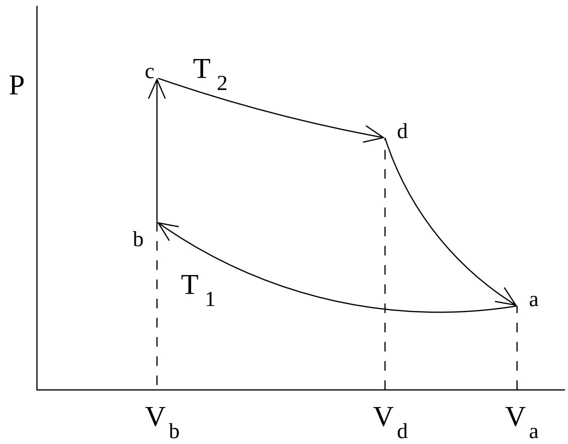
Julius Instituut, Faculteit Natuur- en Sterrenkunde, UU.
In electronische vorm beschikbaar gemaakt door de $\mathcal{TBC}$ van A–Es^2.
Het college TF1 werd in 1999/2000 gegeven door dr. ir. A.F.M arts.

Thermische Fysica 1 (TF1)
21 augustus 2000

- *Schrijf op ieder vel uw naam en voorletters, op het eerste vel bovendien uw studentnummer.*
- *Verdeel uw tijd goed over de diverse onderdelen van de drie opgaven.*

Opgave 1. Ideaal gas - Eerste hoofdwet. (35 punten)

We beschouwen een mono-atomair ideaal gas met N deeltjes dat we aan een aantal processen onderwerpen. In een PV - diagram zien deze processen er als volgt uit. We beginnen in toestand a waar de temperatuur gelijk is aan T_1 en het volume V_a



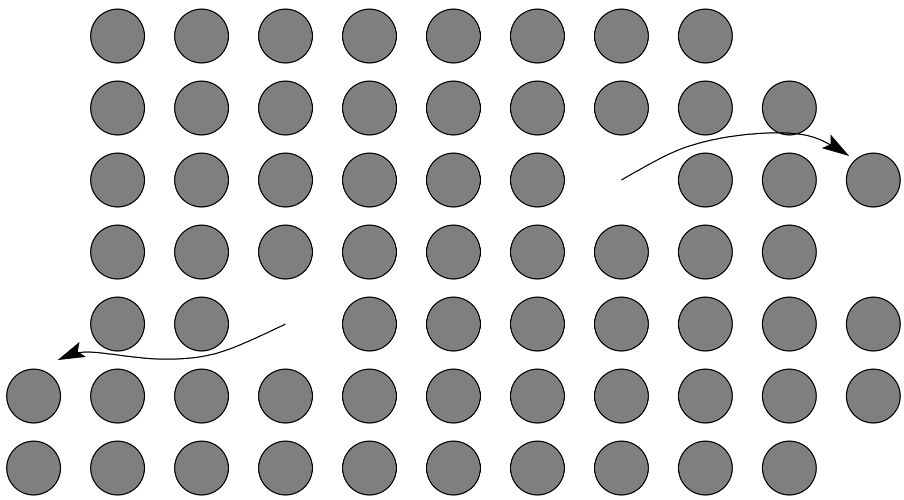
a) Van a naar b wordt isotherm bij temperattur T_1 het volume verkleind van V_a naar V_b. b) Van b naar c wordt bij een constant volume de temperatuur vergroot van van T_1 naar T_2. c) Van c naar d wordt isotherm bij temperatuur T_2 het volume vergroot tot V_d. d) Het volume V_d is zo gekozen dat we via een adiabaat weer in a terugkeren.

Alle processen worden quasi-statisch uitgevoerd.

1. Laat zien dat langs de adiabaat geldt $TV^{2/3} = constant$.
2. Bereken voor de processen a, b en d de verrichte arbeid W op het gas en de aan het gas toegevoerde warmte Q. Druk de resultaten uit de gegeven grootheden.
3. Een irrevrsibel proces begint in evenwichtstoestand a en eindigt in evenwichtstoestand c. Bereken door gebruik te maken van de thermodynamische identiteit de entropieverandering in dir proces.

Opgave 2. Multipliciteit, entropie en temperatuur. (35 punten)

In een regelmatig kristalrooster kunnen atomen van hun plaats komen en migreren naar het oppervlak. Elke keer dat dit gebeurt ontstaat er een lege plaats die ook wel defect of vacature genoemd wordt. De toestand waarbij een atoom zich verplaatst heeft en een vacature heeft gevormd heeft een hogere energie dan de toestand zonder vacature. Het energieverschil tussen deze twee toestanden nemen we ϵ.



