

Übungen zur Vorlesung

Anorganische Chemie 1

Die Übungen für Lehramt-, Biologie- und Pharma Science-Studierende finden in Großgruppen statt.

Termine:

- Übung für **Bachelor Chemie: Dienstags** 13:15 Uhr Baeyer Hörsaal
- Übung für **Biologie: Mittwochs, 12:15 Uhr**, Liebig Hörsaal
- Übung für **Lehramt- & Pharma-Sc. Studierende: Mittwochs, 11:15 Uhr**, Baeyer-HS

Übungsblätter Download:

<https://www.cup.lmu.de/ac/stierstorfer/ubungen-zur-experimentalchemie/>

Verantwortlich für die Übungen:

- Chemie, Bio: Dr. Jörg Stierstorfer, jstch@cup.uni-muenchen.de, D3.076
- LA, Pharma: Dr. Magdalena Rusan, march@cup.uni-muenchen.de, D1.055

Eine Anmeldung zur **Übung** ist **NICHT** notwendig.

Klausurtermin: Di 11.02.2026, 9 Uhr

Eine Anmeldung zur **Klausur** ist **ZWINGEND** notwendig (ab ca. 15. Jan 2026)

1. Einfache Mathematik

Quadrieren Sie $7 \cdot 10^5 = 49 \cdot 10^{10}$
 $5 \cdot 10^{-5} = 25 \cdot 10^{-10}$

Bestimmen Sie die Quadratwurzel von

$$\sqrt{3,6 \cdot 10^{11}} = 36 \cdot 10^{10} = 6 \cdot 10^5$$
$$\sqrt{1,6 \cdot 10^{-9}} = 4 \cdot 10^{-5}$$

Bestimmen Sie die Kubikwurzel von

$$0,27 \cdot 10^{-7} = 27 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-3}$$

Logarithmus $b^x = a \Leftrightarrow x = \log_b(a)$

x: der Exponent

b: die Basis

a: der Potenzwert

Berechnen Sie

$$\log_2(8) = 3$$

$$\log_3(81) = 4$$

$$\log_4(1/16) = -2 \quad \text{denn } 4^{-2} = 1/16$$

$$\log_7(7) = 1$$

$$\log_8(1) = 0$$

$$\log_{16}(64) = \log_4(64) / \log_4(16) = \log_4(4^3) / \log_4(4^2) = 3/2$$

Determinanten

Bezeichner der
Determinante

$$D, \det A, |A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \begin{matrix} \leftarrow 1. \text{ Zeile} \\ \leftarrow 2. \text{ Zeile} \\ \\ \end{matrix}$$

1. Spalte $\uparrow$ $\uparrow$ 2. Spalte

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{vmatrix} = 1 \times 4 - 3 \times 2 = -2$$

$$B = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = 1 \times 5 \times 9 + 2 \times 6 \times 7 + 3 \times 4 \times 8 - 7 \times 5 \times 3 - 8 \times 6 \times 1 - 9 \times 4 \times 2 = 45 + 84 + 96 - 105 - 48 - 72 = 0$$

Zweireihige Determinante

Hauptdiagonale Nebendiagonale

$$D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}$$

Zahlenbeispiel

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ 4 & 5 \end{vmatrix} = 2 \cdot 5 - (-3 \cdot 4) = 10 + 12 = 22$$

Dreireihige Determinante (Sarrus-Regel)

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$\det A = \underline{a_{11} \cdot a_{22} \cdot a_{33}} + \underline{a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31}} + \underline{a_{13} \cdot a_{21} \cdot a_{32}} - \underline{a_{13} \cdot a_{22} \cdot a_{31}} - \underline{a_{11} \cdot a_{23} \cdot a_{32}} - \underline{a_{12} \cdot a_{21} \cdot a_{33}}$$

Zahlenbeispiel

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ -2 & 4 & -1 \\ 5 & 6 & 2 \end{vmatrix}$$

