



Klausur- vorbereitung

***Wie beschreibt man
ein ideales Gas
makroskopisch?***

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$p_i = y_i \cdot p_{tot}$$

$$C_p - C_V = nR$$

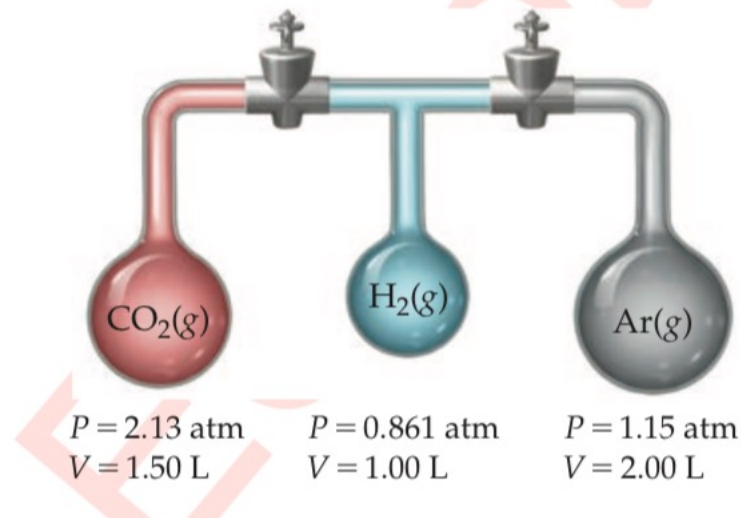
9. The apparatus shown consists of three bulbs connected by stopcocks. What is the pressure inside the system when the stopcocks are opened? Assume that the lines connecting the bulbs have zero volume and that the temperature remains constant. (LO 10.3, 10.7)

(a) 1.10 atm

(b) 1.73 atm

(c) 4.14 atm

(d) 1.41 atm





Klausur- vorbereitung

***Wie beschreibt man
ein ideales Gas
mikroskopisch?***

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8 k T}{\pi m}}$$

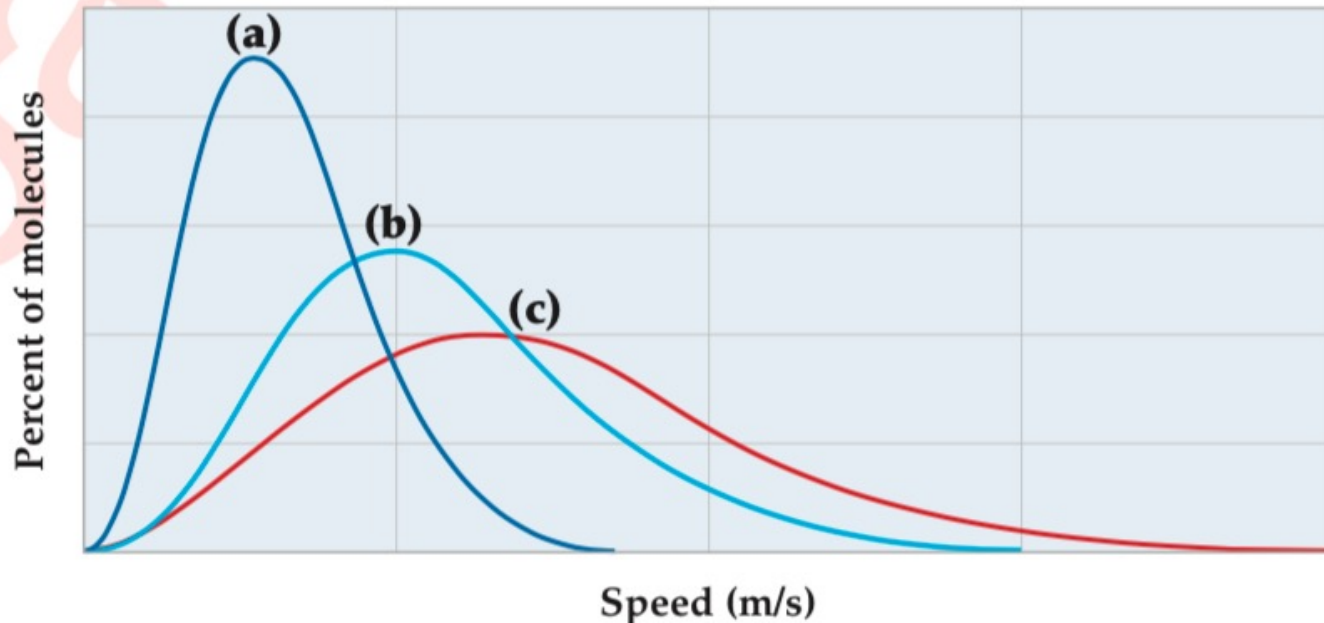
$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \frac{N}{V} \cdot \sigma} \quad \langle E_{trans} \rangle = \frac{3}{2} k T$$