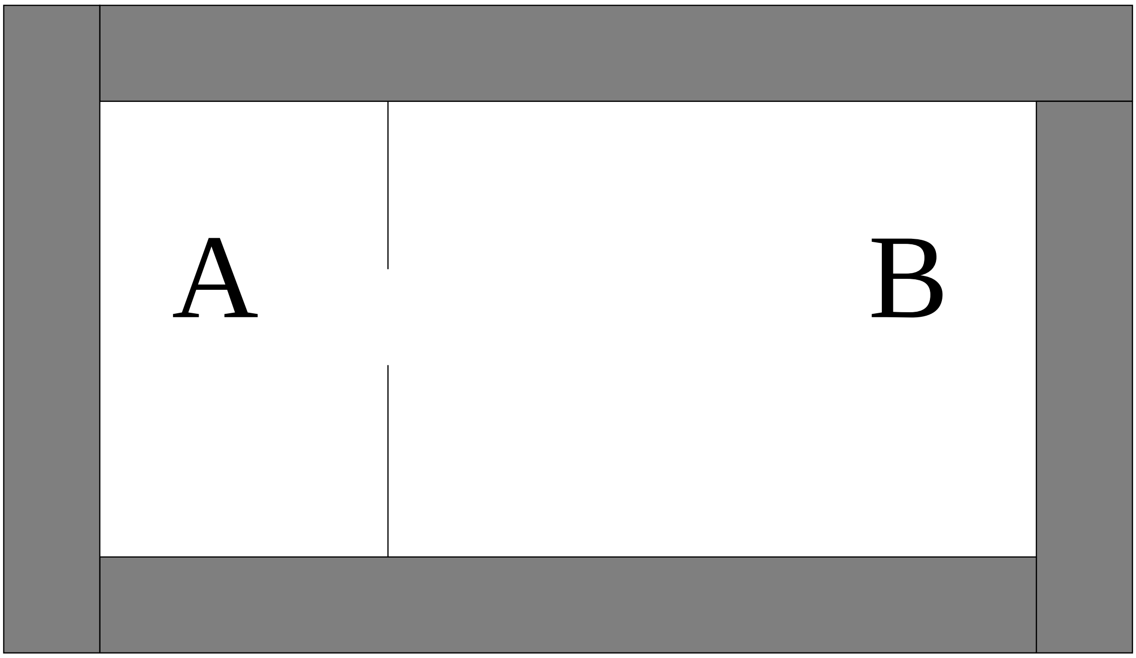
Het doel van de opgave is te berekenen hoeveel van deze defecten er zijn als functie van de temperatuur. De trillingen van de atomen laten we even buiten beschouwing.

Veronderstel dat er n van deze defecten of vacatures aanwezig zijn zodat de totale energie U gelijk is aan $U = n\epsilon$. Een toestand van het systeem kunnen we weergeven door de posities van de vacatures in het kristal te nummeren, b.v. (3,15,47,135....) zou een toestand kunnen zijn. Om de entropie van het systeem te kunnen uitrekenen moeten we weten hoeveel van deze toestanden bij de gegeven energie U mogelijk zijn. Er zijn N atomen in het rooster en n vacatures die we moeten verdelen over $N + n$ plaatsen.

1. Bereken voor de gegeven energie U het aantal toegestane toestanden (de multipliciteit).
2. Bereken de entropie en leid hieruit een verband af tussen de temperatuur en de energie (of het aantal vacatures). Maak gebruik van de Stirling benadering. Als u de multipliciteit bij onderdeel 1) niet heeft kunnen berekenen neem dan aan dat deze gelijk is aan het foute antwoord $N!/n!(N-n)!$.
3. Bereken de soortelijke warmte bij constant volume als functie van de temperatuur. Schets deze temperatuurafhankelijkheid. Geef aan hoe het temperatuurgedrag is bij zeer hoge en zeer lage temperaturen.

Opgave 3. Berekening van energie en entropie in 3 situaties. (30 punten)

1. Aan het uiteinde van een vertikaal hangende veer wordt een massa m geplaatst. Door de zwaartekracht wordt de veer uitgerekt en bereikt na een zeker tijd een nieuwe evenwichtspositie. De spanning van de veer is gelijk an kx, waarin k de vverconstante en x de uitwijking is. Bereken in de nieuwe evenwichtsstand de uitrekking van de veer. Hoeveel warmte komt er bij dit proces vrij? Wat is de veranderingvan de entropie als een massa van 0.1 kg een uitrekking geeft van 2 cm bij kamertemperatuur (20^oC).
2. Hoeveel warmte moet ongeveer aan een systeem met een temperatuur van 300 K toegevoegd worden opdat het aantal toegestane toestanden met een factor 10^8 toeneemt?
3. Een ideaal gas is aanvankelijk opgesloten in een ruimte A, volume V_1, die door een wand gescheiden is van een vacuumruimte B met volume V_2. De ruimtes A en B zijn thermisch geisoleerd van de omgeving. In de wand wordt een klein gat gemaakt waardoor de gasmoleculen zich vrij van A naar B en omgekeerd kunnen bewegen. Als opnieuw evenwicht is ingetreden bereken dan voor het gehele systeem de toe of afgevoerde warmte, de verrichte arbeid, de verandering van de interne energie en de verandering van entropie


A
B