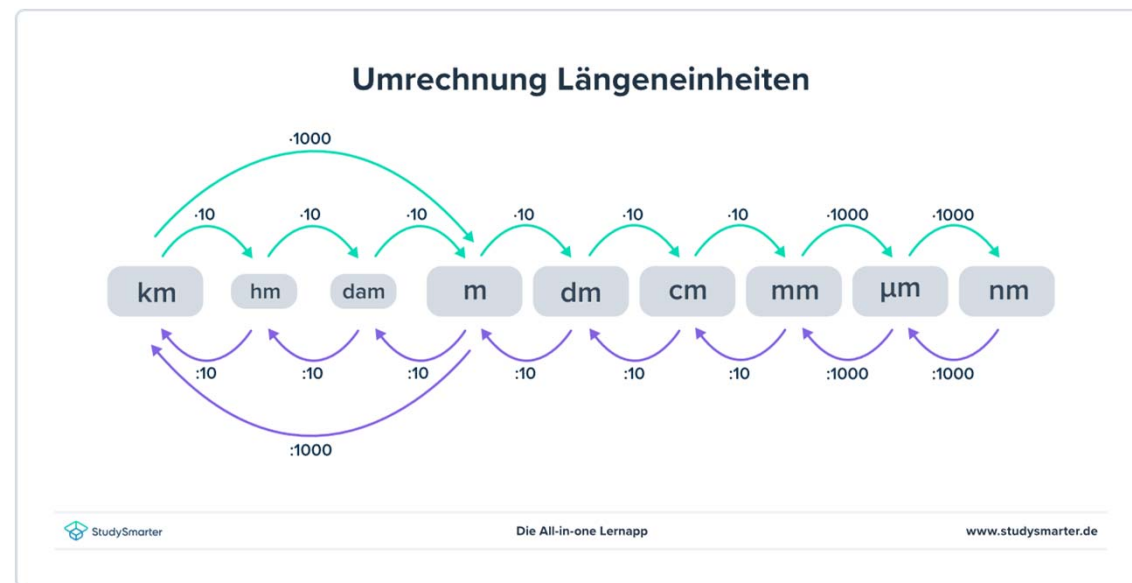
$$\det A = \underline{1 \cdot 4 \cdot 2} + \underline{2 \cdot (-1) \cdot 5} + \underline{3 \cdot (-2) \cdot 5} - \underline{3 \cdot 4 \cdot 5} - \underline{1 \cdot (-1) \cdot 6} - \underline{2 \cdot (-2) \cdot 2} = -84$$

2. Die Bindungslänge einer C=C Bindung beträgt 134 pm. Wie viele mm sind das?

Lösung:

134000 fm = 1,34 Å = **134 pm** = 0,134 nm = 0,000134 µm = 0,000000134 mm = **$1,34 \cdot 10^{-7}$ mm** = $1,34 \cdot 10^{-10}$ m

Dezimal	Potenz	Präfix	Zeichen
0,000 000 000 000 001	10^{-15}	Femto	f
0,000 000 000 000 01	10^{-14}		
0,000 000 000 000 1	10^{-13}		
0,000 000 000 001	10^{-12}	Piko	p
0,000 000 000 01	10^{-11}		
0,000 000 000 1	10^{-10}		
0,000 000 001	10^{-9}	Nano	n
0,000 000 01	10^{-8}		
0,000 000 1	10^{-7}		
0,000 001	10^{-6}	Mikro	µ
0,000 01	10^{-5}		
0,000 1	10^{-4}		
0,001	10^{-3}	Milli	m
0,01	10^{-2}	Zenti	c
0,1	10^{-1}	Dezi	d
1	10^0	Eins	



3. Eine normale menschliche Körperzelle enthält ca. 6.6 Milliarden Basenpaare in der DNA. 1 Basenpaar wiegt ca. 10^{-21} g. Ein Mensch hat ca. 10^{14} dieser Zellen. Wieviel g DNA enthält dann ein Mensch? Und wie lang ist die gesamte DNA wenn 1 Basenpaar 0,34 nm misst?

