

# **TOETS CTD voor 1<sup>ste</sup> jaars MST**

(4051CHTHEY)

**4 maart 2019**

**9.00-12.00 uur; DW-TZ 1**

Docenten: T. Savenije, B. Dam

- Dit tentamen bestaat uit 20 multiple-choice vragen en twee open vragen.
- Met de multiple choice vragen is 20 punten te verdienen
- Voor elke fout wordt 1 punt afgetrokken.
- De open vragen leveren elk 10 punten op
- Het cijfer voor deze toets is gelijk aan het aantal behaalde punten gedeeld door 4.
- 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!**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
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

<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
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: Als ik een ideaal gas reversibel isotherm comprimeer dan geldt voor dit systeem:**

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

**Vraag 2: Als ik een ideaal gas bij constante druk 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 3: Als ik een ideaal gas irreversibel isotherm comprimeer dan geldt voor dit systeem:**

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

**Vraag 4: Bij een irreversibele expansie van een ideaal gas bij externe constante druk zal de entropie van dit gas**

- A. **S toenemen**
- B. S afnemen
- C. S gelijk blijven
- D. S gelijk zijn aan  $q_{\text{rev}}$

**Vraag 5: Thermodynamisch beschrijven we een thermoskan als een**

- A. Gesloten systeem
- B. Open systeem
- C. **Geïsoleerd systeem**
- D. Dicht systeem

**Vraag 6: Een hoeveelheid ideaal gas gaat zich niet-ideaal gedragen**

- A. Als ik de temperatuur verlaag
- B. Als ik de druk verlaag
- C. **Als ik het volume verlaag**
- D. Als ik het volume vergroot

**Vraag 7: Bij de electrolyse van water wordt alle aan het systeem toegevoerde arbeid**

- A. Volledig omgezet in de conversie van water naar  $H_2$  en  $O_2$
- B. Volledig omgezet in de expansie van het gevormde  $H_2$  en  $O_2$
- C. **deels omgezet in de conversie van water naar  $H_2$  en  $O_2$**
- D. volledig omgezet in warmte

**Vraag 8: Bij de expansie van een ideaal gas tegen een constante buitendruk is**

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

**Vraag 9: De drukafhankelijkheid van de enthalpie van een ideaal gas is**

- A. 0.
- B. positief
- C. negatief
- D. alle antwoorden (A,B,C) zijn mogelijk

**Vraag 10: Als ik de reversibele compressie van een ideaal gas bij constante temperatuur vergelijk met de irreversibele compressie bij constante temperatuur dan geldt**

- A. Dat bij de irreversibele compressie het gas minder warm wordt dan bij de reversibele compressie
- B. Dat de irreversibele compressie meer arbeid kost dan de reversibele compressie
- C. Dat de irreversibele compressie minder arbeid kost dan de reversibele compressie
- D. Dat bij de irreversibele compressie minder warmte vrijkomt dan bij de reversibele compressie

**Vraag 11: 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 12: Het teken van de JouleThomson coefficient van een moleculair gas hangt af van**

- A. de balans tussen de aantrekkende en afstotende krachten *tussen* de moleculen.
- B. de balans tussen de aantrekkende en afstotende krachten *binnen* de moleculen
- C. de warmtecoëfficiënt  $C_p$  van de moleculen.
- D. de warmtecoëfficiënt  $C_v$  van de moleculen.

**Vraag 13: De drukafhankelijkheid van de enthalpie van een vaste stof zal in het algemeen positief zijn, want**

- A. een vaste stof heeft een positief molair volume
- B. een vaste stof heeft een positieve warmte coëfficiënt  $C_p$
- C. een vaste stof heeft een positieve Joule Thomson coëfficiënt
- D. een vaste stof heeft een negatieve Joule Thomson coëfficiënt

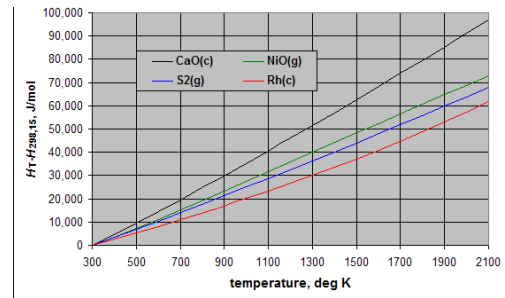
**Vraag 14: Voor welke van de volgende stoffen is de standaard enthalpie van vorming 0 kJ/mol?**

- A.  $H_2O$  (g).
- B.  $H_2O$  (l).
- C.  $O_2$  (g).

D. O (g)

**Vraag 15: De geringe kromming die je ziet in bijgaande grafiek van  $H(T) - T(298\text{ K})$  tegen de temperatuur (T) is gelijk aan**

- A.  $C_p(T)$
- B.  $C_p(T)/T$
- C. De afgeleide van  $C_p(T)$  naar T
- D. De afgeleide van  $C_p(T)/T$



**Vraag 16: Als een niet-ideaal gas een reversibele cyclus heeft doorlopen zal**

- A. De entropie S van het gas zijn toegenomen
- B. De entropie S van het gas zijn afgenomen
- C. De entropie S van het gas onveranderd zijn
- D. De entropie S van het gas gelijk zijn aan  $q_{\text{reversibel}}$

**Vraag 17: Als de Joule-Thomson coefficient van een gas nul is, zal**

- A. De temperatuur van dat gas bij een isenthalpische expansie toenemen
- B. De temperatuur van dat gas bij een isenthalpische expansie afnemen
- C. De temperatuur van dat gas bij een isenthalpische expansie gelijk blijven
- D. De temperatuur van dat gas bij een isenthalpische expansie eerst toenemen en daarna afnemen

