

TOETS CTD voor 1^{ste} jaars MST

(4051CHTHEY)

7 maart 2017

13.30-15.00 uur

Docenten: T. Savenije, B. Dam

- Dit tentamen bestaat uit 30 multiple-choice vragen
- Hiermee zijn in totaal 20 punten te verdienen
- Voor elke fout wordt 1 punt afgetrokken
- Het cijfer voor deze toets is gelijk aan het aantal behaalde punten gedeeld door 2. Bij 18 fouten of meer is het cijfer voor de toets gelijk aan 1
- Vul in de tabel het beste antwoord (A, B, C, of D) in, door het betreffende vakje zwart te maken
- Geen antwoord is een fout antwoord
- Geen antwoord is niet beter dan een fout antwoord

- Dit is een gesloten boek tentamen
- Studiemateriaal mag niet worden geraadpleegd, behalve het bijgevoegde formuleblad
- Een grafische rekenmachine is niet toegestaan
- We gebruiken de engelse notatie: 3.5 betekent drie en een half!
- Maak dit tentamen in blauwe of zwarte inkt. Geen potlood!

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

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
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: Beschouwen we de functies q , w en U , dan zijn

- A. Zowel q , w als U padfuncties
- B. Zowel q , w als U toestandsfuncties
- C. q en w padfuncties
- D. q en U toestandsfuncties

Vraag 2: Een niet-ideaal gas gaat zich ideaal gedragen bij

- A. Bij hoge temperatuur.
- B. Bij lage molaire dichtheid.
- C. Bij een klein molair volume.
- D. Bij een klein volume.

Vraag 3: De drukafhankelijkheid van de enthalpie van een niet-ideaal gas is

- A. 0.
- B. positief
- C. negatief
- D. positief of negatief of nul

Vraag 4: Een gastermometer bevat een ideaal gas omdat dan

- A. de omgevingsdruk geen grote rol speelt bij de temperatuurbepaling
- B. de luchtvochtigheid in de omgeving geen rol speelt bij de temperatuurbepaling
- C. de samenstelling van het gas geen rol speelt
- D. het volume van het gas kwadratisch uitzet ten opzichte van een lineaire temperatuurverandering

Vraag 5: Als ik een ideaal gas bij constante externe druk reversibel comprimeer dan geldt voor dit systeem:

- A. $\Delta U = \text{neg}$, $w = \text{neg}$
- B. $\Delta U = \text{neg}$, $w = \text{pos}$
- C. $\Delta U = \text{pos}$, $w = \text{neg}$
- D. $\Delta U = \text{pos}$, $w = \text{pos}$

Vraag 6: Als ik de reversibele compressie van een ideaal gas bij constante temperatuur vergelijk met de irreversibele compressie bij constante temperatuur dan geldt voor het systeem gas:

- A. $U_{\text{rev}} > U_{\text{irrev}}$
- B. $U_{\text{rev}} < U_{\text{irrev}}$
- C. $|w_{\text{rev}}| < |w_{\text{irrev}}|$
- D. $|w_{\text{rev}}| > |w_{\text{irrev}}|$

Vraag 7: Een duiker heeft een 25 l duikfles met daarin lucht gecomprimeerd tot 200 bar. Per keer ademen gaat er een volume 0.45 l lucht uit de fles. De druk onder water neemt per 10 meter diepte 1 bar toe. Hoe vaak kan een duiker ademen wanneer deze duikt bij een diepte van 45?

- A. 11×10^3 keer
- B. 2020 keer
- C. 2469 keer
- D. 409 keer

$\# = V_{\text{fles}} \times P_{\text{in fles}} / (1 + 45/10) \times 1 / V_{\text{ademhalen}} =$

Vraag 8: Bij een reversibele adiabatiese compressie van een ideaal gas is

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

Vraag 9: Om een kopje thee te zetten wil ik de temperatuur van 150 gram water van 20 C verwarmen tot 90 C. Daarvoor gebruik ik een elektrische waterkoker waardoor een stroom van 1.75 A gaat bij een belasting van 25 Ohm. Hoe lang moet ik wachten tot het water heet is? $C_p = 4.2 \text{ J/K.g}$ (vloeibaar water)

Vermogen waterkoker is: $P = I^2 \times R = 1.75^2 \times 25 = 76.56 \text{ Watt}$.