10. A mixture of chlorine, hydrogen, and oxygen gas is in a container at STP. Which curve represents oxygen gas? (LO 10.8)

(a) Curve (a)

(b) Curve (b)

(c) Curve (c)





Klausur- vorbereitung

***Wie beschreibt man
konduktiven
Transport?***

$$\frac{dq}{A dt} = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

$$\lambda = \frac{25\pi}{64} \bar{c}_V \frac{n}{V} \bar{\lambda} \bar{v}$$

$$\frac{dn}{A dt} = -D \frac{dc}{dx}$$

$$D = \frac{3\pi}{16} \bar{\lambda} \bar{v}$$

$$\frac{d(mv_y)}{A dt} = -\eta \frac{dv_y}{dx}$$

$$\eta = \frac{5\pi}{32} m \frac{N}{V} \bar{\lambda} \bar{v}$$



Klausur- vorbereitung

$$\frac{p_c \cdot \bar{V}_c}{R \cdot T_c} = \frac{3}{8}$$

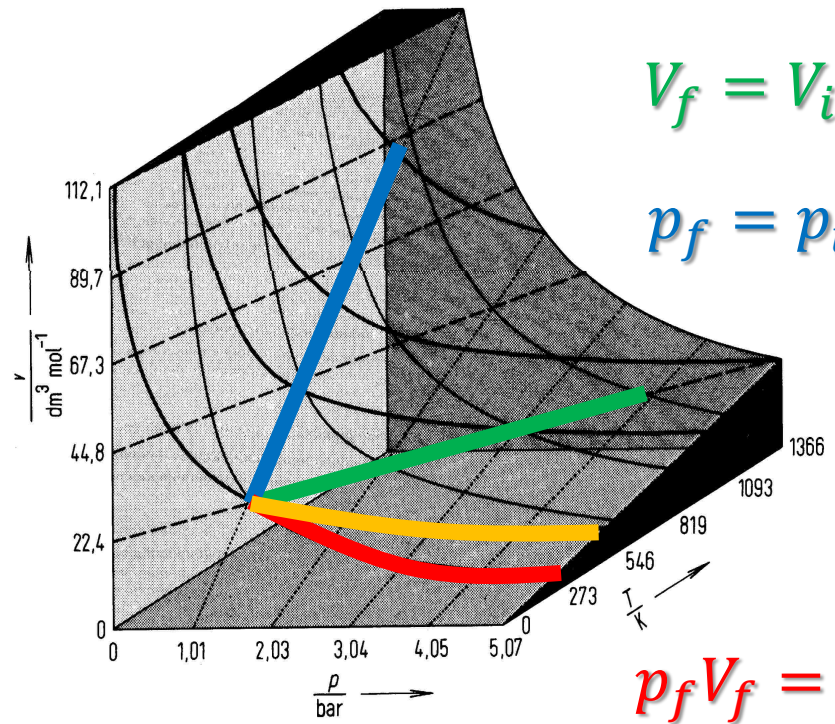
$$p = \frac{RT}{\bar{V} - b} - \frac{a}{\bar{V}^2}$$