Lösung:

Masse pro Zelle:

$$6,6 \times 10^9 \text{ bp} \times 10^{-21} \text{ g/bp} = 6,6 \times 10^{-12} \text{ g}$$

Masse pro Mensch:

$$6,6 \times 10^{-12} \text{ g/Zelle} \times 10^{14} \text{ Zellen} = 6,6 \times 10^2 \text{ g} = 660 \text{ g}$$

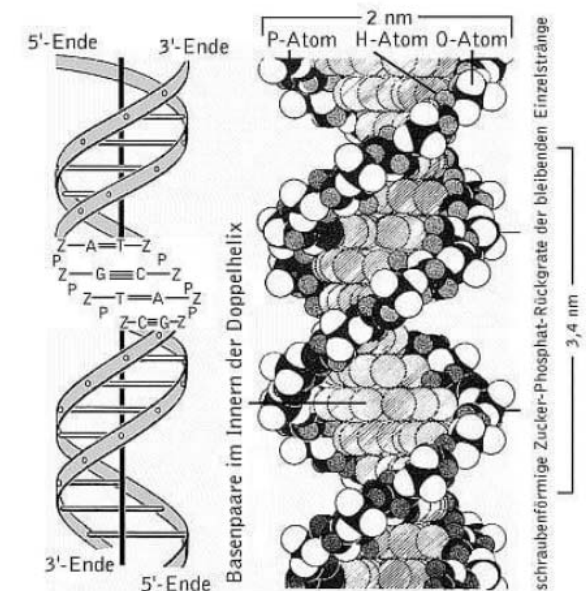
Gesamtzahl BP:

$$6,6 \times 10^9 \text{ bp/Zelle} \times 10^{14} \text{ Zellen} = 6,6 \times 10^{23} \text{ bp}$$

Gesamtlänge:

$$6,6 \times 10^{23} \text{ bp} \times 0,34 \text{ nm/bp} = 2,244 \times 10^{23} \text{ nm} =$$

$$2,244 \cdot 10^{14} \text{ m} = 2,2 \cdot 10^{11} \text{ km}$$



Die DNA in einer menschlichen also eukaryotischen Zelle hat eine Länge von etwa 2 m. Ein Mensch besteht aus etwa 100 Billionen Zellen, davon sind 25% Blutzellen, die keinen Zellkern haben. Die Länge der DNA in einem Menschen beträgt also 150 Mrd. km, also 1000mal die Strecke von der Erde zur Sonne (149,6 Mill. km).

Entsprechend würde die DNA von 7 Mill. Menschen (~ Madrid im Jahr 2018) aneinandergereiht eine Länge von etwa 110 000 Lichtjahren erreichen, was mehr als dem Durchmesser unserer Milchstraße (~100 000 Lichtjahre) entspricht.

Die Länge der DNA aller Menschen auf der Welt (ca. 7,6 Mrd. im Jahr 2018) kombiniert ergäbe etwa 121 Mill. Lichtjahre, was fast dem Durchmesser des Virgo-Superhaufens (150 bis 200 Mill. Lichtjahre) entspricht.

4. Welcher Masse entspricht 1,5 mol CO₂ und Kohlenmonoxid?

Zeichnen Sie eine Strukturformel dieser Verbindungen.

