

TENTAMEN WARMTE EN TRANSPORT

25 januari 2011

9-12 uur

in verband met nakijken:

s.v.p. elke opgave op een afzonderlijk vel maken

schrijf op elk vel duidelijk je naam en studentnummer

dit tentamen bestaat uit 4 opgaven met (relatieve) puntenverdeling:

opgave 1	12 p	11	9
opgave 2	15 p	9	7
opgave 3	10 p		6
opgave 4	8 p		2
		45	30 24
			67% 58%

opgave 1

- 1 a) Hoe luidt de eerste hoofdwet van de thermodynamica?
1 b) Hoe luidt de tweede hoofdwet van de thermodynamica?
1 X c) Hoe luidt de derde hoofdwet van de thermodynamica?
1 X ~~d~~ d) Het roesten van ijzer gaat via de reactie $4\text{Fe(s)} + 3\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}$,
waarvoor geldt: $\Delta_r S^\theta = -1449.7 \text{ J/K}$. Toch roest ijzer spontaan. Waarom? Surroundin $S > 0$
(S_r)
1 e) Geef de definities van de warmtecapaciteiten C_p en C_v
1 f) Geef C_p en C_v voor een monoatomair ideaal gas
1 g) Wat is het getal van Avogadro
1 h) Geef de relatie tussen de gasconstante en de Boltzmann constante
1 ~~i~~ i) Wat is de Boltzmann factor welke in de Maxwell snelheidsverdeling
voorkomt $\left(\frac{8}{\pi} \frac{RT}{M}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{kt}{m}}$
2 j) De standaard enthalpie voor de vorming van water bij kamertemperatuur
(25°C) is -241.82 kJ/mol. Bereken de waarde bij 100°C, bij gegeven
warmtecapaciteiten: $C_p = 33.58 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ voor H_2O ; $28.82 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ voor
 H_2 ; $29.36 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ voor O_2 .
1 k) Geef de wet van Stokes

opgave 2

De Carnotcyclus bestaat uit het uitvoeren van vier processen op een gas, waarbij het gas uiteindelijk weer in de begintoestand terugkeert. De eerste en derde stap zijn respectievelijk reversibele isotherme expansie en compressie. We gaan uit van een ideaal gas.

- 1 a) Geef het kringproces weer in een pV diagram.
- 2 b) Wat is q voor elk van de vier stappen.
- 1 S c) Geef de entropie verandering voor stappen 1 en 3 als functie van de volumina V_i (beginvolumen) en V_f (eindvolumen).
- 1 J d) Geef het kringproces weer in een TS diagram.
- 1 J e) Toon aan dat de door het gas verrichte arbeid gelijk is aan $|w| = \Delta S(T_h - T_c)$, waarin T_h en T_c de temperatuur in stap 1 resp. 3 is, en ΔS de entropieverandering bij stap 1.
- 2 f) Geef de efficiëntie ϵ (de verhouding tussen verrichte arbeid en opgenomen warmte) als functie van T_h en T_c .
- 3 X g) Men kan hetzelfde proces ook in omgekeerde richting laten verlopen, bijvoorbeeld voor een koelkast. In plaats van efficiëntie spreekt men hier van een prestatiecoëfficiënt ϵ' : de verhouding tussen de afgestane warmte en de verrichte arbeid. Geef ϵ' als functie van T_h en T_c .

opgave 3.

- a) Wat is de definitie van de Helmholtz energie A
- × b) Leid uit de Helmholtz energie af de Maxwellrelatie $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$

Hint:

schrijf de Helmholtz energie als dA.

Beschouw vervolgens de fundamentele vergelijking voor dU.

- c) Bewijs met behulp van de hierboven genoemde Maxwell relatie dat voor de interne druk π_T geldt: $\pi_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T - p$

Hint:

schrijf de inwendige energie als exacte differentiaal met variabelen S en V

- d) Wat is de interne druk π_T voor een ideaal gas
- e) Wat is de interne druk π_T voor een van der Waals gas

opgave 4.

- a) Geef de eerste diffusie wet van Fick, en geef van de symbolen de (SI) eenheden.
- b) In een (afgesloten) kamer ligt een appel. De appel neemt zuurstof op uit de atmosfeer, en zet dit om in andere bestanddelen. We beschouwen diffusie van zuurstof door de appel.
Bereken met behulp van de gegevens de lengte waarover de diffusie plaatsvindt (de diffusielengte) door de appel met behulp van Fick. Neem aan dat het concentratieverloop lineair is. Neem verder aan dat de appel uit water bestaat.
Gegevens: We meten dat de hoeveelheid zuurstof in de kamer afneemt met 0.05 millimol/sec. De appel is een bol met straal 2.5 cm. De atmosfeer bevat 20% zuurstof. Een mol gas neemt (bij kamertemperatuur) een volumen van 24 liter in. Voor zuurstof door water is de diffusiecoëfficiënt $1.97 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ (bij kamertemperatuur).
- c) Voor zuurstof door lucht is de diffusiecoëfficiënt $0.219 \text{ cm}^2/\text{s}$ (bij kamertemperatuur). Bereken opnieuw de diffusielengte.
- d) Wat is je conclusie betreffende de zuurstofopname door de appel?