***Was passiert am
kritischen Punkt?***



Klausur- vorbereitung

**Wie berechnet man
Druck-
Volumenarbeit?**





Klausur- vorbereitung

***Isotherm oder
adiabatisch?***

$$dw_{pV} = -p_{ex}dV$$

$$dU = dq + dW$$

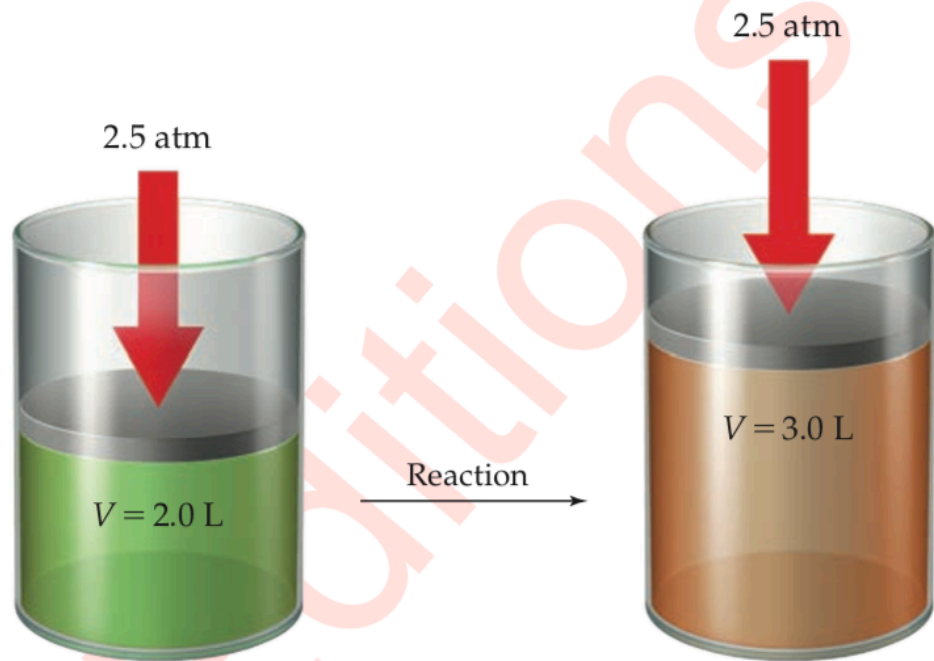
$$p_f V_f = p_i V_i$$

$$w_{isoth,rev} = -nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

$$p_f V_f^\kappa = p_i V_i^\kappa$$

$$w_{adia,rev} = C_V \Delta T$$

► **CONCEPTUAL APPLY 9.2** How much work is done in kilojoules, and in which direction, as a result of the following reaction?





Klausur- vorbereitung

***Idealer
Wirkungsgrad?***

$$\eta = \frac{-W_{rev}}{q_1}$$

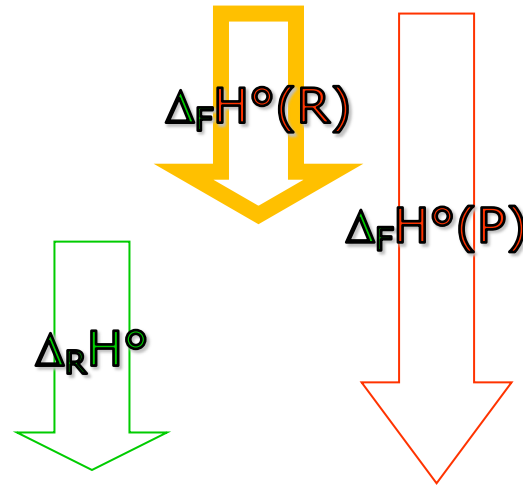
$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$



$$\Delta_{Rxn}H^\circ = \Delta_{F}H^\circ(P.) - \Delta_{F}H^\circ(R.)$$

Klausur- vorbereitung

***Wie viel Wärme wird
bei chemischen
Reaktionen frei?***



$$\Delta_{Rxn}S^\circ = S^\circ(P.) - S^\circ(R.)$$



Klausur- vorbereitung

$$\Delta_{T_1 \rightarrow T_2} H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$\Delta_{s \rightarrow l} H = H_l - H_s$$

$$\Delta_{Rct} H^\circ = \Delta_F H^\circ(Pro.) - \Delta_F H^\circ(Rct.)$$

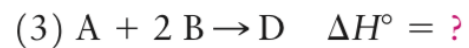
***Ist die Enthalpie mit
uns?***

ideale Systeme:

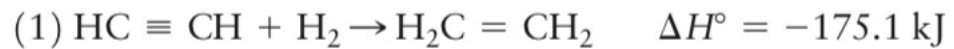
$$\Delta_{V_1 \rightarrow V_2} H = 0$$

9.38 The reaction of A with B to give D proceeds in two steps:

RAN

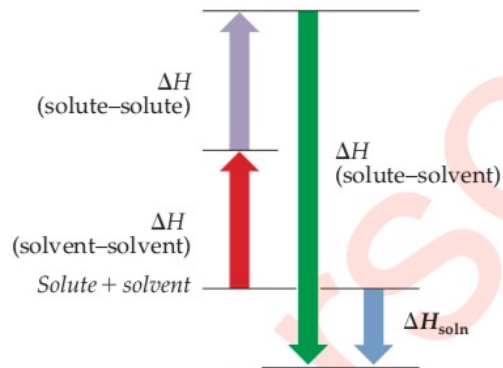


9.39 Acetylene, C_2H_2 , reacts with H_2 in two steps to yield ethane, CH_3CH_3 :

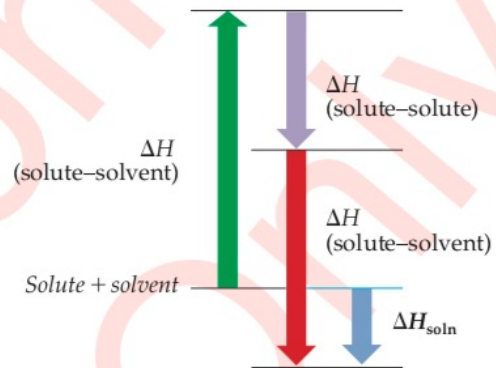


2. When lithium chloride dissolves in water, the temperature of the solution increases. Which diagram represents the enthalpy changes of the steps in the solution-making process? (LO 13.2)

