

Thermodynamica Proefexamen 2016-2017

1 Inexacte differentiaal [2p totaal]

Welke van de volgende twee uitdrukkingen is een exacte differentiaal (a is een reëel getal verschillend van 0)? Vind ook het voorschrift voor P indien je een dergelijke exacte differentiaal aantreft. Toon voor de andere gevallen aan dat de differentiaal in kwestie niet exact is.

- $dP = \frac{Nk_B}{V}dT + \frac{Nk_B T}{V^2}dV$ [1p]
- $dP = (\frac{N^2}{V} + aN^2T)dT - \frac{N^2T}{V^2}dV + (\frac{2NT}{V} + aNT^2)dN$ [1p]

2 Pompen doe je van beneden [3p totaal]

We willen lekker warm water van $80^\circ C$ boven in een hoog flatgebouw pompen. Het plan is om water op de gelijkvloers uit de hoofdleiding ($P = 4bar$) op te nemen, te verwarmen in een gijser en finaal doorheen een goed geïsoleerde pijpleiding -met een constante diameter- naar boven te zuigen: In het plan voorzien we inderdaad om het pompsysteem boven te installeren. Hoe hoog kunnen we het water pompen (of zuigen) zonder het per abuis onderweg aan de kook te brengen? Een aantal hints: [2p voor een uitdrukking voor $P_{coëx.}$, 0.5p voor het berekenen van de druk in functie van de hoogte, 0.5p voor het berekenen van de maximale hoogte]

- Denk aan Clausius-Clapeyron. De latente warmte om water naar damp om te zetten is $2.26 \cdot 10^6 \frac{J}{kg \cdot K}$. Beschouw de damp als een ideaal gas. Laat het feit dat de damp veel volumineuzer is dan het water je leven vergemakkelijken.
- Herinner je de wet van Bernoulli. In een onsamendrukbare, onvisceuze stroming door een pijp is de som $P + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2$ een plaatsafhankelijke constante.
- Anderzijds moet de hoeveelheid water die per seconde door de pijp stroomt overal even groot zijn.

3 Uitzetting [2p totaal]

We dompelen 5kg koper, met een soortelijke warmte gelijk aan $c_k = 0.386 \frac{J}{g \cdot K}$ en een lineaire uitzettingscoëfficiënt $\alpha = 1.68 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$, in een vat met 2kg water (soortelijke warmte gelijk aan $c_w = 4.19 \frac{J}{g \cdot K}$). Het koper heeft in het begin een temperatuur $T_h = 550K$, en het water $T_c = 300K$.

- 1 Wat is de eindtemperatuur wanneer ze evenwicht bereiken?
- 2 Als het koper in het begin een volume $V_0 = 0.625 \cdot dm^3$ inneemt, wat zal dan het eindvolume zijn van het koper? Gebruik de gekende benadering voor de volumetrische uitzettingscoëfficiënt beta vanuit de waarde van alpha, en neem aan dat beta niet afhangt van de 3 temperatuur in dit proces.

4 Container gevuld met ideaal gas [3p totaal]

Een ideaal gas zit opgesloten in een vat zoals aangeduid in de figuur (cilindervormig vat met een kleine cilinder met een schijfje in). Aan de bovenkant van het vat zit er een cilinder met daarin een kleine piston van massa m dat zich vrijwel vrijwingsloos doorheen de cilinder kan verplaatsen, en dat nauw tegen de rand zit zodat er geen lucht naar buiten kan. Cilinder, piston en vat zijn nagenoeg 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 van V_0 , een druk van P_0 , een temperatuur T_0 en een interne energie U_0 . De piston bevindt zich op een hoogte h_0 . Vervolgens verplaatsen we de piston snel een klein beetje naar boven en laten we het daar meteen los. Welke beweringen zijn waar en welke zijn onwaar? [0.5p voor stelling 1, 2, 6 en 7, 0.25p voor de rest]

- 1 Meteen na het loslaten is de temperatuur T kleiner dan T_0 .
- 2 Meteen na het loslaten is de totale energie van het gas in de cilinder plus de piston kleiner dan de totale energie voor de gedwongen verplaatsing.
- 3 De piston beweegt terug omlaag en convergeert zonder overshoot naar een lager/hoger/even hoog peil h_1 als de beginpositie h_0 (omcirkel juiste optie indien aanwezig).
- 4 De druk in de cilinder convergeert terug naar P_0 (even wachten maar).
- 5 De piston zal lange tijd periodisch oscilleren rond de hoogte h_0 .

- 6 Los van de beweging van de piston is het zo dat wanneer de piston omhoog gaat de temperatuur in de cilinder omlaag gaat en vice versa.
- 7 Er is meteen een nieuw evenwicht waarbij het gas binnenin dezelfde druk als voorheen heeft. Het grotere eindvolume impliceert dan dat de eindtemperatuur hoger is.
- 8 De piston zal een chaotische beweging doormaken, i.e. hij beweegt heen en weer zonder enige periodiciteit en zonder naar een bepaald peil te convergeren.

5 Ijs smelten [1.5p totaal]

We laten 10kg ijs smelten bij 0 graden Celcius. Als de smeltwarmte van ijs gelijk is aan $3.33 * 10^5 * J/kg$, wat is dan de verandering in entropie, enthalpie en Gibbs vrije energie? [0.5p per potentiaal]

6 Mengsels [3.5p totaal]

- 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. [2p]
- Leg uit aan de hand van een tekening hoe mengen voor een kookpuntshoging en een vriespuntddaling kan zorgen. [1.5p]

7 Faseovergangen bij zwarte gaten [5p totaal]

Zie de tussentijdse toets van 2015-2016. [1p per deelvraag]