Lösung:

M(CO₂) = 44,0 g/mol; **m(CO₂) = 66,0 g**

M(CO) = 28,0 g/mol; **m(CO) = 42,00 g**



Atommasse in u (Durchschnittswert aus den natürlich vorkommenden Isotopen)

35,45

17

Cl ← Elementsymbol

Protonenzahl
= Kernladungszahl
= Ordnungszahl

Hauptgruppen								
Hauptgruppen-Name	Alkalimetalle	Erdalkalimetalle	Borgruppe	Kohlenstoff-Silicium-Gruppe	Stickstoff-Phosphor-Gruppe	Chalkogene	Halogene	Edelgase
Hauptgruppen (HG)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
IUPAC-Gruppe	1	2	16	14	15	16	17	18
Periode	1.01u			16,00u				4,00u
1.	H 1 Wasserstoff 1 2,2			O 8 Sauerstoff -2,-1 3,4				He 2 Helium -- --
2.	6,94u Li 3 Lithium 1 1,02	9,01u Be 4 Beryllium 2 1,63	10,81u B 5 Bor 2,0 -4...4 2,5	12,01u C 6 Kohlenstoff -4...4 2,5	14,01u N 7 Stickstoff -3...5 3,0	16,00u O 8 Sauerstoff -2,-1 3,4	19,00u F 9 Fluor -1 4,0	20,18u Ne 10 Neon -- --
3.	22,99u Na 11 Natrium 1 0,92	24,31u Mg 12 Magnesium 2 1,33	26,98u Al 13 Aluminium 3 1,64	28,09u Si 14 Silicium 4 1,9	30,97u P 15 Phosphor ±3, 5 2,2	32,07u S 16 Schwefel ±2, 6 2,6	35,45u Cl 17 Chlor ±1 3,2	39,95u Ar 18 Argon -- --

5. Bei einem kleinen Barbecue benötigen Sie 2 kg Kohle (wir nehmen an diese besteht aus reinem Kohlenstoff). Wieviel Kilo und Liter CO₂ (Normalbedingungen) produzieren Sie dabei?

Lösung: Stoffmenge Kohle = $n = m / M = 2000 \text{ g} / 12 \text{ g/mol} = 166,6 \text{ mol}$

Molekulare Masse Kohlenstoffdioxid:

$$M(\text{CO}_2) = 12,0 \text{ g/mol} + 16,0 \text{ g/mol} * 2 = 44,0 \text{ g/mol}$$

Gewicht Kohlenstoffdioxid:

$$m = n * M = 166,6 \text{ mol} * 44,0 \text{ g/mol} = 7330,4 \text{ g} = 7,333 \text{ kg}$$

Gasvolumen:

Normalbed. (STP, 0°C): $V = n * V_m = 166,6 \text{ mol} * 22,4 \text{ Liter/mol} = 3731 \text{ Liter}$

Standardbed. (SATP, 25°C): $V = n * V_{m\emptyset} = 166,6 \text{ mol} * 24,46 \text{ Liter/mol} = 4075 \text{ L}$

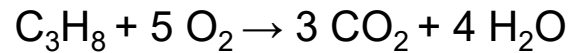
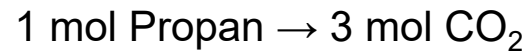
Bei höheren Temperaturen:

$$p * V = n * R * T \text{ (ideale Gasgleichung)} \rightarrow V_1/T_1 = V_2/T_2$$

$$V = 1 * 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} * T \text{ in K} / 101300 \text{ Pa (N/m}^2\text{)}$$



6. Ein Gasgrill wird üblicherweise mit Propan (C_3H_8) betrieben. Für Ihr Barbecue benötigen Sie hierbei 250 g Propan. Wie viel Kilo CO_2 entstehen hierbei? Stellen Sie die vollständige Reaktionsgleichung der Verbrennung zu CO_2 und Wasser auf.



$$M(\text{C}_3\text{H}_8) = 3 \cdot 12,0 + 8 \cdot 1,0 = 44,0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{CO}_2) = 12,0 + 2 \cdot 16,0 = 44,0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = 250\text{g} / 44,0 \text{ g mol} = 5,681 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}_2) = 3 \cdot 5,681 \text{ mol} = 17,045 \text{ mol}$$

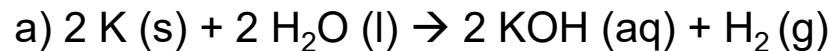
$$m(\text{CO}_2) = 17,045 \text{ mol} \cdot 44,0 \text{ g mol}^{-1} = 750 \text{ g} = \mathbf{0,750 \text{ kg}}$$