$P \times \text{tijd} = Q = n \times \Delta T \times C_{p,m}$

$\text{tijd} = n \times \Delta T \times C_{p,m} / P$

$= 150 / 1 \times 70 \times 4.2 / 76.56 = 576 \text{ sec}$

- A. $\Delta t = 32.6 \text{ sec}$
- B. $\Delta t = 576 \text{ sec}$
- C. $\Delta t = 741 \text{ sec}$
- D. $\Delta t = 1008 \text{ sec}$

Vraag 10: 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 potentiaal.
- D. 'b' een maat voor de aantrekkende potentiaal.

Vraag 11: Gegeven de adiabatiese expansie van een ideaal gas, welke uitspraak is waar?

- A. Het gas levert arbeid en de bron van energie daarvoor is de afstotende kracht tussen de molecule
- B. Het gas levert geen arbeid
- C. Het gas levert arbeid en de bron van energie daarvoor is de interne energie
- D. Het gas levert arbeid en de bron van energie daarvoor is de warmte die het systeem instroomt

Vraag 12: De Eerste Hoofdwet van de Thermodynamica houdt in dat wanneer zowel niet-expansie-arbeid als warmte met een systeem wordt uitgewisseld de interne energie van dat systeem niet verandert zolang

- A. net zoveel warmte als arbeid aan het systeem wordt toegevoegd.
- B. de aan het systeem toegevoegde arbeid volledig wordt omgezet in warmte in het systeem.
- C. Het systeem voorzien is van adiabatiese wanden.
- D. net zoveel warmte als aan het systeem wordt onttrokken als arbeid aan het systeem wordt toegevoegd.

Vraag 13: Gegeven de volgende reactie-enthalpieën

- $\text{B}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow 3\text{O}_2 (\text{g}) + \text{B}_2\text{H}_6 (\text{g})$ ($\Delta H = 2035 \text{ kJ/mol}$)
- $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{g})$ ($\Delta H = 44 \text{ kJ/mol}$)
- $\text{H}_2 (\text{g}) + (1/2)\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ ($\Delta H = -286 \text{ kJ/mol}$)
- $2\text{B} (\text{s}) + 3\text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{H}_6 (\text{g})$ ($\Delta H = 36 \text{ kJ/mol}$)

Dan is de reactie enthalpie van de reactie $2\text{B} (\text{s}) + (3/2) \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 (\text{s})$ gelijk aan:

- $\text{B}_2\text{H}_6 (\text{g}) + 3\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O} (\text{g})$ ($\Delta H = -2035 \text{ kJ/mol}$)
- $3\text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} (\text{l})$ ($\Delta H = -132 \text{ kJ/mol}$)
- $3\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 3\text{H}_2 (\text{g}) + (3/2) \text{O}_2 (\text{g})$ ($\Delta H = 858 \text{ kJ/mol}$)
- $2\text{B} (\text{s}) + 3\text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{H}_6 (\text{g})$ ($\Delta H = 36 \text{ kJ/mol}$)

Combinatie van bovenstaande vergelijkingen, waarbij gelijke termen links en rechts van de reactiepijl tegen elkaar wegvallen, levert op:

- $2\text{B} (\text{s}) + (3/2) \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 (\text{s})$ ($\Delta H = -1273 \text{ kJ/mol}$)

- A. -1273 kJ/mol.
- B. -1309 kJ/mol.
- C. -2126 kJ/mol.
- D. -987 kJ/mol.

Vraag 14: Het teken van de JouleThomson coefficient van een moleculair gas hangt af van

- A. de aantrekkende en afstotende krachten tussen de moleculen.
- B. de aantrekkende en afstotende krachten binnen de moleculen
- C. de warmtecoefficient C_p van de moleculen.
- D. De warmtecoefficient C_v van de moleculen.

Vraag 15: Als we 5 mol van een ideaal gas met een druk van 5 bar bij een constante temperatuur van 20 C tegen een constante buitendruk en van 1 bar irreversibel laten uitzetten bij constante temperatuur totdat het volume is vertienvoudigd, dan geldt voor het gas:

$$w = -PdV = -1 \times 10^5 \times (V_2 - V_1)$$

$$V_1 = (n \times R \times T) / P = (5 \times 8.314 \times (20 + 273)) / (5 \times 10^5) = 0.0244 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 10 \times V_1, \text{ dus } V_2 - V_1 = 0.244 - 0.0244 = 0.219 \text{ m}^3$$

$$w = -PdV = -1 \times 10^5 \times 0.219 = -21.9 \text{ kJ}$$

- A. $w = -109.5 \text{ J}$.
- B. $w = -21.9 \text{ kJ}$.
- C. $w = -1.49 \text{ kJ}$.
- D. $w = -149 \text{ J}$.

