

TENTAMEN THERMISCHE FYSICA 2A

Vrijdag 4 januari 2002, 9.00-12.00 uur

Opgave 1: Begrippen (30 punten)

- a) Van een systeem van N deeltjes kunnen we de energie als functie van de temperatuur berekenen door middel van de multipliciteit of door middel van de toestandssom. Leg het fysische verschil uit van het gebruik van beide methodes.
- b) Wat houdt het equipartitietheorema in?
- c) Leg uit waarom de "temperatuur" behorende bij het spectrum van de kosmische achtergrondstraling in de loop van de tijd afneemt.

Opgave 2: Warmte en entropie (35 punten)

Gegeven is een systeem bestaande uit een groot aantal deeltjes die zich in twee toestanden kunnen bevinden. De energien behorende bij deze toestanden zijn ϵ_1 en ϵ_2 . In de toestand met energie ϵ_1 bevinden zich n_1 deeltjes en in de toestand met energie ϵ_2 , n_2 deeltjes. Het systeem dat aanvankelijk geïsoleerd was van de omgeving wordt in contact gebracht met een warmtebad met temperatuur τ . Ten gevolge van een dynamisch proces gaat één deeltje over van de toestand met energie ϵ_2 naar de toestand met energie ϵ_1 . De vrijkomende energie wordt opgenomen door het warmtebad. De temperatuur van het (grote) warmtebad verandert hierdoor niet.

- a) Bereken de multipliciteit en de entropie van het geïsoleerde systeem.
- b) Bereken de verandering van de entropie van het systeem van deeltjes ten gevolge van het beschreven proces.
- c) Hoe groot is de entropieverandering van het warmtebad door de energieoverdracht.
- d) Als we eisen dat het beschreven proces reversibel moet zijn, m.a.w. dat we de oorspronkelijke toestand kunnen herstellen, wat volgt hier dan uit voor de beginverhouding n_1/n_2 ?

Opgave 3: Ortho- en para-waterstof. (35 punten)

Een waterstofmolecuul H_2 in de grondtoestand kan bestaan in twee vormen; Orthowaterstof, waarin de kernspins van de twee waterstofatomen parallel staan ($S=1$) en parawaterstof waar de kernspins anti-parallel staan ($S=0$). De orthovorm heeft dus drie ontaarde niveaus met energie ϵ terwijl de paravorm één energieniveau heeft met een energie gelijk aan nul. We gaan uit van vast waterstof waarin de N waterstofmoleculen vastgeprikt zitten op roosterposities. Het systeem is in thermisch contact met een warmtereservoir met fundamentele temperatuur $\tau = k_B T$. Tussen de kernspins bestaan zwakke wisselwerkingen waardoor deze energie zich zal kunnen spreiden en ortho en parawaterstof in elkaar kunnen overgaan.

- a) Wat is in de limieten $\tau \rightarrow 0$ en $\tau \rightarrow \infty$ de grootte van de entropie?. Wat is het criterium voor een zeer hoge of zeer lage temperatuur?
- b) Bereken voor gegeven temperatuur de toestandssom $Z(\tau)$ van de N moleculen.
- c) Bereken de gemiddelde energie van de kernspins.
- d) Benader via de vrije energie F de entropie van de kernspins.
- e) Schets de energie en de soortelijke warmte als functie van de temperatuur. (Deze vraag kan ook als eerste onderdeel gemaakt worden).