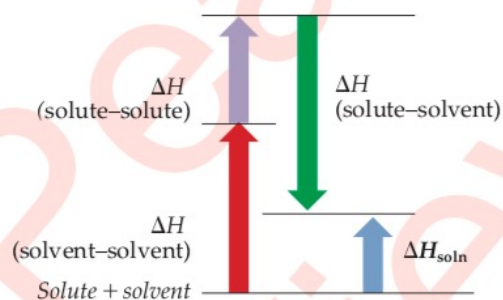
(a)



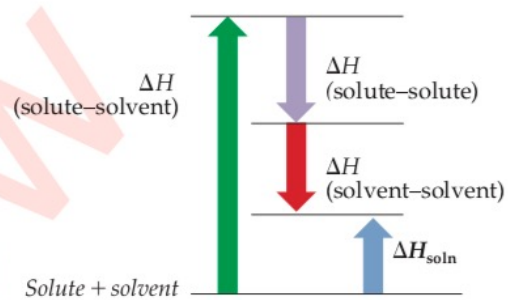
(b)



(c)



(d)





Klausur- vorbereitung

***Ist die Entropie mit
uns?***

$$\Delta_{T_A \rightarrow T_E} S_p = \int_{T_A}^{T_E} \frac{C_p dT}{T}$$

$$\Delta_{vap} S = \frac{q_{vap, rev}}{T_{vap}} = \frac{\Delta_{vap} H}{T_{vap}}$$

$$\Delta_{Rxn} S^\circ = S^\circ(\text{Pro.}) - S^\circ(\text{Rct.})$$

$$\Delta_{V_A \rightarrow V_E} S = n R \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