Vraag 16: De drukafhankelijkheid van de enthalpie van een vloeistof

- A. Kan alleen maar positief zijn
- B. Kan alleen maar negatief
- C. Kan nul zijn
- D. Geen van bovenstaande uitspraken is juist

Vraag 17: Bereken op basis van de getabelleerde standaardwaarden de reactie-enthalpie bij 250.0K van: $\text{CO (g)} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{(g)}$ Ga ervan uit dat er geen faseveranderingen zijn.

	H_f^{298K} (kJ/mol)	C_p (J/mol.K)
CO (g)	-110.5	35.1
O ₂ (g)	-	33.6
CO ₂ (g)	-393.5	29.4

- A. $\Delta H_{rx}(250) = -283$ kJ/mol.
- B. $\Delta H_{rx}(250) = -284.9$ kJ/mol.
- C. $\Delta H_{rx}(250) = -284.1$ kJ/mol.
- D. $\Delta H_{rx}(250) = -281.9$ kJ/mol.

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta H_{298, \text{products}}^0 - \Delta H_{298, \text{reactants}}^0 = -393.5 - (-110.5) = -283 \text{ kJ/mol}$$

$$C_p \text{ term: } (35.1 + \frac{1}{2} \times 33.6 - 29.4) (298-250) = 1.080 \text{ kJ/mol}$$

$$\Rightarrow -283 + 1.080 = -281.9 \text{ kJ/mol}$$

Vraag 18: De drukafhankelijkheid van de enthalpie van een willekeurig gas

- A. Kan alleen maar positief zijn
- B. Kan alleen maar negatief
- C. Kan nul zijn
- D. Geen van bovenstaande uitspraken is juist

Vraag 19: Voor welke van de volgende stoffen is de standaard enthalpie van vorming 0 kJ/mol?

- A. O (g).
- B. O₂ (g).
- C. O₂⁺ (g).
- D. O₃ (g)

Vraag 20: Als je de vaste fase met de vloeistoffase vergelijkt dan verandert bij het smelpunt

- A. de functie $H(T)$ *alleen* van helling,
- B. de functie $C_p(T)$ *niet* van helling,
- C. verandert de functie $C_p(T)$ alleen van helling maar maakt geen sprong
- D. verandert de functie $H(T)$ van helling en maakt een sprong

Vraag 21: Het oplossen van 10 gram Na₂SO₄ in 135 gram water van 298C leidt tot een temperatuursverhoging van 0.189 graden. De calorimeter heeft een temperatuur constante van 330 J/K. $C_p = 4.2$ J/K.g (vloeibaar water) Bereken de energy die vrijkomt bij het oplossen van 1 mol Na₂SO₄. ($M_w = 142$ gram/mol)

- A. - 2.41 kJ/mol.
- B. - 1.52 kJ/mol.
- C. 2.41 kJ/mol.
- D. 1.52 kJ/mol.

$$\Delta H = \Delta T (m_{\text{water}} C_{v,\text{water}} + C_{pc}) / (n/M_w)$$

$$\Delta H = 0.189 (135 \times 4.2 + 330) / (10/142) = -2.41 \text{ kJ/mol}$$

Vraag 22: De warmtecapaciteit van waterstof verandert nauwelijks met de temperatuur. Dit betekent dat bij verwarming van dit gas:

- A. Er alleen een redistributie over de translationele energieniveaus plaatsvindt
- B. Er een redistributie van de translationele naar de vibratoire energieniveaus plaatsvindt
- C. Er een redistributie van de vibratoire naar de elektronische energieniveaus plaatsvindt
- D. Er geen redistributie over de translationele energieniveaus plaatsvindt

Vraag 23: Het verschil tussen $\Delta U_{\text{reactie}}$ en $\Delta H_{\text{reactie}}$ is in het algemeen klein omdat

- A. De PV arbeid tijdens een reactie relatief groot is ten opzichte van de reactiewarmte
- B. De PV arbeid tijdens een reactie relatief klein is ten opzichte van de reactiewarmte
- C. De reactiewarmte relatief klein is ten opzichte van C_p
- D. De reactiewarmte relatief klein is ten opzichte van C_v

Vraag 24: Een installateur wil een 250 gram zware koperen kraan van 260 C snel afkoelen door deze in een thermische geïsoleerd bakje met 300 ml water bij 20 C te brengen. Wat is de eindtemperatuur van het bakje water nadat thermisch evenwicht is bereikt?

