

Hertentamen CTD voor 1^{ste} jaars MST

(4051CHTHEY)

14 April 2016

9.00-12.00 uur

Docenten: L. de Smet, B. Dam

Naam:.....

Studentnummer Leiden:

Aantal ingeleverde vellen:

- Dit tentamen bestaat uit 1 set multiple choice en 4 open vragen
- Hiermee zijn in totaal 80 punten te verdienen
- Het eindcijfer is het behaalde aantal punten/8
- Het werkcollege en de tussentoets tellen niet mee
- Dit is een gesloten boek tentamen
- We gebruiken de Engelse notatie voor het decimaal teken(.)
- Studiemateriaal mag niet worden geraadpleegd, behalve het bijgevoegde formuleblad
- Een grafische rekenmachine is niet toegestaan

- **Maak dit tentamen in blauwe of zwarte inkt. Geen potlood!**
- **Maak de vragen elk op een apart blad en lever die gescheiden in**
- **Vergeet in je antwoord niet de eenheden te vermelden**
- **Laat zien hoe je tot je antwoord komt (aanpak) en motiveer dat (uitwerking)**
- **Gebruik in je antwoord het correcte aantal significante cijfers**
- **Schrijf op elk vel je naam en je Leidse studentnummer**

Antwoorden Vraag 1:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

VRAAG 1: (20 punten, elk fout of ontbrekend antwoord 1 punt aftrek):
MULTIPLE CHOICE: GEEF het meest goede ANTWOORD AAN OP
PAGINA 2 (ACHTERZIJDE VAN HET VOORBLAD)!

Vraag 1: Net boven het kritisch punt zien we in het PV-diagram dat de dampdruk

- A. geen afwijkingen meer van het ideaal gedrag vertoont
- B. afwijkingen vertoont van het ideaal gedrag als gevolg van de repulsieve interacties
- C. afwijkingen vertoont van het ideaal gedrag als gevolg van de attractieve interacties
- D. afwijkingen vertoont van het ideaal gedrag als gevolg van de repulsieve en attractieve interacties

Vraag 2: De drukafhankelijkheid van de enthalpie van een ideaal gas is

- A. 0.
- B. afhankelijk van het molaire volume.
- C. afhankelijk van de temperatuur.
- D. Geen van genoemde opties A,B,C is correct.

Vraag 3: De fugaciteit

- A. is altijd groter dan de waargenomen druk.
- B. is altijd kleiner dan de waargenomen druk.
- C. Geen van de uitspraken in A,B, D is correct.
- D. is altijd gelijk aan de waargenomen druk.

Vraag 4: De evenwichtsconstante K_f is

- A. niet temperatuurafhankelijk.
- B. Afhankelijk van de fugaciteit van de componenten van de reactie
- C. niet drukafhankelijk.
- D. drukafhankelijk.

Vraag 5: In tegenstelling tot wat we bij water zien, wordt het smeltpunt van CO₂-ijs hoger als we de druk verhogen. Dit komt doordat de

- A. entropie van CO₂ bij smelten toeneemt.
- B. dichtheid van CO₂ bij smelten afneemt.
- C. enthalpie van CO₂ bij smelten toeneemt.
- D. Gibbs energie van CO₂ bij smelten toeneemt.

Vraag 6: In ideaal verdunde mengsels van A en B representeert de Henry constante H_B

- A. de bindingen tussen de moleculen van het oplosmiddel (A-A)
- B. de bindingen tussen de moleculen van de opgeloste stof (B-B)
- C. de bindingen van de moleculen van het oplosmiddel (A) met de opgeloste stof (B)
- D. de bindingen van de moleculen van de opgeloste stof (B) met het oplosmiddel (A)

Vraag 7: Bij de reversibele isotherme expansie van een gas geldt altijd dat:

- A. $\Delta U \neq 0$.
- B. $\Delta H \neq 0$.
- C. $\Delta S = 0$.
- D. $w \neq 0$.

Vraag 8: Bij een adiabatische expansie geldt altijd:

- A. $\Delta U = 0$.
- B. $\Delta S = 0$.
- C. $q = 0$.
- D. $w = 0$.

