

Toets 1 CTD voor 1^{ste} jaars MST

(4051CHTHEY)

10 maart 2020

09.00-12.00 uur

Docenten: T Savenije, B. Dam

Nota Bene:

- Dit tentamen bestaat uit 20 meerkeuze vragen en 2 open vragen
- Met de meerkeuze vragen is 20 punten te verdienen. Voor elke fout wordt 1 punt afgetrokken.
- De open vragen leveren samen 20 punten op.
- Dit is een gesloten boek tentamen
- Studiemateriaal mag niet worden geraadpleegd, behalve het bijgevoegde formuleblad
- Een grafische rekenmachine is niet toegestaan
- Maak dit tentamen in blauwe inkt. Niet met potlood!
- Maak de vragen elk op een apart blad en lever de drie bladen en dit voorblad gescheiden in
- Vergeet bij je antwoord niet de eenheden te vermelden
- Leg uit hoe je tot het antwoord komt
- Schrijf op elk vel je naam en je student nummer

Antwoordvel

Naam:.....

Studentnummer Leiden:

N.B. per vraag slechts 1 vakje met pen zwart maken!

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

Opgave 1: Meerkeuze vragen (20pt; voor elke fout 1 pt aftrek)

Vraag 1: In een ideaal gas treden niet-ideale effecten op

- A. Bij hoge temperatuur.
- B. Bij hoge dichtheid.
- C. Bij een groot molair volume.
- D. Bij een groot volume.

Vraag 2: De enthalpie van een ideaal gas bij reversibele adiabatise expansie is

- A. 0.
- B. Neemt af
- C. Neemt toe
- D. Geen van genoemde opties A,B,C is correct.

Vraag 3: Een ideaal gas - in een cilinder waarvan het volume kan veranderen door de beweging van de zuiger - is

- A. in drukevenwicht als de druk binnen de cilinder hetzelfde als daarbuiten.
- B. in drukevenwicht als de druk binnen de cilinder hetzelfde als daarbuiten en de zuiger wrijvingsloos kan bewegen.
- C. in drukevenwicht als de temperatuur binnen de cilinder hetzelfde als daarbuiten.
- D. in drukevenwicht als de druk binnen de cilinder hetzelfde als daarbuiten en de zuiger kan bewegen.

Vraag 4: In een ideaal gasmengsel

- A. is $PV < nRT$.
- B. is $PV > nRT$.
- C. is $PV = nRT$.
- D. kan elk van genoemde opties A, B, C optreden.

Vraag 5: Als ik een ideaal gas bij constante externe druk reversibel laat uitzetten door heel langzaam de temperatuur te verhogen, dan geldt:

- A. $q \neq 0$, $\Delta U \neq 0$, $\Delta S = \text{pos}$
- B. $q = 0$, $\Delta U = 0$, $\Delta S = \text{pos}$.
- C. $q \neq 0$, $\Delta U = 0$, $\Delta S = \text{neg}$.
- D. $q = 0$, $\Delta U \neq 0$, $\Delta S = \text{pos}$.

Vraag 6: In een geïsoleerd systeem geldt

- A. $\Delta U > 0$, $\Delta S = 0$
- B. $\Delta U = 0$, $\Delta S \geq 0$
- C. $\Delta U = 0$, $\Delta S \leq 0$
- D. $\Delta U < 0$, $\Delta S = 0$

Vraag 7: In een gesloten systeem geldt:

- A. $\Delta U \neq 0$, $q = 0$
- B. $\Delta U = 0$, $q = 0$
- C. $\Delta U = 0$, $q = 0$
- D. $\Delta U \neq 0$, $q \neq 0$

Vraag 8: Bij een reversibele adiabatise expansie van een ideaal gas is

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

Vraag 9: In de Van der Waals vergelijking is

- A. 'b' een maat voor de grootte van de atomen/moleculen.
- B. 'a' een maat voor de grootte van de atomen/moleculen.
- C. 'a' een maat voor de afstotende kracht.
- D. 'b' een maat voor de aantrekkende potentiaal.

Vraag 10: De enthalpie van een ideaal gas is niet afhankelijk van P , omdat in een ideaal gas

- A. de druk aan de Van der Waals vergelijking voldoet
- B. de druk geen effect heeft op de potentiële energie van de moleculen.
- C. de druk geen effect heeft op de kinetische energie van de moleculen.
- D. de druk niet aan de Van der Waals vergelijking voldoet

Vraag 11: Voor welke van de volgende stoffen is de enthalpie van vorming bij standaard condities 0 kJ/mol?

