

Voornaam en naam:

1 Uitzetting

We dompelen een bol bestaande uit 10 kg lood, met een specifieke warmtecapaciteit gelijk aan $c_l = 0.128 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ en een lineaire uitzettingscoëfficiënt $\alpha = 2.90 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, in een vat met 3 kg water (specifieke warmtecapaciteit gelijk aan $c_w = 4.19 \text{ J/g}\cdot\text{K}$). Het lood heeft in het begin een temperatuur $T_h = 550 \text{ K}$, en het water $T_c = 300 \text{ K}$.

- Wat is de eindtemperatuur eens water en lood thermisch evenwicht bereiken?
- Als het lood in het begin een volume $V_0 = 0.625 \text{ dm}^3$ inneemt, wat zal het eindvolume zijn? Geef een goede benadering hiervoor. Je mag aannemen dat α niet van de temperatuur afhangt in dit proces.

2 Cyclus

We laten twee mol lucht een isotherme expansie ondergaan van een initiële druk $P_1 = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en volume $V_1 = 0.015 \text{ m}^3$ tot een volume $V_2 = 0.025 \text{ m}^3$. Vervolgens comprimeren we het gas isobaar, en dan comprimeren we verder op een adiabatistische manier terug tot de begin toestand. Het punt van waaruit men adiabatistisch kan comprimeren naar de begintoestand noemen we punt 3.

- Teken een $P - V$ diagram voor het beschreven proces.
- Bereken de arbeid geleverd op de omgeving, de warmte uitwisseling en de verandering in inwendige energie voor elk van de processen in de cyclus, en voor de gehele cyclus. Je mag aannemen dat lucht zich als een diatomisch ideaal gas zonder vibraties gedraagt. De gasconstante is $R \approx 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$.

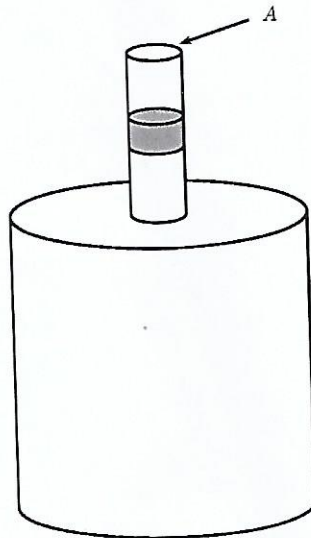
3 Thermodynamische potentiaal

- Geef de definitie van de Gibbs vrije energie. Hier vragen we zowel naar de expliciete formule voor G als naar de fysische betekenis van deze grootte (wanneer streeft een systeem naar minimale Gibbs vrije energie?).
- Gebruik je uitdrukking voor G om dG te vinden, zodat de natuurlijke variabelen van G duidelijk herkenbaar zijn.
- Vind aan de hand van dG een verband tussen $\left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_{P,N}$ en $\left(\frac{\partial S}{\partial N}\right)_{P,T}$.

4 Harmonische oscillator

Een monoatomisch ideaal gas zit opgesloten in een vat zoals aangeduid in de figuur. Aan de bovenkant van het vat zit er een cilinder waarvan de cirkel een oppervlakte A heeft, met daarin een klein gewicht met massa m dat zich wrijwingsloos door de cilinder kan verplaatsen, en dat nauw tegen de rand zit zodat er geen lucht naar buiten kan. Cilinder, gewicht en vat zijn perfect thermisch geïsoleerd. Buiten het vat is er lucht aan atmosferische druk P_{atm} die een kracht uitoefent op de bovenkant van het gewicht. Wanneer het systeem zich in evenwicht bevindt, heeft het gas in het vat een volume V_0 en een druk

P_0 . Vervolgens verplaatsen we het gewicht lichtjes naar beneden, en laten we het daar los. Het gewicht zal dan gaan oscilleren zoals een harmonische oscillator.



- a) Geef P_0 in functie van P_{atm} , m , A en de gravitatieconstante g .
 b) Bewijs dat voor heel kleine verschuivingen (waarbij dus zowel ΔP als ΔV heel klein zullen zijn, zodat $\Delta P^2 = \Delta V^2 = \Delta P \Delta V \approx 0$), en aangezien het proces adiabatisch is, geldt

$$\frac{\Delta P}{P_0} + \gamma \frac{\Delta V}{V_0} = 0. \quad (1)$$

Misschien vind je de volgende relatie wel handig:

$$(1 + \varepsilon)^\gamma \approx 1 + \gamma \varepsilon \quad \text{voor kleine } \varepsilon. \quad (2)$$

- c) Vind de kracht die op het gewicht zal werken afhankelijk van de verplaatsing \vec{x} ten opzichte van de evenwichtspositie, en geef de frequentie van de oscillatie in functie van de variabelen van het probleem. *Ter herinnering: de kracht bij een harmonische oscillator heeft de vorm $\vec{F} = -k\vec{x}$, waarbij \vec{x} de verplaatsing vanuit de evenwichtspositie aanduidt en k een te bepalen evenredigheidsconstante is. Dan is de frequentie gelijk aan*

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (3)$$

- d) Bereken de frequentie voor de volgende gegevens:

$$A = 5 \text{ cm}^2, \quad P_{atm} \approx 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}, \quad m = 0.1 \text{ kg}, \quad g \approx 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad V_0 = 0.045 \text{ m}^3.$$

5 Mengsels

- a) Leg uit wat osmose is. In het bijzonder, leid een uitdrukking af voor de waarde van de osmotische druk zoals we in de cursus gedaan hebben. Wat bedoelt men met deze osmotische druk?
 b) Leg uit aan de hand van een tekening hoe mengen voor een kookpuntshoging en een vriespunt-daling kan zorgen.