Vraag 9: Boven de Boyle temperatuur van een niet-ideaal gas

- A. treedt er condensatie op
- B. verliezen de attractieve krachten het van de repulsieve krachten.
- C. kan er een evenwicht tussen vloeistof en damp ontstaan.
- D. is de fugaciteit nul.

Vraag 10: Boven de Boyle temperatuur

- A. is de fugaciteitsconstante kleiner dan 1.
- B. is de fugaciteit gelijk aan de druk
- C. is de fugaciteitsconstante gelijk aan nul.
- D. is de fugaciteitsconstante groter dan 1.

Vraag 11: Als ik een niet-ideaal gas bij constante druk adiabatisch comprimeer tot de helft van het originele volume dan geldt:

- A. $q = 0$, $C_p \Delta T \neq w$
- B. $q = 0$, $C_p \Delta T = w$
- C. $q \neq 0$, $\Delta H \neq 0$
- D. $q \neq 0$, $\Delta H = 0$

Vraag 12: De osmotische druk is een gevolg van de

- A. verlaging van de chemische potentiaal van het oplosmiddel als gevolg van de druk.
- B. verhoging van de chemische potentiaal van het oplosmiddel als gevolg van de druk.
- C. verlaging van de chemische potentiaal van het oplosmiddel als gevolg van een zekere hoeveelheid opgeloste stof
- D. Een combinatie van B en C.

Vraag 13: Gegeven een huis dat verwarmd wordt met een warmtepomp die zijn energie betreft uit het grondwater om 's winters te verwarmen en die middels een uitwisseling met de buitenlucht in de zomer zorgt voor verkoeling. Gegeven een gewenste binnentemperatuur van 20°C, een buitentemperatuur in zomer van 30°C en een grondwatertemperatuur in de winter van 5°C. Gegeven een ideaal Carnot proces

- A. dan zal de efficiëntie van verwarmen in de winter groter zijn dan de efficiëntie van het koelen in de zomer
- B. dan zal de efficiëntie van verwarmen in de winter kleiner zijn dan de efficiëntie van het koelen in de zomer
- C. dan zal dat niets uitmaken voor de efficiëntie waarmee het huis wordt verwarmd of gekoeld
- D. Geen van de uitspraken A, B, C is waar.

Vraag 14: Met een realistisch cyclisch proces kan warmte in arbeid worden omgezet indien de totale

- A. entropie van de temperatuurbaden daarbij toeneemt.
- B. entropie van de temperatuurbaden daarbij afneemt.
- C. entropie van de temperatuurbaden daarbij constant blijft.
- D. interne energie van de temperatuurbaden toeneemt.

Vraag 15: De kringintegraal van

- A. $q_{\text{rev}} = 0$.
- B. $q = 0$.
- C. $q/T = 0$.
- D. $q_{\text{rev}}/T = 0$.

Vraag 16: Als we capillair opstijging zien:

- A. Dan weten we dat de vloeistof in de buis een bolle meniscus heeft gevormd.
- B. Dan weten we dat de vloeistof in de buis een holle meniscus heeft gevormd.
- C. Dan weten we dat de vloeistof in de buis een zekere hoeveelheid verontreiniging bevat.
- D. Dan weten we dat de vloeistof in de buis volkomen puur is.

Vraag 17: De oppervlaktespanning van nano-deeltjes zorgt er voor dat

- A. Het nanodeeltje nooit zal samensmelten met een ander nanodeeltje.
- B. Het nanodeeltje een lagere dampspanning heeft dan een corresponderend macroscopisch deeltje.
- C. Het nanodeeltje een hogere dampspanning heeft dan een corresponderend macroscopisch deeltje.
- D. Het nanodeeltje op elke vloeistof zal blijven drijven.

Vraag 18: De vriespuntsverlaging van water door het bijmengen van 1 mol zout met de bruto formule A_xB_y

- A. Hangt niet af van de ratio x/y .
- B. Hangt wel af van de ratio x/y .
- C. Hangt niet af van de dissociatiegraad van het zout.
- D. Hangt wel af van de ratio van de molecuulgewichten $M_{W,A}/M_{W,B}$.