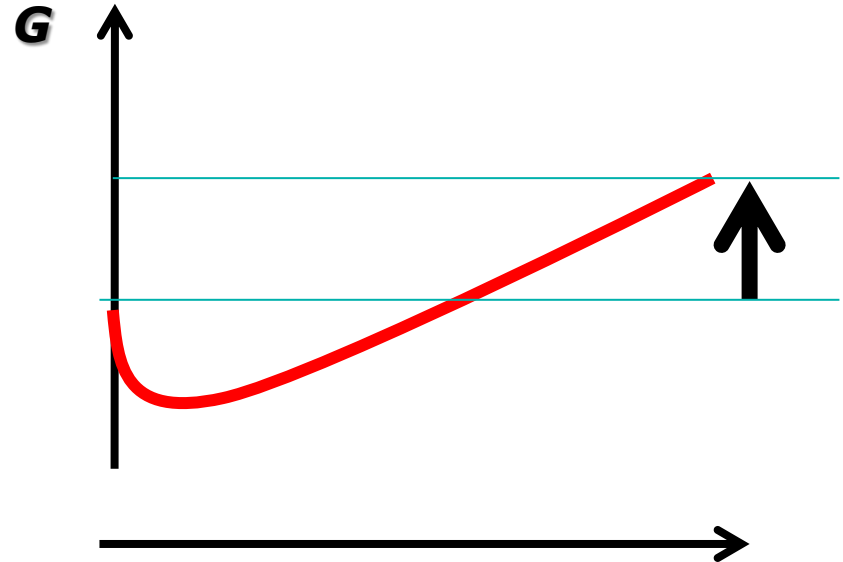


Klausur- vorbereitung

***Wo liegt das
Gleichgewicht?***

$$\Delta_R G^\circ = \Delta_R H^\circ - T \Delta_R S^\circ$$

$$\Delta_R G^\circ = -RT \ln \{K_{eq}\}$$



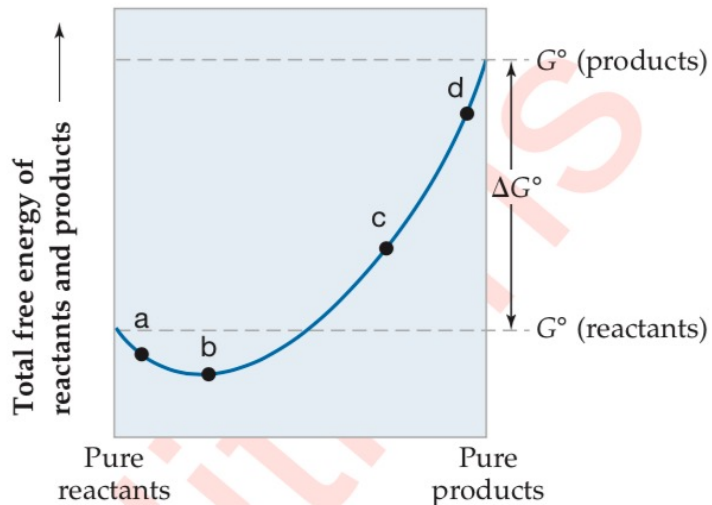
$$\ln K_{eq} = -\frac{\Delta_R H^\circ}{R} \frac{1}{T} + \frac{\Delta_R S^\circ}{R}$$



16. Consider the following graph of total free energy of reactants and products versus reaction progress for the general reaction, Reactants \longrightarrow Products.

At which of the four points (labeled a , b , c , and d) is $Q < K$? (LO 18.16)

- (a) Point a
- (b) Points c and d
- (c) Points a, c, and d
- (d) Point b



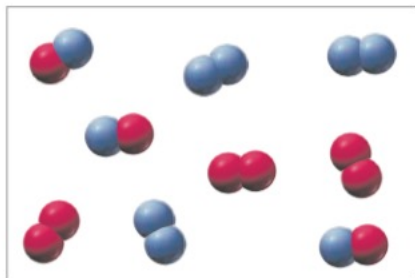
Answers:

▶ **CONCEPTUAL APPLY 18.16** Consider the following gas-phase reaction of A_2 (red) and B_2 (blue) molecules:

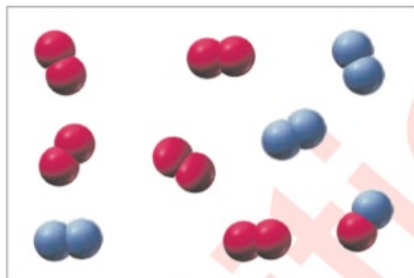


(a) Which of the following reaction mixtures has the largest ΔG of reaction? Which has the smallest?

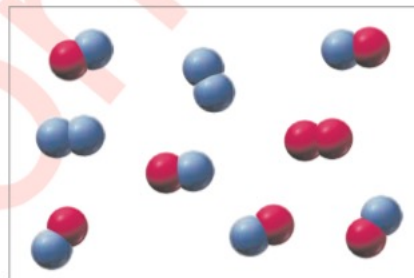
(1)



(2)



(3)



(b) If the partial pressure of each reactant and product in reaction mixture 1 is equal to 1 atm, what is the value of ΔG for the reaction in mixture 1?



Probeklausur

Aufgabe 1: Ideale Gase

Luft ist eine Mischung aus 78 Mol-% Stickstoff (N_2), 21 Mol-% Sauerstoff (O_2) und 1 Mol-% Argon (Ar). Die mittlere Molmasse von trockener Luft beträgt $29 \frac{g}{mol}$.

Daneben kann Luft noch ca. 1-2 Mol-% Wasserdampf (H_2O) enthalten.

a) Sind folgende Aussagen **richtig** oder **falsch**?

- I Die Dichte von Luft mit hoher Luftfeuchtigkeit ist bei sonst gleichen Bedingungen ($0^\circ C$, 101 kPa) geringer als die Dichte von Luft mit niedriger Luftfeuchtigkeit.
- II Stickstoff diffundiert bei sonst gleichen Bedingungen ($0^\circ C$, 101 kPa) besser als Argon (d.h. Stickstoff besitzt eine höhere Diffusionskonstante).
- III Argon und Wasserdampf haben bei sonst gleichen Bedingungen ($0^\circ C$, 101 kPa) dieselbe Translationsenergie.

b) Berechnen Sie die **Dichte** ρ von trockener Luft bei $0^\circ C$ und 101 kPa .

c) Berechnen Sie die **mittlere Geschwindigkeit** $\langle v \rangle$ der Wasser-Moleküle ($M = 18 \frac{g}{mol}$) in der Luft.

d) Berechnen Sie die molare **Innere Energie der Translation** („thermische Energie“ U_{trans}) der Wasser-Moleküle in der Luft.

richtige Aussagen sind: (I) (II) (III)
falsche Aussagen sind: (I) (II) (III)
ρ
$\langle v \rangle$ (Stickstoff)
U_{trans} (Stickstoff)

6 Punkte, davon erreicht:

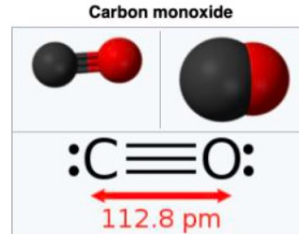
Wasser verhält sich in der Gasphase wie ein ideales Gas. Die Stoßquerschnitte aller Luftbestandteile sind in erster Näherung identisch.

