

TOETS CTD voor 1^{ste} jaars MST

(4051CHTHEY)

1 maart 2016

13.30-15.00 uur

Docenten: L. de Smet, 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: In een ideaal gas zien we niet-ideale effecten

- 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 niet-ideaal gas is

- A. 0.
- B. onafhankelijk van het molaire volume.
- C. onafhankelijk van de temperatuur.
- 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

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

Vraag 4: In een niet-ideaal gasmengsel

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

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

- A. $q \neq 0$, $\Delta U \neq 0$, $\Delta S = \text{neg.}$
- 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: Als ik de reversibele expansie van een ideaal gas bij constante temperatuur vergelijk met de irreversibele expansie bij constante temperatuur dan geldt voor het systeem gas:

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

Vraag 7: Wat zijn de waarden van ΔU and ΔH als 1.00 mol van een ideaal gas verwarmd wordt van 300 tot 400 K bij een constante druk van 1 bar?

Gegeven $C_{V,m} = (3/2) R$.

- A. $\Delta U = -1.25$ kJ en $\Delta H = -2.08$ kJ.
- B. $\Delta U = 1.25$ kJ en $\Delta H = 0.42$ kJ.
- C. $\Delta U = 1.25$ kJ en $\Delta H = 2.08$ kJ.
- D. $\Delta U = -1.25$ kJ en $\Delta H = -0.42$ kJ.

Vraag 8: Bij een reversibele adiabatiese 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. $q = 0$ en $\Delta S = 0$.

Vraag 9: Bereken van een constante druk gastermometer (Charles, volume verandert met de temperatuur) met een buisradius van 1 cm waarin 2 mol gas, wat de verplaatsing van de meniscus is als de temperatuur stijgt van 300 naar 400 Kelvin, bij een externe druk van 1 bar.

$$PV=nRT$$

$$P(V_1-V_2)=nR(T_1-T_2)$$

$$10^5 \cdot \pi (1 \cdot 10^{-2})^2 (L_1 - L_2) / (2 \times 8.3 \times 100) = 1$$

$$L_1 - L_2 = 1660 / (31.41) = 52.9$$

- A. $\Delta l = 52.9$ cm
- B. $\Delta l = 52.9$ m
- C. $\Delta l = 26.5$ m
- D. $\Delta l = 5.29$ mm

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 kracht.
- D. 'b' een maat voor de aantrekkende potentiaal.

Vraag 11: Als de warmtecapaciteit van een stof toeneemt met de temperatuur, mogen we concluderen dat

- A. er een constant aantal vrijheidsgraden thermisch geëxciteerd kan worden.
- B. het aantal vrijheidsgraden dat geëxciteerd kan worden, geleidelijk toeneemt met de temperatuur.
- C. de interne energie van de stof niet afhangt van de temperatuur.
- D. de entropie van deze stof niet afhangt van de temperatuur.

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 het 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 adiabatiscne wanden.
- D. net zoveel warmte als aan het systeem wordt onttrokken als arbeid aan het systeem wordt toegevoegd.

Vraag 13: Gegeven de volgende reactie-enthalpieen

- $B_2O_3 (s) + 3H_2O (g) \rightarrow 3O_2 (g) + B_2H_6 (g)$ ($\Delta H = 2035 \text{ kJ/mol}$)
- $H_2O (l) \rightarrow H_2O (g)$ ($\Delta H = 44 \text{ kJ/mol}$)
- $H_2 (g) + (1/2)O_2 (g) \rightarrow H_2O (l)$ ($\Delta H = -286 \text{ kJ/mol}$)
- $2B (s) + 3H_2 (g) \rightarrow B_2H_6 (g)$ ($\Delta H = 36 \text{ kJ/mol}$)

Dan is de reactie enthalpie van de reactie $2B (s) + (3/2) O_2 (g) \rightarrow B_2O_3 (s)$ gelijk aan:

- $B_2H_6 (g) + 3O_2 (g) \rightarrow B_2O_3 (s) + 3H_2O (g)$ ($\Delta H = -2035 \text{ kJ/mol}$)
- $3H_2O (g) \rightarrow 3H_2O (l)$ ($\Delta H = -132 \text{ kJ/mol}$)
- $3H_2O (l) \rightarrow 3H_2 (g) + (3/2) O_2 (g)$ ($\Delta H = 858 \text{ kJ/mol}$)
- $2B (s) + 3H_2 (g) \rightarrow B_2H_6 (g)$ ($\Delta H = 36 \text{ kJ/mol}$)

Adding these equations and canceling out the common terms on both sides, we get

- $2B (s) + (3/2) O_2 (g) \rightarrow B_2O_3 (s)$ ($\Delta H = -1273 \text{ kJ/mol}$)

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

Vraag 14: De enthalpie van een ideaal gas is alleen afhankelijk van T en niet van P of V , omdat in een ideaal gas

- A. de druk geen effect heeft op de bindingen tussen de moleculen.
- B. de druk wel een effect heeft op de bindingen tussen de moleculen.
- C. de temperatuur geen effect heeft op de kinetische energie van de moleculen.
- D. de temperatuur geen effect heeft op de vibratoire energie van moleculen.