7. Kalium reagiert mit Wasser zu Wasserstoff und Natronlauge (KOH).

- a) Stellen Sie die korrekte Reaktionsgleichung auf.**
- b) Welche qualitative Aussage über die Entropie dieser Reaktion können Sie treffen?**
- c) Berechnen Sie die molare Masse von Kaliumhydroxid?**
- d) Wieviel Liter Wasserstoffgas entstehen bei der Reaktion von 5 g Kalium?**

Lösung:



b) Teilchenzahl nimmt eigentlich ab, Entropie nimmt trotzdem zu wegen Entstehung von Gas

c) $\sum M = 39,1 \text{ g/mol} + 1,0 \text{ g/mol} + 16,0 = 56,1 \text{ g/mol}$

d) $5 \text{ g} / 39,1 \text{ g/mol} = 0,128 \text{ mol} \rightarrow 0,064 \text{ mol Wasserstoff} * 22,4 \text{ L} = 1,43 \text{ L}$

Normalbedingungen (0°C, 1013hPa)

Rubidium und Cäsium in Wasser:

https://www.youtube.com/watch?v=0YNslaSbFdq&ab_channel=NileRedShorts

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Gibbs-Helmholz-Gleichung

8. Verdünnungen: 8 g NaOH sind in 200 mL Wasser gelöst. Wie hoch ist die Konzentration (c_1)? Anschließend wird mit 800 mL Wasser verdünnt. Wie hoch ist dann die Konzentration c_2 ? Wie viele mg NaOH sind in 50 mL dieser Lösung enthalten?

Lösung:

$$c = n / V$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g/mol}$$

$$n = 8 \text{ g} / 40 \text{ g mol}^{-1} = 0,2 \text{ mol}$$

$$c_1 = 0,2 \text{ mol} / 0,2 \text{ L} = 1 \text{ mol/L}$$

Verdünnungsgleichung oder Mischungsformel $c_1 * V_1 = c_2 * V_2$

$$c_1 * V_1 = c_2 * V_2 \rightarrow c_2 = c_1 * V_1 / V_2 = 1 \text{ mol/L} * 0,2 \text{ L} / 1 \text{ L} = 0,2 \text{ mol/L}$$

$$m = n * M = (0,05 \text{ L} * 0,2 \text{ mol/L}) * 40 \text{ g/mol} = 0,4 \text{ g}$$

oder

$$m(\text{NaOH}) = 8 \text{ g/L} * 0,05 \text{ L} = 0,40 \text{ g} = 400 \text{ mg}$$

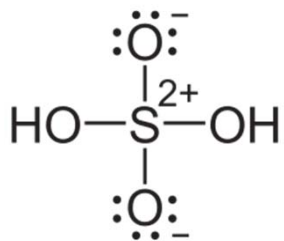
9. Wie schwer ist ein halber Liter 100% Schwefelsäure der Dichte 1.84 g/cm³?
Wieviel mol H₂SO₄ sind enthalten?

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$$

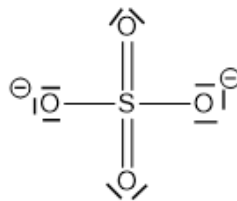
$$1840 \text{ g} \cdot 0.5 = \mathbf{920 \text{ g}}$$

$$M = 98.1 \text{ g/mol}$$

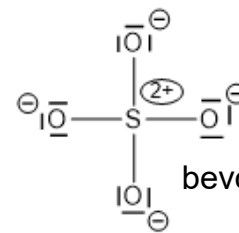
$$n = m / M = 920 \text{ g} / 98.1 \text{ g/mol} = \mathbf{9.38 \text{ mol}}$$