- A. Cl (g).
- B. Cl₂⁻ (g).
- C. Cl⁻ (g).
- D. Cl₂ (g).

Vraag 12: Bij het smeltpunt

- A. verandert de functie $H(T)$ *alleen* van helling, als je de vaste fase met de vloeistoffase vergelijkt.
- B. verandert de functie $U(T)$ *alleen* van helling, als je de vaste fase met de vloeistoffase vergelijkt.
- C. verandert de functie $S(T)$ *alleen* van helling, als je de vaste fase met de vloeistoffase vergelijkt.
- D. Geen van de beweringen in A, B, en C is correct.

Vraag 13 De efficiëntie van een Carnot machine neemt af

- A. bij irreversibele processen.
- B. als de temperatuur hoog is.
- C. als de temperatuur laag is.
- D. als het temperatuur verschil groot is.

Vraag 14: Als we een Carnot cyclus hebben doorlopen is

- A. de geleverde arbeid nul.
- B. de toegevoerde warmte nul.
- C. de netto geleverde arbeid gelijk aan de netto opgenomen warmte
- D. de verandering in H niet nul.

Vraag 15: Een positieve Joule-Thomson coëfficiënt

- A. geeft aan dat temperatuur van een ideaal gas daalt als het uitzet onder isenthalpische condities.
- B. geeft aan dat de temperatuur van een niet-ideaal gas daalt als het uitzet onder isenthalpische condities.
- C. geeft aan dat de temperatuur van een niet-ideaal gas stijgt als het uitzet onder isenthalpische condities.
- D. geeft aan dat de temperatuur van een ideaal gas stijgt als het uitzet onder isenthalpische condities.

Vraag 16: Een mol ideaal gas expandeert reversibel van 10 liter tot 20 liter met een externe druk $P_{\text{ext}}(V)$. De temperatuur van begintoestand is gelijk aan die van de eindtoestand. Voor dit proces geldt:

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

Vraag 17: Bij constante druk en $T = 500 \text{ K}$ geldt dat de reactie-enthalpie

- A. altijd groter is dan bij 300 K
- B. altijd kleiner is dan bij 300 K
- C. afhangt van de som van de warmtecoëfficiënten van de reactanten en producten
- D. afhangt van het verschil van de warmtecoëfficiënten van de reactanten en producten

Vraag 18: Welke van de volgende beweringen is waar?

- A. We kunnen arbeid nooit volledig omzetten in warmte.
- B. We kunnen arbeid nooit volledig omzetten in warmte in een cyclisch proces.
- C. We kunnen warmte nooit volledig omzetten in arbeid.
- D. We kunnen warmte nooit volledig omzetten in arbeid een cyclisch proces.

Vraag 19: Een warmtepomp werkt het beste

- A. Bij lage temperatuur
- B. Bij hoge temperatuur
- C. Als het verschil in temperatuur van de warme zone en de koude zone zo groot mogelijk is
- D. Als het verschil in temperatuur van de warme zone en de koude zone zo klein mogelijk is

Vraag 20: Als we een gas willen koelen middels het Joule-Thomson effect dan

- A. Moeten we een ideaal gas nemen
- B. Moeten we een niet-ideaal gas nemen waarvan in de Van der Waals uitdrukking de term $2a/RT$ groter is dan b
- C. Moeten we een niet-ideaal gas nemen waarvan in de Van der Waals uitdrukking de term $2a/RT$ kleiner is dan b
- D. Moeten we een niet-ideaal gas nemen waarvan in de Van der Waals uitdrukking de term $2a/RT$ gelijk is aan b

21. Het gedrag van N₂.

In deze vraag starten we met een gascilinder met een inhoud van 10 dm³ waarin N₂ zit met een druk van 10 bar bij 300 K. Deze toestand noemen we T1. De warmte capaciteit van het gas is $C_v^\circ = 10.4 \text{ (J/(mol}\cdot\text{K))}$; $\mu_{(J-T)} \text{ (K/MPa)} = 2.15$; $P_{\text{ext}} = 1.0 \text{ bar}$.

a) Bereken de hoeveelheid mol in de cilinder; hierbij mag je aannemen dat het gas zich ideaal gedraagt.

