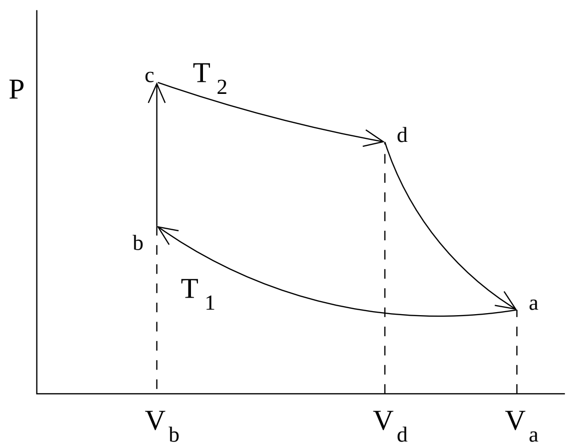
JULIUS INSTITUUT, FACULTEIT NATUUR- EN STERRENKUNDE, UU.
IN ELECTRONISCHE VORM BESCHIKBAAR GEMAAKT DOOR DE $\mathcal{TBC}$ VAN A–ES^2.
HET COLLEGE TF1 WERD IN 2000/2001 GEGEVEN DOOR DR. IR. A.F.M ARTS.

Thermische Fysica 1 (TF1)
24 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

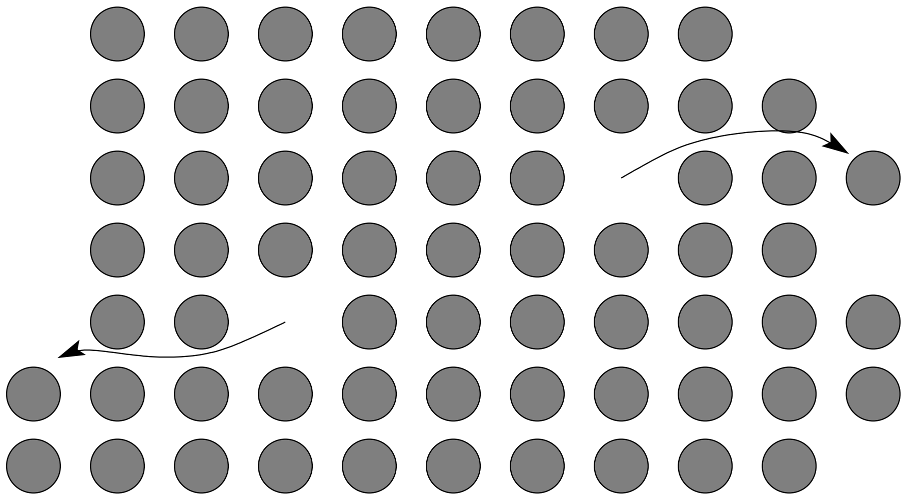


- Van a naar b wordt isotherm bij temperatuur T_1 het volume verkleind van V_a naar V_b.
- Van b naar c wordt bij een constant volume de temperatuur vergroot van van T_1 naar T_2.
- Van c naar d wordt isotherm bij temperatuur T_2 het volume vergroot tot V_d.
- Het volume V_d is zo gekozen dat we via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

Alle processen worden quasi-statisch uitgevoerd.

a) Bereken voor elk van de vier processen de verrichte arbeide W op het gas en de aan het gas toegevoerde warmte Q. Druk de resultaten uit in de gegeven grootheden.

b) Een irreversiebel proces begint in evenwichtstoestand a en eindigt in evenwichtstoestand c. Bereken het entropieverschil tussen de toetanden a en c.



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).

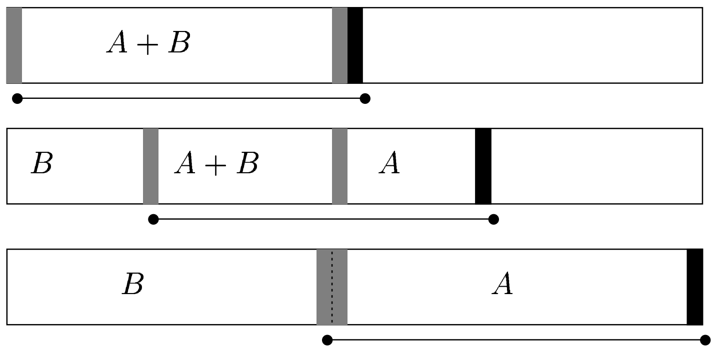
2. Bereken de entropie en leid hieruit een verband af tussen de temperatuur en de energie (of het aantal vacatures). Maak gebruik van de Stirling benadering. Als u de multipliciteit bij onderdeel 1) niet heeft kunnen berekenen neem dan aan dat deze gelijk is aan het foute antwoord $N!/n!(N-n)!$.

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 entropie in 2 situaties. (30 punten)

1. Een met folie afgesloten blokje ijs met een massa van 1 gram en een temperatuur van 0^oC, wordt in een grote bak met water van 20^oC gegooid. Na verloop van tijd is het ijs in het folie gesmolten en heeft het water de temperatuur aangenomen van het water in de bak. De temperatuur van de bak is hierbij in goede benadering onveranderd gebleven. Bereken de entropieverandering van het ijs (en smeltwater) in het folie, de entropieverandering van het water in de bak en de verandering van de totale entropie. (Neem $C_v = 4,2 \cdot 10^3 \mathrm{J/kgK}$ en voor de smeltwarmte $L = 333 \cdot 10^3 \mathrm{J/kg}$.)

2. Stel dat we membranen zouden kunnen maken die doorlaatbaar zijn voor specifieke atomen (b.v. tegenwoordig kunnen membranen gemaakt worden van poreuze materialen, zeolieten, die gebruikt kunnen worden voor het scheiden van atomen met verschillende afmetingen; afhankelijk van de grootte van de poriën kunnen atomen met membraan wel of niet passeren). We kunnen nu het volgende experiment bedenken. We nemen een cilinder die voor de helft gevuld is met een mengsel van twee ideale gassen met atomen A en B. DE andere helft van de cilinder is vacuüm. Beide compartimenten worden gescheiden door een membraan dat elleen atomen van gas A doorlaat.



Twee verbonden zougers, de voorste ondoordringbaar en de achterste een membraan dat alleen doorlaatbaar is voor atomen B, wordt langzaam door de cilinder bewogen. De beweging is zo langzaam dat de gassen voortdurend in evenwicht zijn. Er is geen wrijving en de temperatuur wordt constant gehouden. In de eindsituatie zitten alle B atomen links en alle A atomen rechts, het gas is gescheiden!

Vraag: Neemt bij dit proces de entropie van het systeem toe, af of blijft de entropie gelijk. Geef een beargumenteerd antwoord.