Schwefelsäure



Formel I

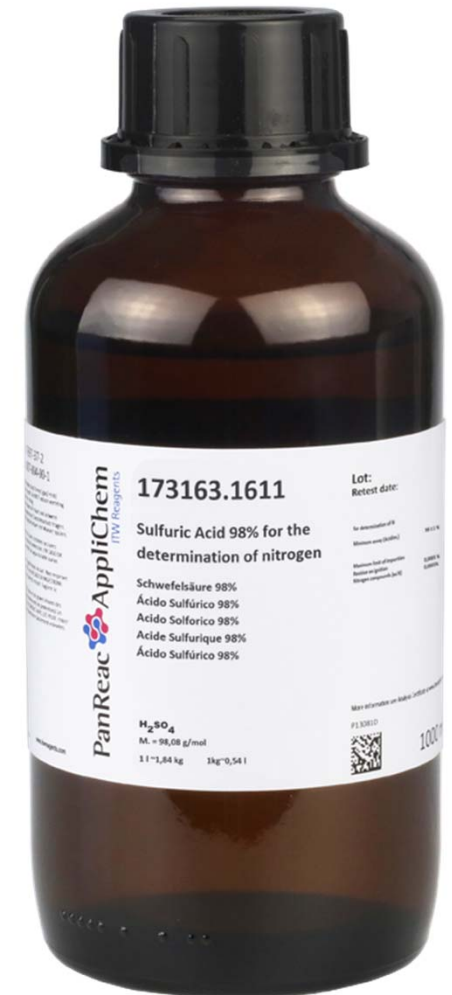


Formel II

bevorzugte Schreibweise

Sulfat-Anion

Formel I: Oktettüberschreitung



10. Sie möchten einen Liter konzentrierten Ammoniak (25%, Dichte 0,906 g/cm³) herstellen. Wieviel Ammoniakgas benötigen sie?

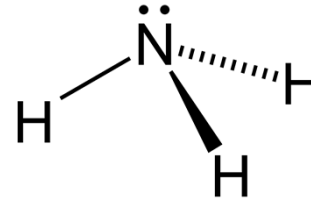
1 Liter Ammoniak wiegen 906 g

25% von 906 g sind NH₃ = 226,5 g

M(NH₃) = 17,0 g/mol

$n = m / M = 226,5 \text{ g} / 17,0 \text{ g/mol} = 13,3 \text{ mol}$

$V = n * V_m = n * 22,4 \text{ L} = 298,4 \text{ L}$



11. Sie wollen 100mL eines Destillats (z.B. Strohrum) von 75% (v/v) auf 40% Ethanol verdünnen. Wieviel Wasser benötigen Sie?

Lösung: **Verdünnungsgleichung oder Mischungsformel**

$$c_1 * V_1 = c_2 * V_2 \rightarrow V_2 = = 75\% * 0,1 \text{ L} / 40\% = 0,1875 \text{ L}$$

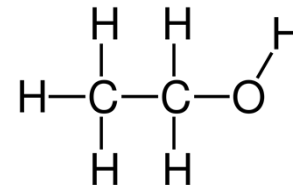
$$V = V_2 - V_1 = 187,5 \text{ mL} - 100\text{mL} = \textcolor{red}{87,5 \text{ mL}}$$

Alternativ:

$$V_{\text{EtOH, initial}} = 100\text{mL} \times 0,75 = 75\text{mL}$$

$$\text{Finales Volumen} = V_{\text{EtOH, initial}} / 0,4 = 75 \text{ mL} / 0,40 = 187,5 \text{ mL}$$

$$V \text{ Wasser} = V_{\text{final}} - V_{\text{initial}} = 187,5\text{mL} - 100\text{mL} = 87,5\text{mL}$$



Strukturformel von Ethanol

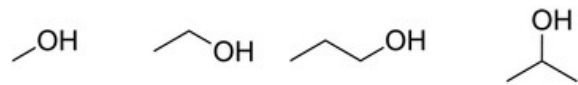
12. Welche Konzentration hat 70%(v/v) Ethylalkohol (C₂H₆O)? Reiner Ethanol hat eine Dichte von 0,79 kg/L.