$C_{p,m} = 24.4 \text{ J/K.mol}$ (koper), $C_p = 2.1 \text{ J/K.g}$ (ijs), $C_p = 4.2 \text{ J/K.g}$ (vloeibaar water), en $M(\text{koper}) = 63.55 \text{ g/mol}$.

Opmaken balans van adiabatisch proces: Afkoelen kraan en opwarmen water in bakje:

$$M_k C_{pk} (T_f - 260) = -m_w C_{pw} (T_f - 20)$$

$$T_f = (M_k C_{pk} \times 260 + m_w C_{pw} \times 20) / (M_k C_{pk} + m_w C_{pw})$$

$$T_f = (250/63.55 \times 24.4 \times 260 + 300 \times 4.2 \times 20) / (250/63.55 \times 24.4 + 300 \times 4.2)$$

$$T_f = (24957 + 25200) / (95.99 + 1260) = 37$$

- A. >100 °C.
- B. 21.8 °C.
- C. 39.8 °C.
- D. 37.0 °C.

Vraag 25: Een negatieve Joule-Thomson coëfficiënt

- A. geeft aan dat de 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 26: Bij een isobare uitzetting van een ideaal gas is

- A. De enthalpieverandering nul
- B. De interne energie verandering $C_p\Delta T$
- C. De interne energie verandering $C_v\Delta T$
- D. De interne energie verandering nul

Vraag 27: Gegeven de reactie: $\text{CO (g)} + 0.5 \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{(g)}$, hoeveel mol O_2 is er nodig om 80 L CO_2 te maken bij $T = 48 \text{ }^\circ\text{C}$ en $P = 4 \text{ bar}$?

- A. 1.5
- B. 3
- C. 6
- D. 12

$$pV = nRT$$

$$n_{\text{CO}_2} = pV / RT$$

$$n_{\text{O}_2} = 0.5n_{\text{CO}_2}$$

$$n_{\text{O}_2} = 0.5 (4 \cdot 10^5 \cdot 80 \cdot 10^{-3}) / (8.314 \cdot 323) = 5.958.. = 6$$

Vraag 28: Een mol gas wordt in een adiabatiscie cilinder samengedrukt in twee stappen. Van 20 liter tot 10 liter met een externe druk van 3 bar in de eerste stap, en van 10 tot 5 liter met een externe druk van 6 bar in de tweede stap. ΔU van dit proces is

- A. 0 J
- B. $> 0 \text{ J}$
- C. $< 0 \text{ J}$
- D. niet te berekenen, omdat de temperatuur niet gegeven is.

$$q = 0 \Rightarrow \Delta U = w$$

$$w = (-p\Delta V)_1 + (-p\Delta V)_2$$

$$\Delta V = V_{\text{eind}} - V_{\text{begin}} < 0$$

$$\text{Dus } \Delta U = w > 0$$

Vraag 29: Bij constante druk en 500K geldt dat de reactie-enthalpie

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

Vraag 30: In a Joule Thomson koelmachine maken we gebruik van de eigenschappen van

- A. Een willekeurig gas

- B. Een niet-ideaal gas
- C. Een niet-ideaal gas waarvan de aantrekkende krachten domineren
- D. Een niet-ideaal gas waarvan de afstotende krachten domineren

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	$\eta_r = \frac{q_{\text{cold}}}{w} = \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}$
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	$\Delta G_{\text{mix}} = nRT \sum_i x_i \ln x_i$

De Joule Thomson coefficient is:

$$\mu_{J-T} = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_H$$

Voor een ideaal gas geldt:

$$\Delta S = -nR \ln \frac{P_f}{P_i} + nC_{P,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$$

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_f}{V_i} + nC_{V,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$$