Probeklausur

Aufgabe 2: Thermochemie

a) Skizzieren Sie ein **Enthalpiediagramm** (25°C, 100 kPa) mit folgenden 3 Niveaus:

- Gasförmiges Kohlenmonoxid:
 $\text{CO} (g)$
- Elemente, aus denen Kohlenmonoxid besteht:
 $\text{C}(s, \text{graphite}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g)$
- Atome, aus denen Kohlenmonoxid besteht: $\text{C}(g) + \text{O}(g)$



Enthalpiediagramm



Enthalpie Kohlendioxid:

Enthalpie Elemente:

Enthalpie Atome:

Bindungsenthalpie $\text{C}\equiv\text{O}$:

Verbrennungsenthalpie:

5 Punkte, davon erreicht:

b) Berechnen Sie die **Enthalpien** dieser 3 Niveaus aus Tabellenwerten (Anhang).

c) Berechnen Sie die **Bindungsenthalpie** der $\text{C}\equiv\text{O}$ Bindung im Kohlenmonoxid.

d) Berechnen Sie die **molare Verbrennungsenthalpie** $\Delta_{\text{com}}H^\circ$ von Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid.

$\text{CO} (g)$	$\Delta_f H^\circ = -110.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
	molare Standardbildungsenthalpie
$\text{CH}_4 (g)$	$\Delta_f H^\circ = -74.81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\text{C} (g)$	$\Delta_f H^\circ = 716.68 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\text{O} (g)$	$\Delta_f H^\circ = 249.17 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

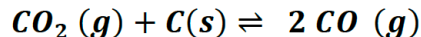


Probeklausur

Aufgabe 3: Thermodynamik

$C (s, \text{graphite})$	$\Delta_f H^\circ = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 5.74 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$CO (g)$	$\Delta_f H^\circ = -110.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 197.7 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$CO_2 (g)$	$\Delta_f H^\circ = -393.77 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 213.86 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$

Kohlendioxid kann mit elementarem Kohlenstoff zu Kohlendioxid reagieren:



- Berechnen Sie die molare **Reaktionsenthalpie** $\Delta_{rxn}H^\circ$, die molare **Reaktionsentropie** $\Delta_{rxn}S^\circ$ und die molare **freie Reaktionsenthalpie** $\Delta_{rxn}G^\circ$ bei 25°C.
- Ermitteln Sie die formale **Einheit** die thermodynamischen Gleichgewichtskonstante $[K_{eq}]$ (Massenwirkungsgesetz).
- Berechnen Sie die thermodynamische **Gleichgewichtskonstante** K_{eq} der Zersetzung bei 25°C.
- Hat die Reaktion eine **Floortemperatur oder eine Ceilingtemperatur**? Berechnen Sie diese.

$\Delta_{rxn}H^\circ =$
$\Delta_{rxn}S^\circ =$
$\Delta_{rxn}G^\circ =$
$[K_{eq}] =$
$K_{eq} =$
<i>Floortemperatur oder Ceilingtemperatur?</i>
<i>Floortemperatur oder Ceilingtemperatur:</i>



Probeklausur

Aufgabe 4: Volumenarbeit

1.00 mol Argon (ideales Gas; Ausgangsbedingungen: 25.0°C, 100 kPa) werden reversibel auf 4000 kPa komprimiert. Der Prozess erfolgt ideal adiabatisch; der POISSONScher Adiabatenkoeffizient von Argon beträgt $\kappa = 1.67$.

a) Welches **Volumen** V_f und welche **Temperatur** T_f hat das Gas nach dem Prozess?

b) Welche **isochore Wärmekapazität** C_V („Molwärme“) besitzt das Gas?

(Für ein ideales Gas gilt: $C_p - C_V = nR$; $\kappa = \frac{C_p}{C_V}$)?

c) Wie viel **Arbeit** w_{rev} wird für die adiabatische Kompression benötigt?

d) Skizzieren Sie den Prozess im nachfolgenden **pV-Diagramm** und markieren Sie darin die **Druck-Volumen-Arbeit**.