Vraag 19: Een proces kan spontaan een overgang van toestand A naar toestand B bewerkstelligen indien:

- A. $G_A < G_B$
- B. $G_A = G_B$
- C. $G_A \sim G_B$
- D. $G_A > G_B$

Vraag 20: Gegeven de vorming van methaan (CH_4) uit waterstof en grafiet. Als ik de druk verhoog dan zal:

- A. Het evenwicht verschuiven in de richting van waterstof.
- B. Het evenwicht verschuiven in de richting van methaan.
- C. Het evenwicht niet verschuiven, want K_p is niet drukafhankelijk.
- D. De richting waarin het evenwicht verschuift, afhangen van de gekozen temperatuur .

Vraag 2 : De thermodynamica van een chemische reactie (1+1+2+3+3+3+3+4)

Neem een nieuw blad voor de beantwoording van deze vraag.

	ΔH_f° (kJ mol ⁻¹)	ΔG_f° (kJ mol ⁻¹)	S_m° (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	$C_{p,m}$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)
Benzene (l)	49.1	124.5	173.4	136.0
Benzene (g)	82.9	129.7	269.2	82.4
Methane	-74.6	-50.5	186.3	35.7
Oxygen	0	0	205.2	29.4
Water (g)	-241.8	-228.6	188.8	33.6
Water (l)	-285.8	-237.1	70	75.3
Carbon dioxide	-393.5	-394.4	213.8	37.1

Beschouw een chemische reactie waarbij equimolaire hoeveelheden benzeen (C₆H₆) en methaan (CH₄) worden verbrand tot CO₂ en water

- Schrijf de reactievergelijking op.
- Bereken van deze reactie de Gibbs reactie energie bij standaard condities.
- Bereken de reactie-enthalpie bij standaard omstandigheden.
- Bereken de reactie-entropie bij standaard condities.
- Bereken de reactie-enthalpie bij 350 K en 1 bar.
Neem aan dat $\Delta C_p^\circ(T) = \text{const}$ in de 298.15 tot 350 K range.
- Bereken de reactie entropie bij 350 K en 1 bar. Neem aan dat $\Delta C_p^\circ(T) = \text{const}$ in de 298.15 tot 350 K range.
- Bereken de Gibbs reactie energie bij 350 K en 1 bar.
- Calculate the Gibbs energy change of this reaction at 350 K and 5 bar.

Vraag 3: Smeltpuntsverlaging (4+5+5+3+3 punten)

Neem een nieuw blad voor de beantwoording van deze vraag.

Ethyleenglycol (1,2-ethaandiol, molmassa 62.07 g/mol, dichtheid = 1.110 g/cm³.) werkt als een antivriesmiddel: door het toe te voegen aan een oplosmiddel daalt het smeltpunt. In onderstaande tabel vind je een aantal gegevens omtrent een concentratiereeks van ethyleenglycol in water (molmassa 18.02 g/mol, dichtheid = 1.000 g/cm³)

wt.%*	Molaliteit (m)**	Smeltpunt (°C)
0.0		0.00
0.5		-0.15
1.0		-0.30
2.0		-0.61
5.0		-1.58

* massa opgeloste stof / massa oplosmiddel × 100%

** aantal mol opgeloste stof per kilogram oplosmiddel

- Bereken voor alle concentraties uit bovenstaande tabel de molaliteit en maak vervolgens een grafiek van de absolute smeltpuntsdaling ($|\Delta T_{\text{smelt}}|$) als functie van de molaliteit.**
- Bepaal de helling van de bij onderdeel a gevraagde ($|\Delta T_{\text{smelt}}|, m$) grafiek.**
- Herschrijf de volgende vergelijking waarbij $|\Delta T_{\text{smelt}}|$ wordt uitgedrukt als functie van $m_{\text{opgeloste stof}}$ (neem aan dat $n_{\text{opgeloste stof}} \ll n_{\text{oplosmiddel}}$):**

$$|\Delta T_{\text{smelt}}| = \frac{RT_{\text{smelt}}^2}{\Delta H_{\text{smelt}}} x_{\text{opgeloste stof}}$$