**Vraag 18: De verdampingsenthalpie van Fe (l)**

- A. Is gelijk aan de enthalpie van sublimatie van Fe(s) minus de smeltenthalpie van Fe (s)
- B. Is gelijk aan de enthalpie van sublimatie van Fe(s) plus de smeltenthalpie van Fe (s)
- C. Is gelijk aan de enthalpie van sublimatie van Fe(s)
- D. Is gelijk aan de smeltenthalpie van Fe(s)

**Vraag 19: Als bij een chemische reactie het aantal reactante gas molekulen gelijk is aan het aantal geproduceerde gasmolekulen, dan**

- A. Zal van die reactie  $\Delta U_R = 0$
- B. Zal van die reactie  $\Delta S_R = 0$
- C. Zal van die reactie  $\Delta H_R = 0$
- D. Zal van die reactie  $\Delta U_R = \Delta H_R$

**Vraag 20: Als ik een Carnot cyclus reversibel heb doorlopen is**

- A. De netto geleverde arbeid kleiner dan de opgenomen arbeid
- B. De netto geleverde arbeid groter dan de opgenomen arbeid
- C. De netto geleverde entropie groter dan de opgenomen entropie
- D. De netto geleverde entropie kleiner dan de opgenomen entropie

## 21. Het gedrag van CO<sub>2</sub> ideaal gas

In een cilinder met een inhoud van 0.50 dm<sup>3</sup> zit 10 gram CO<sub>2</sub>. De warmte capaciteit van het gas vanaf het kookpunt tot 500 K is gegeven door  $C_p^\circ = 37.1$  (J/(mol·K));  $\mu_{(J-T)}$  (K/MPa) = 10.9;  $P_{\text{ext}} = 1.0$  bar.

a) Bereken de druk in de cilinder, waarbij je mag aannemen dat het gas zich ideaal gedraagt.

11.3 bar

b) We laten het gas reversibel en adiabatisch expanderen tot een eindvolume van 2.5 dm<sup>3</sup>. Bereken de uiteindelijke temperatuur.

188.5K

c) Bereken de verandering in interne energie,  $\Delta U$  van het gas. Als je in b) het antwoord niet hebt gevonden neem je een eindtemperatuur van 200 K aan.

-728J

d) Bepaal de hoeveelheid arbeid die is verricht door het ideale gas.

-728J

e) Bereken de verandering in enthalpie van het ideale gas.

-939J

## Vraag 22

Gegeven de volgende reacties met de reactie-enthalpie gemeten onder standaard omstandigheden:



Heat capacities J/mol.K	
Fe	$C_p = 25.1$
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$C_p = 103.3$
$\text{O}_2$	$C_p = 30.5$
$\text{CO}_2$	$C_p = 37.4$
CO	$C_p = 27.8$

- a) Bereken de standaard vormingsenthalpie van CO(g)
- $-393 - (-283) = -110 \text{ kJ/mol}$
- b) Bereken de standaard vormingsenthalpie van  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$
- $-330 - X = 493 \text{ kJ/mol}$ , daaruit volgt  $X = \Delta H_f^\circ = -823 \text{ kJ/mol}$
- c) Bereken de vormingsenthalpie van  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  bij 1000K en 1 bar waarbij je mag aannemen dat er over het temperatuurtraject geen veranderingen in fase optreden van de reactanten en producten.
- $\Delta H_f^\circ = -823 \text{ kJ/mol}$
  - $\Delta H_r(1000 \text{ K}) = -823 \text{ kJ/mol} + (1000-298) \cdot (103 - 2 \times 25.1 - 1.5 \times 30.5)$
  - $\Delta H_r(1000 \text{ K}) = -823 \text{ kJ/mol} + 702 \cdot 7.1$
  - $\Delta H_r(1000 \text{ K}) = -823 \text{ kJ/mol} + 4,98 = -818 \text{ kJ/mol}$

## 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	$\Delta S = \frac{\text{d}q_{rev}}{T}$
Enthalpy	$H = U + PV$
Gibbs free energy	$G = H - TS = U + PV - TS$
Volume expansion	$w = - \int_{V_i}^{V_f} P_{external} \text{d}V$
Heat capacity	$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q}{T_f - T_i} = \frac{\text{d}q}{\text{d}T}$ $C_V = \frac{\text{d}q_V}{\text{d}T} = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$ $C_P = \frac{\text{d}q_P}{\text{d}T} = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_P = C_V + TV \frac{\beta^2}{\kappa}$ $C_P - C_V = nR$
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	$\kappa = - \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$
Potential energy	$E_{pot} = mgh$
Carnot efficiency	$\epsilon = \frac{ \omega_{cycle} }{q_{ab}} = \frac{T_{hot} - T_{cold}}{T_{hot}}$
Coefficient of performance heat pump	$\eta_{hp} = \frac{q_{hot}}{\omega} = \frac{T_{hot}}{T_{hot} - T_{cold}}$
Coefficient of performance Carnot fridge	$\eta_r = \frac{q_{cold}}{\omega} = \frac{T_{cold}}{T_{hot} - T_{cold}}$
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 of mixing	$\Delta G_{mix} = nRT \sum_i x_i \ln x_i$
Joule Thomson coefficient	$\mu_{J-T} = \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_H$
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	$\ln K_P(T_f) = \ln K_P(T_i) - \frac{\Delta H_R^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i} \right)$
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 <sub>bp</sub> elevation and T <sub>mp</sub> 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	$1 \times 10^5 \text{ Pa}$
Standard temperature	T = 25 °C	298.15 K
Room temperature	T = 20 °C	293.15 K