$$n = 4.0 \text{ mol}$$

b) In eerste instantie wordt het volume van het gas vergroot tot 50 dm³ waarbij de druk gelijk blijft. Dit is toestand T2. Neem aan dat het gas zich ideaal gedraagt. Bereken w , q , ΔU en ΔH voor dit traject (T1 \rightarrow T2). Let op het teken!

$$w = -4.0 \text{ kJ}; \Delta U = 49.9 \text{ kJ}; q = 53.9 \text{ kJ}; \Delta H = 53.9 \text{ kJ}$$

c) Vervolgens verlagen we de druk van het ideale gas, bij gelijk blijvend volume totdat we de oorspronkelijke temperatuur van 300K hebben bereikt. Dit is toestand T3. Bereken w , q , ΔU en ΔH voor dit traject (T2 \rightarrow T3).

$$w = 0 \text{ kJ}; \Delta U = -49.9 \text{ kJ}; q = -49.9 \text{ kJ}; \Delta H = -53.9 \text{ kJ}$$

d) In het volgende traject brengen we een thermische isolatie aan. Vanuit T3 laten we het ideale N₂ gas reversibel adiabatisch **uitzetten** comprimeren tot het oorspronkelijke volume van T1. Bereken de uiteindelijke temperatuur.

$$T = 1087 \text{ K}$$

In een ander experiment wordt al het N₂ gas vanuit toestand T1 via een poreuze connectie volledig overgebracht naar een uitzetbare 2^{de} cilinder onder isoenthalpische condities. De uitzetbare cilinder heeft uiteindelijk een volume van 50 dm³.

e) Bereken de uiteindelijke temperatuur onder de aanname dat het gas zich ideaal gedraagt.

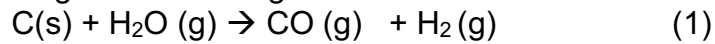
$$T = 300 \text{ K}$$

f) Bereken de uiteindelijke temperatuur onder de aanname dat het gas zich niet ideaal gedraagt.

$$300 - 1.72 = 298.28 \text{ K}$$

Vraag 22

Gegeven is de volgende reactie:



De standaard vormings-enthalpieën zijn gegeven:



	C_p (J/mol.K)	S° (J/mol.K)
C	8.53	5.74
H ₂ O (g)	33.58	188.8
O ₂	30.51	205.2
H ₂	28.82	130.7
CO	29.14	197.7

a) Bereken de reactie enthalpie van reactie (1) onder standaard condities.

$$\Delta H = 131.3 \text{ kJ/mol}$$

b) Bereken de reactie enthalpie van reactie (1) bij 478 K.

$$\Delta H = 134.1 \text{ kJ/mol}$$

c) Bereken de reactie energie (ΔU) bij 478 K.

$$\Delta U = 130.1 \text{ kJ/mol}$$

d) Bereken de verandering in entropie van het systeem en de verandering in entropie van de omgeving onder standaard condities.

$$\Delta S_{\text{sys}} = 133.86 \text{ J/mol.k}$$

$$\Delta S_{\text{omg}} = -441 \text{ J/mol.k}$$

Formula sheet Chemical Thermodynamics

Name	Expression
Van der Waals equation of state	$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$
First law of thermodynamics	$\Delta U = q + w$
Second law of thermodynamics	$\Delta S = \frac{dq_{rev}}{T}$
Enthalpy	$H = U + PV$
Gibbs free energy	$G = H - TS = U + PV - TS$
Volume expansion	$w = - \int_{V_i}^{V_f} P_{external} dV$
Heat capacity	$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q}{T_f - T_i} = \frac{dq}{dT}$ $C_V = \frac{dq_V}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$ $C_P = \frac{dq_P}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P = C_V + TV \frac{\beta^2}{\kappa}$ $C_p - C_V = nR$
Thermodynamic equilibrium constant	$\ln K_P = \frac{-\Delta G_R}{RT}$
Isobaric volum. Isotherm. Exp. coefficient	$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$
Isotherm compressibility	$\kappa = - \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$
Reversible adiabatic expansion/compression	$\frac{T_f}{T_i} = \left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{1-\gamma} \quad \gamma = \frac{C_{P,m}}{C_{V,m}}$
Potential energy	$E_{pot} = mgh$
Carnot efficiency	$\epsilon = \frac{ w_{cycle} }{q_{ab}} = \frac{T_{hot} - T_{cold}}{T_{hot}}$
Coefficient of performance heat pump	$\eta_{hp} = \frac{q_{hot}}{w} = \frac{T_{hot}}{T_{hot} - T_{cold}}$
Coefficient of performance Carnot fridge	$\eta_r = \frac{q_{cold}}{w} = \frac{T_{cold}}{T_{hot} - T_{cold}}$
Phase rule	$F = C - P + 2$
Compression factor	$z = \frac{V_m}{V_m^{ideal}} = \frac{PV_m}{RT}$
Universal law of corresponding states	$P_r = \frac{8T_r}{3V_{mr} - 1} - \frac{3}{V_{mr}^2}$
Gibbs free energy	$\Delta G_{mix} = nRT \sum_i x_i \ln x_i$ $\frac{\Delta G(T_2)}{T_{f2}} = \frac{\Delta G(T_1)}{T_1} + \Delta H_R^\circ(T_1) \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ $\left(\frac{\partial G}{\partial \xi} \right)_{T,P} = \sum_i \nu_i \mu_i = \Delta G_R$
Joule Thomson coefficient	$\mu_{J-T} = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_H ; \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T = -C_p \mu_{J-T}$