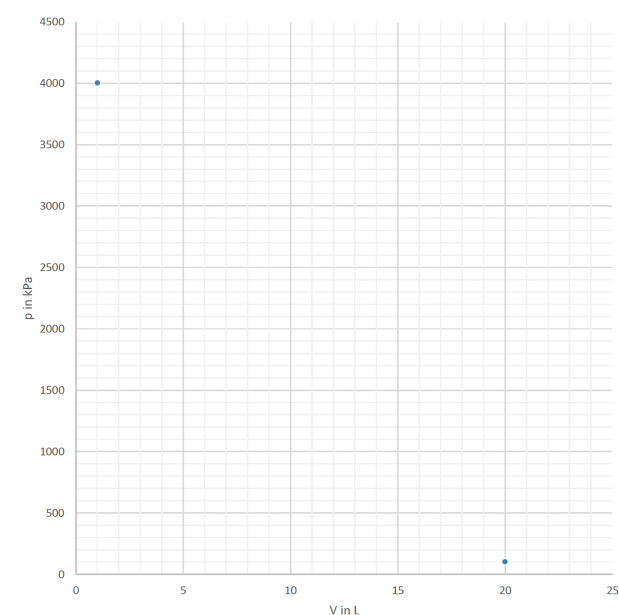
e) Sind folgende Aussagen **richtig** oder **falsch**?

I Die graphische Auftragung des Prozesse im pV-Diagramm ist eine Hyperbel.

II Arbeit wird in Wärme umgewandelt.

III Die Innere Energie des Gases bleibt konstant.

IV Die Entropie des Gases bleibt konstant.



$V_f =$	$T_f =$
$C_V =$	$w_{rev} =$
Richtig ist (I) (II) (III) (IV)	Falsch ist (I) (II) (III) (IV)



Musterklausur

Aufgabe 1: Kinetische Gastheorie



In einem Behälter befindet sich gasförmiges Ethanol (C_2H_5OH) bei $100^\circ C$ und 1 Pa.

- Berechnen Sie die **mittlere Geschwindigkeit** $\langle v \rangle$ der Ethanol-Moleküle.
- Berechnen Sie die **mittlere Translationsenergie** $\langle E_{trans} \rangle$ der Ethanol-Moleküle.

Ethanol (Stoffdaten siehe Anhang) verhält sich in der Gasphase wie ein ideales Gas.

Musterklausur

Aufgabe 4: Expansion eines idealen Gases

0.5 Liter Kohlendioxid (Ausgangsbedingungen: 25°C, 5 bar) werden reversibel auf 1 bar expandiert. Der Prozess erfolgt entweder ideal adiabatisch (I) oder ideal isotherm (II).

- Welches **Volumen** V_f und welche **Temperatur** T_f hat das Gas nach dem Prozess (I), wenn die Expansion **adiabatisch** erfolgt?
- Wie viel **Arbeit** w_{rev} wurde durch die adiabatische Expansion verrichtet?
- Welches **Volumen** V'_f und welche **Temperatur** T'_f hat das Gas nach dem Prozess, wenn die Expansion **isotherm** erfolgt?
- Wie viel **Arbeit** w'_{rev} wurde durch die isotherme Expansion verrichtet?

Poissonscher Adiabatenkoeffizient von Kohlendioxid (ideales Gas): 1.3

<i>adiabatisch</i>	<i>isotherm</i>
$V_f =$	$V'_f =$
$T_f =$	$T'_f =$
$w_{rev} =$	$w'_{rev} =$

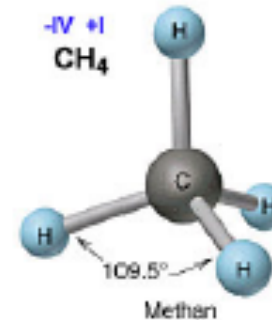
Musterklausur

	molare Standardbildungsenthalpie
$\text{CH}_4 (\text{g})$	$\Delta_f H^\circ = -74.81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\text{C} (\text{g})$	$\Delta_f H^\circ = 716.68 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\text{H} (\text{g})$	$\Delta_f H^\circ = 217.97 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\text{C} (\text{s, graphite})$	
$\text{H}_2 (\text{g})$	
$\text{H}_2\text{O} (\text{g})$	$\Delta_f H^\circ = -241.83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\text{N}_2 (\text{g})$	
$\text{NH}_4\text{NO}_3 (\text{s})$	$\Delta_f H^\circ = -365.6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\text{O}_2 (\text{g})$	

Aufgabe 6: Bildungsenthalpie und Bindungsenthalpie

a) Skizzieren Sie ein **Enthalpiediagramm** (25°C , 1 bar) mit folgenden 3 Niveaus:

- *Gasförmiges Methan: $\text{CH}_4 (\text{g})$*
- *Elemente, aus denen Methan besteht: $\text{C} (\text{s, graphite}) + 2 \text{H}_2 (\text{g})$*
- *Atome, aus denen Methan besteht: $\text{C} (\text{g}) + 4 \text{H} (\text{g})$*



b) Berechnen Sie die **Enthalpien** dieser 3 Niveaus aus Tabellenwerten (Anhang).

c) Berechnen Sie die **Bindungsenthalpie** einer C-H Bindung im Methan.