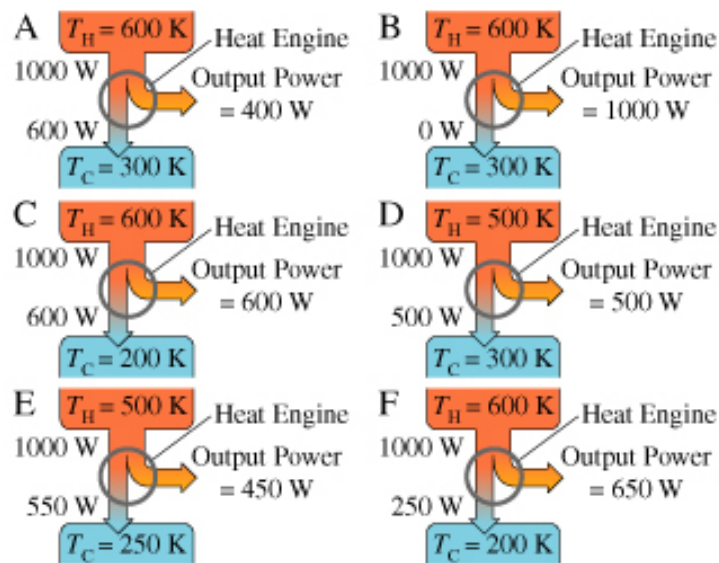
- Bereken de smeltenthalpie (ΔH_{smelt}) van water.**
- Welke helling in een ($|\Delta T_{\text{smelt}}|, m$) grafiek zou je vinden als je methanol (molmassa 32.04 g/mol, dichtheid 0.7914 g/cm³) in plaats van ethyleenglycol gebruikt? Motiveer je antwoord.**

Vraag 4: Entropie (2+5+3 punten)

Neem een nieuw blad voor de beantwoording van deze vraag.

Als onderdeel van je werk in het patentbureau word je gevraagd om zes ontwerpen voor nieuwe warmte machines te evalueren (zie tekening hieronder).

- Welke ontwerpen (meerdere antwoorden mogelijk) zijn in strijd met de eerste wet van de thermodynamica? Leg uit waarom.
- Welke van de overige ontwerpen (meerdere antwoorden mogelijk) zijn in strijd met de tweede wet van de thermodynamica? Leg uit waarom.
- Bereken de efficiency van de/het overgebleven ontwerp(en).

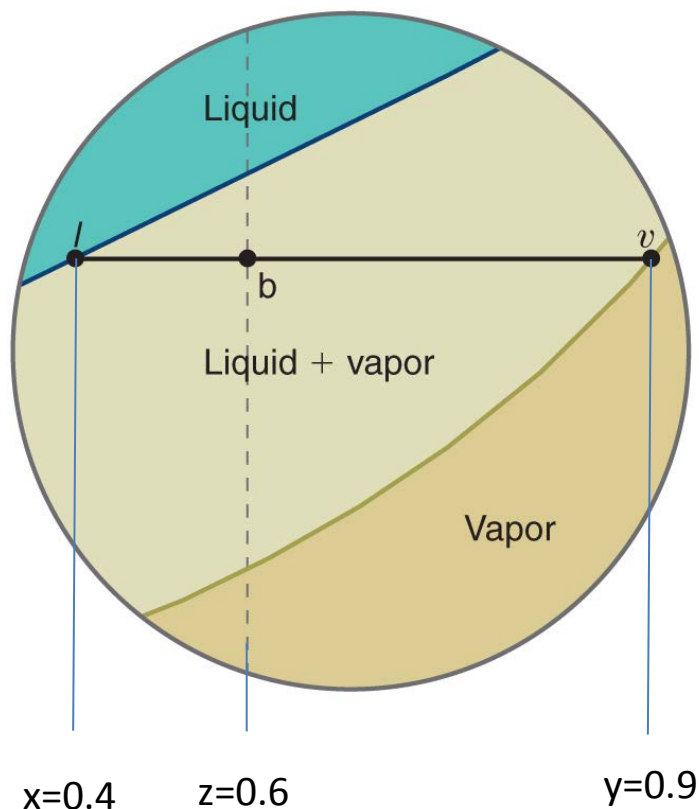


Vraag 5: Mengsels en de hefboomregel (2+4+4 punten)

Neem een nieuw blad voor de beantwoording van deze vraag.