	$\mu_{J-T} = \frac{1}{C_{P,m}} \left(\frac{2a}{RT} - b \right)$
Fugacity	$f = \gamma(P, T)P$
Ideal gas	$\Delta S = -nR \ln \frac{P_f}{P_i} + nC_{P,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$ $\Delta S = nR \ln \frac{V_f}{V_i} + nC_{V,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$
Temperature dependent equilibrium constant	$\ln K_P(T_f) = \ln K_P(T_i) - \frac{\Delta H_R^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i} \right)$ $K_P = K_x \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\Delta v}$
Lever rule	$n_{liq}^{tot} (Z_B - x_B) = n_{vap}^{tot} (y_B - Z_B)$
Vapor pressure of binary solution	$y_1 = \frac{P_1^* P_{total} - P_1^* P_2^*}{P_{total} (P_1^* - P_2^*)}$
Clapeyron equation	$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta S_m}{\Delta V_m}$
Clausius-Clapeyron equation	$\ln \frac{P_f}{P_i} = -\frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i} \right)$
Capillary rise	$h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$
Pressure in a nano-droplet	$P_{inner} = P_{outer} + \frac{2\gamma}{r}$
T _{bp} elevation and T _{mp} depression	$\Delta T = \pm \frac{R M_{solvent} T_{transition}^2}{\Delta H_{transition}} m_{solute} = \pm K_f m_{solute}$
Van't Hoff equation	$\pi V = n_{solute} RT$
Pressure dependence	$RT \ln \left(\frac{P}{P^*} \right) = V_m^{liquid} (P - P^*)$
Activity	$a_{solvent} = \frac{P_{solvent}}{P_{solvent}^*}$
Activity coefficient	$\gamma_{solvent} = \frac{a_{solvent}}{x_{solvent}}$
Raoult's law	$P_i = x_i P_i^*$
Henry's law	$P_{solute} = x_{solute} k_H^{solute} \quad x_{solute} \rightarrow 0$
Boyle temperature	$T_B = \frac{a}{Rb}$
Chemical potential dependence	$d\mu = -S_m dT + V_m dP$

List of constants

Constant (symbol)	Value
Avogadro's constant (N_{Av})	$6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmann constant (k_B)	$1.380 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
Molar gas constant (R)	$8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $8.314 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $8.314 \times 10^{-2} \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $8.206 \times 10^{-2} \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Conversion table

unit	dimension	value
atmosphere	atm	101,325 Pa
bar	bar	$1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$
Standard temperature	T = 25 °C	298.15 K

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1.008	2 He 4.0026	3 Li 6.94	4 Be 9.0122	5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180	11 Na 22.990	12 Mg 24.305	13 Al 26.982	14 Si 28.085	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.630	33 As 74.922	34 Se 78.97	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.95	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 *	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 #	104 Rf (265)	105 Db (268)	106 Sg (271)	107 Bh (270)	108 Hs (277)	109 Mt (276)	110 Ds (281)	111 Rg (280)	112 Cn (285)	113 Nh (286)	114 Fl (289)	115 Mc (289)	116 Lv (293)	117 Ts (294)	118 Og (294)

* Lanthanide series

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Actinide series

89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)
--------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------