Musterklausur

Aufgabe 2: Mischphasen-Thermodynamik

Ethanol und Methanol bilden ideale Mischungen. In der Gasphase verhalten sich die beiden Stoffe wie ideale Gase.

In einem Behälter 1 befinden sich 1 mol gasförmiges Ethanol bei 100°C und 1 bar.

In einem Behälter 2 befinden sich 1 mol gasförmiges Methanol bei 100°C und 1 bar.

Beide Behälter werden verbunden und die Gase mischen sich.

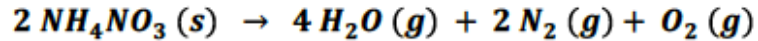
- a) Berechnen Sie die **Dichte ρ** der Mischung.
- b) Ist der Prozess **endotherm** oder **exotherm** (bitte ankreuzen)?
- c) Ist der Prozess **endotrop** oder **exotrop** (bitte ankreuzen)?
- d) Ist der Prozess **endergonisch** oder **exergonisch** (bitte ankreuzen)?

$\rho =$		
<i>endotherm</i>	<i>exotherm</i>	<i>weder endotherm noch exotherm</i>
<i>endotrop</i>	<i>exotrop</i>	<i>weder endotrop noch exotrop</i>
<i>endergonisch</i>	<i>exergonisch</i>	<i>weder endergonisch noch exergonisch</i>

Musterklausur

Aufgabe 3: chemische Thermodynamik

Ammoniumnitrat (NH_4NO_3 , $M = 80.043 \frac{g}{mol}$) kann sich explosionsartig zersetzen:



- Klassifizieren** Sie die Reaktion thermodynamisch (maximal 4x ankreuzen).
- Berechnen Sie die molare **Reaktionsenthalpie** $\Delta_{rxn}H^\circ$ für den angegebenen Formelumsatz (also die Zersetzung von 2 mol Ammoniumnitrat).
- Wie viel **Wärme** wird bei der isobaren Zersetzung von 1.00 kg Ammoniumnitrat bei 100 °C frei?
- Welches **Volumen** besitzen die Reaktionsprodukte, die aus 1.00 kg Ammoniumnitrat entstehen, bei 100 °C und 100 kPa (ideale Gase)?

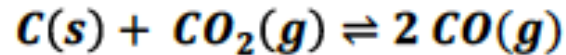
	molare Standardbildungsenthalpie	molare Standardentropie
$CH_4 (g)$	$\Delta_f H^\circ = -74.81 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 186.26 \frac{J}{mol K}$
$C (g)$	$\Delta_f H^\circ = 716.68 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 158.1 \frac{J}{mol K}$
$H (g)$	$\Delta_f H^\circ = 217.97 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 114.71 \frac{J}{mol K}$
$C (s, graphit)$		$S^\circ = 5.74 \frac{J}{mol K}$
$H_2 (g)$		$S^\circ = 130.684 \frac{J}{mol K}$
$H_2O (g)$	$\Delta_f H^\circ = -241.83 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 188.72 \frac{J}{mol K}$
$N_2 (g)$		$S^\circ = 191.5 \frac{J}{mol K}$
$NH_4NO_3 (s)$	$\Delta_f H^\circ = -365.6 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 151 \frac{J}{mol K}$
$O_2 (g)$		$S^\circ = 205.0 \frac{J}{mol K}$

<i>exochor</i>	<i>exotherm</i>	<i>exotrop</i>	<i>exergonisch</i>
<i>endochor</i>	<i>endotherm</i>	<i>endotrop</i>	<i>endergonisch</i>
molare Reaktionsenthalpie:			
Wärme:			
Volumen:			

Musterklausur

Aufgabe 3: Verschiebung von Gleichgewichten

Gegeben ist das BOUDOUARD-Gleichgewicht:



Bei 650 °C hat die thermodynamische Gleichgewichtskonstante den Wert $K_{eq} = 0.293$ bar

Bei 750 °C hat die thermodynamische Gleichgewichtskonstante den Wert $K'_{eq} = 2.638$ bar.

Ermitteln Sie aus diesen Daten (grafisch oder rechnerisch) die **molare**

Reaktionsenthalpie $\Delta_{rxn}H^\circ$.