hiukkasluku voidaan laskea suhteellisen suoraviivaisesti lähtemällä liikkeelle luentojen luvussa 2 esitetyistä määritelmistä. Tässä päädytään kummankin tapauksessa summien muuttamiseen integraaleiksi (Bose-Einstein kondensaatiosta ei nyt tarvitse välittää, miksi?), ja lopulta saadaan tulokset Bose-integraalien suhteen. Luentomonisteessa johdettiin myös ideaalisen fotonikaasun paineen ja energiatiheyden välille relaatio, ja tästä saattaa myös olla hyötyä.

### Tehtävä 4

Lue luentomonisteen luku 5.1.4 ajatuksella läpi.

### Tehtävä 5

- Mitä vakion  $\mu B$  lisääminen/vähentäminen tekee funktion plotille?
- Eri spintiloissa olevien hiukkasten lukumäärän saa laskettua integroimalla

$$N_{\pm} = \int_0^{\epsilon_F} d\epsilon g_{\uparrow/\downarrow}(\epsilon). \quad (1)$$

Hiukkasten kokonaismäärä on sitten  $N = N_+ + N_-$ , ja magnetoituman lauseke on annettu tehtävänannossa. Olemme heikon kentän rajalla, joten kummassakin tapauksessa haluamme ottaa alimman kertaluvun Taylorin approksimaation. Mikä on tässä tapauksessa Taylorin sarjan pieni parametri, jolle pätee  $\ll 1$ ?

- (c) Magneettinen susceptiivisuus on määritelty luentomonisteessa. Lausekkeen johtamisen jälkeen tuloksen saa sijoittamalla annetut lukuarvot ja vertaamalla kirjallisuusarvoihin.