Onderstaande figuur is een uitsnede van het tweefasengebied uit het fasendiagram van een hexaan/octaan mengsel. Op de horizontale as staat de fractie hexaan. Op de verticale as de druk.

Het uitgangspunt is een mengsel bestaande uit in totaal 50 mol gas waarvan de compositie gegeven is als $z = 0.6$.



- Hoeveel mol hexaan bevat de dampfase als de druk zo hoog is dat de eerste condensatiedruppels worden waargenomen?
- Hoeveel mol vloeistof is er gevormd als we de druk zodanig hebben verhoogd dat we met het vloeistof/gas mengsel in punt b zijn aangeland?
- Hoeveel mol octaan bevat bij diezelfde druk de vloeistoffase?

List of Thermodynamic Formulae

Table 1: Selected Thermodynamic Formulae

Name	Expression
Van der Waals equation of state	$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2a}{V^2}$
First Law of Thermodynamics	$\Delta U = q + w$
Second Law of Thermodynamics	$dS = \frac{\delta q_{\text{rev}}}{T}$
Enthalpy	$H = U + PV$
Gibbs free energy	$G = H - TS = U + PV - TS$
Volume expansion	$w = - \int_{V_i}^{V_f} P_{\text{external}} dV$
Heat capacity	$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q}{T_f - T_i} = \frac{\delta q}{dT}$
	$C_V = \frac{\delta q_V}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$
	$C_P = \frac{\delta q_P}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P = C_V + TV \frac{\beta^2}{\kappa}$
	$C_P - C_V = nR$
Thermodynamic equilibrium constant	$\ln K_P = \frac{-\Delta G_R^\circ}{RT}$
Isobaric volum. isotherm. exp. coeff.	$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$
Isothermal compressibility	$\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$
Potential energy	$E_{\text{pot}} = mgh$
Carnot efficiency	$\varepsilon = \frac{ w_{\text{cycle}} }{q_{\text{hot}}} = \frac{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}}$
Coeff. of performance heat pump	$\eta_{\text{hp}} = \frac{q_{\text{hot}}}{w} = \frac{T_{\text{hot}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}$
Coeff. of performance Carnot fridge	$\eta_{\text{r}} = \frac{q_{\text{cold}}}{w} = \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}$
Phase rule	$F = C - p + 2$
Compression factor	$z = \frac{V_m}{V_m^{\text{ideal}}} = \frac{PV_m}{RT}$
Universal law of corresponding states	$P_r = \frac{8T_r}{3V_{mr} - 1} - \frac{3}{V_{mr}^2}$
Gibbs free energy of mixing	$\Delta G_{\text{mix}} = nRT \sum_i x_i \ln x_i$

Name	Expression
Lever rule	$n_{\text{lig}}^{\text{tot}}(Z_B - x_B) = n_{\text{vapor}}^{\text{tot}}(y_B - Z_B)$
Clapeyron equation	$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta S_m}{\Delta V_m}$
Clausius–Clapeyron equation	$\ln \frac{P_f}{P_i} = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \times \left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i} \right)$
Capillary rise	$h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$
T_{bp} elevation and T_{mp} depression	$\Delta T = \frac{RT_{\text{transition}}^2}{\Delta H_{\text{transition}}} x_{\text{solute}}$
Van't Hoff Equation	$\pi V = n_{\text{solute}} RT$

De verandering van de dampdruk als functie van de externe druk

$$RT \ln \left(\frac{P}{P^*} \right) = V_m^{\text{liquid}} (P - P^*)$$

Uitdrukking van de evenwichtsconstante als de fugaciteit duidelijk begint af te wijken van de druk

$$\Delta G_R^o(T, P^o) = -RT \ln K_F$$

K_F hier uitgewerkt voor het ammonia-evenwicht

$$K_F = K_P \frac{\gamma_{\text{NH}_3}}{(\gamma_{\text{N}_2})^{1/2} (\gamma_{\text{H}_2})^{3/2}}$$