Vraag 15: Als we 5 mol van een ideaal gas met een druk van 5 bar bij een constante temperatuur van 300 K tegen een constante buitendruk en van 2 bar irreversibel laten uitzetten bij constante temperatuur totdat het volume is verdubbeld, dan geldt voor het gas:

$$W = -PdV = -2 \cdot 10^5 dV, V_1 = nRT/P = 5 \times 8.3 \times 300 / (5 \cdot 10^5) = 0.025 \text{ m}^3 \quad V_2 - V_1 = 0.025$$

- A. $w = -12.5 \text{ kJ}$.
- B. $w = -5.0 \text{ kJ}$.
- C. $w = -10 \text{ kJ}$.
- D. $w = -20 \text{ kJ}$.

Vraag 16: Gegeven de condities van de vorige vraag, wat is dan de waarde van ΔS van het gas?

$\Delta S = nR \ln 2 = 28.8$; volume verandering bij constante temperatuur, begin/eindtoestand bekend

- A. $\Delta S = 28.8 \text{ J/K}$.
- B. $\Delta S = -28.8 \text{ J/K}$.
- C. $\Delta S = 0$.
- D. ΔS kan ik niet bepalen want het is een irreversibel proces.

Vraag 17: Bereken op basis van de getabelleerde standaardwaardes de reactie-enthalpie bij 475.0K van: $\text{CO (g)} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{(g)}$

$\Delta H^\circ = -283 \text{ kJ/mol}$
 ΔC_p termen som = -4.1 kJ/mol

	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. $\Delta H_{rx}(475) = -279 \text{ kJ/mol}$.
- B. $\Delta H_{rx}(475) = -623 \text{ kJ/mol}$.
- C. $\Delta H_{rx}(475) = +521 \text{ kJ/mol}$.
- D. $\Delta H_{rx}(475) = -287 \text{ kJ/mol}$.

Vraag 18: Voor een gesloten en geïsoleerd systeem is de inwendige energie

- A. constant.
- B. minimaal.
- C. maximaal.
- D. een toenemende functie.

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

- A. N (g).
- B. N₂ (g).
- C. N₂⁺ (g).
- D. N (g), N₂ (g) en N₂⁺ (g).

Vraag 20: 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 $C_p(T)/T$ *niet* 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 21: "Water gas" is een industriële brandstof bestaande uit een mengsel van CO en H₂. Bij verbranding ontstaat CO₂ en waterdamp. Bepaal de enthalpie van de verbrandingsreactie uitgaande van 1 mol CO en 1 mol H₂ gegeven de volgende vormingsenthalpieën:

CO ₂ (g)	-393.5 kJ/mol
H ₂ O(g)	-241.8 kJ/mol

en gegeven het feit dat bij de verbranding van 1 mol CO 283 kJ vrijkomt.

- A. -141.8 kJ/mol.
- B. -341.8 kJ/mol.
- C. -644.8 kJ/mol.
- D. **-524.8 kJ/mol.**

Vraag 22 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 23: In een Carnot cyclus is

- A. de geleverde arbeid nul.
- B. de toegevoerde warmte nul.
- C. de verandering in U nul.**
- D. de verandering in H niet nul.

Vraag 24: 2 gram ijs van -10°C wordt aan 100 gram vloeibaar water van 80°C toegevoegd bij 1 bar druk in een geïsoleerde container. Bereken de temperatuur van het systeem als thermisch evenwicht is bereikt.

$C_p = 2.1 \text{ J/K.g}$ (ijs), $C_p = 4.2 \text{ J/K.g}$ (vloeibaar water), $\Delta H = 333.5 \text{ J/g}$ (smeltwarmte ijs) en $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$.

$$2\text{gram} \times 10\text{graden} \times 2.1 + 2\text{gram} \times 333.5\text{J} + 2\text{gram} \times (T) \times 4.2 + 100 \times 4.2 \times (T - 80) = 0$$
$$40.2 + 667 + 8.4 \times (T) + 420 \times (T - 80) = 0 \Rightarrow 40.2 + 667 + 8.4T + 420T - 33600 = 0$$

$$428.4T = 32892 \text{ dus } T = 77$$

- A. 7 °C.
- B. 47 °C.
- C. 67 °C.
- D. 77 °C.**

Vraag 25: Een negatieve 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 26: Voor welke van de volgende stoffen is de standaard enthalpie van vorming 0 kJ/mol?

- A. H₂O (g).
- B. H⁺ (l) en OH⁻ (l).
- C. H₂ (g).
- D. H₂O (g) en H₂ (g).

Vraag 27: Gegeven de reactie: CO (g) + 0.5 O₂ (g) → CO₂ (g), hoeveel mol O₂ is er nodig om 80 L CO₂ te maken bij T = 48 °C en P = 4 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 adiabatische 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 J
- C. < 0 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: 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.

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	$\eta_{\text{hp}} = \frac{q_{\text{ab}}}{w} = \frac{T_{\text{hot}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}$
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:

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

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