

Examen Fysische Thermodynamica

June 24, 2016

1 Fysische thermodynamica

1.1 Ijs

Twee blokken met gelijke afmetingen en een temperatuur van 50°C worden op een oppervlak van ijs gezet. Beiden zakken even diep in het ijs. Wetende dat het eerste blok 150 g weegt en het tweede 200 g, wat kan je zeggen over hun soortelijke warmtes?

1.2 Jantje valt in slaap

(Titel van de oefening is letterlijk van het examen overgenomen en geen grap van de auteur van dit document) a) Jantje stopt een glas dat 500 gram water bevat in de microgolfoven. Voor de opwarming bevindt het zich op kamertemperatuur. Hij valt echter in slaap, waardoor het water achtereenvolgens opwarmt tot 100°C , verdampt en de microgolfoven explodeert bij een druk van tien atmosfeer. De oven heeft een vermogen van 1200 W. Hoe lang duurt elk proces? Maak redelijke aannames voor de eigenschappen van stoom.

Je mag aannemen dat na verdamping de waterdamp een druk van 1 atmosfeer en een temperatuur van 373°K heeft.

b) Na de explosie zal het gas in temperatuur dalen door warmteoverdracht. Zal de explosie zelf deze daling tegengaan of juist versterken? En welke invloed heeft de aanname dat stoom al dan niet een ideaal gas is hierop?

1.3 Motor

Een kringproces wordt gegeven dat een ellipsvormige lus maakt in een PV diagram, waarbij het linkse punt correspondeert met $(\frac{3}{2}P_1, V_1)$, het bovenste met $(2P_1, \frac{V_1+V_2}{2})$, het rechtse met $(\frac{3}{2}P_1, V_2)$ en het onderste met $(P_1, \frac{V_1+V_2}{2})$. Er is gegeven dat de oppervlakte van een ellips gelijk is aan $\pi * a * b$, met a en b de horizontale en verticale stralen van de ellips en dat de vergelijking van een ellips $(\frac{x-x_0}{a})^2 + (\frac{y-y_0}{b})^2 = 1$. Bereken de totale arbeid en efficiëntie

($e = \frac{W}{Q_h}$ met Q_h de warmte opgenomen bij expansie van V_1 tot V_2 .) van deze motor. Gebruik hiervoor dat $P_1 = 1$ atm.

1.4 Theorievraag

Bespreek kwalitatief de werking van een Maxwell-constructie bij de faseovergang van een Van der Waals-fluidum.

1.5 Wet van Stefan

a) Toon de volgende Maxwellrelatie aan voor constante N:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

b) In een afgesloten doos is de druk uitgeoefend door elektromagnetische straling (veroorzaakt door warmte) gelijk aan een derde van de energiedichtheid. Concreet wordt dit:

$$P = \frac{1}{3}e(T) = \frac{E(V,T)}{3V}$$

Toon nu aan dat volgende differentiaalvergelijking geldt.

$$e(T) = \frac{1}{3} * T * \frac{de}{dT} - \frac{1}{3} * e$$

c) Integreer nu deze differentiaalvergelijking om een functie voor e in functie van de temperatuur te vinden.

2 Statistische Thermodynamica

2.1 Domme schacht

Een student thermodynamica beschouwt een ensemble van N identieke systemen met elk W mogelijke toestanden. Duid nu met n_i het aantal systemen in toestand i aan. Hij wilt nu de totale multipliciteit berekenen en doet dit

als volgt, $W_{tot} = \sum_{n_1=0}^N \dots \sum_{n_W=0}^N \frac{N!}{n_1! \dots n_W!} = N! \left(\frac{1}{n!}\right)^W$. Als hij dit invult voor

$N = 1$ bekommt hij $W = 2^W$, wat vrij tot zeer absurd is. Waar is de fout in zijn redenering?

2.2 Trillingen en andere shizzle

a) Een kwantumharmonische oscillator heeft als mogelijke energieniveaus $E_n = n\hbar\omega + \frac{\hbar\omega}{2}$ voor $n \in \mathbb{N}$. Bepaal hiervoor Z en de gemiddelde energie $\langle E \rangle$.

b) Voor een klassieke oscillator is deze gegeven door $E(x, p) = \frac{p^2}{2m} + \frac{\omega x^2}{2} - Fx$ met F de kracht die inwerkt op de oscillaator. Bepaal met een canonisch ensemble Z en de gemiddelde verplaatsing $\langle x \rangle$.

2.3 Head is spinning #teveelalcohol

Een zuurstof-atoom heeft een spin S^z met $S^z \in \{-1, 0, 1\}$. Als we nu een extern magnetisch veld $\vec{B} \perp \hat{z}$, is de totale energie van een ideaal gas van zuurstofatomen gegeven door $\sum_{i=1}^N \frac{p_i^2}{2m} - \mu B S_i^z$.

- Met welk ensemble werk je best in deze vraag?
- Geef Z . Behandel hiervoor \vec{p}_i, \vec{q}_i klassiek behandeld, en S_i^z discreet behandeld.
- Bepaal de kansdichtheid van S_i^z voor 1 molecule.
- De magnetisatie is gegeven door $M = \mu \sum_{i=1}^N S_i^z$. Schrijf $\langle M \rangle$ in functie van Z , en bepaal $\langle M \rangle$