Lösung: Konzentrationen in der Chemie in mol/L

700mL Ethylalkohol entsprechen (Multiplikation mit Dichte) =
 $700 \text{ mL} \cdot 0,79 \text{ g/mL} = 553 \text{ g Ethanol}$

$M(\text{Ethanol, C}_2\text{H}_6\text{O}) = 2 \cdot 12,0 \text{ g/mol} + 6 \cdot 1,0 \text{ g/mol} + 1 \cdot 16,0 \text{ g/mol} = 46 \text{ g/mol}$
 $553 \text{ g/L} / M(\text{Ethanol, 46 g/mol}) = \mathbf{12,0 \text{ mol/L}}$

Kurzkettige Alkohole:



Methanol	Ethanol	Propanol	Isopropanol
Methyl alcohol	Ethyl alcohol	Propyl alcohol	Isopropyl alcohol
MeOH	EtOH	PrOH	iPrOH
Methanol	Ethanol	Propan-1-ol	Propan-2-ol
CH ₃ OH	CH ₃ CH ₂ OH	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	CH ₃ CHOHCH ₃
CH ₄ O	C ₂ H ₆ O	C ₃ H ₈ O	C ₃ H ₈ O

Brandweinsteuer

*Pro Liter reinen Alkohol werden 13,03 Euro erhoben.
Daraus ergibt sich, dass bei einer 0,7-l-Flasche mit 38
Volumenprozent Alkohol 3,47 Euro*



2. Übung

Thermodynamik

1. Mathematik, Basics Differentiale:

Leiten Sie zweimal ab!

a) $f(x) = 5x^4 - 4x^3 + 3x^2 - 2x + 6$

b) $f(x) = 2x^{-2} + 4x^{-6}$

c) $f(x) = 3x^{2/3} - x^{7/8}$

d) $f(x) = \sqrt[3]{x} - 9\sqrt[4]{x^3}$

e) $f(x) = \frac{1}{x^2}$

Lösung:

a) $f'(x) = 20x^3 - 12x^2 + 6x - 2$

$$f''(x) = 60x^2 - 24x + 6$$

b) $f'(x) = -4x^{-3} - 24x^{-7}$

$$f''(x) = 12x^{-4} + 168x^{-8}$$

c) $f'(x) = \frac{2}{3} \cdot 3x^{2/3-1} - \frac{7}{8} \cdot x^{7/8-1} = 2 \cdot x^{-1/3} - \frac{7}{8} \cdot x^{-1/8}$

$$f''(x) = -\frac{2}{3} \cdot x^{-4/3} + \frac{7}{64} \cdot x^{-9/8}$$

d) $f(x) = x^{1/3} - 9 \cdot x^{3/4}$

$$f'(x) = \frac{1}{3} \cdot x^{-2/3} - \frac{27}{4} \cdot x^{-1/4}$$

$$f''(x) = -\frac{2}{9} \cdot x^{-5/3} + \frac{27}{16} \cdot x^{-5/4}$$

e) $f(x) = x^{-2}$

$$f'(x) = -2 \cdot x^{-3}$$

$$f''(x) = 6 \cdot x^{-4}$$

2. Mathematik, Basics, Integrale

Berechnen Sie die folgenden bestimmten Integrale.

$$\text{a) } \int_0^4 x^2 + 2x \, dx = \left[\frac{x^3}{3} + x^2 \right]_0^4 = \frac{64}{3} + 16 - 0 = \frac{112}{3} = 37\frac{1}{3}$$

$$\text{b) } \int_1^2 5 - \frac{2}{x^2} \, dx = \left[5x + \frac{2}{x} \right]_1^2 = \left(10 + \frac{2}{2} \right) - \left(5 + 2 \right) = 4$$

$$\text{c) } \int_0^3 \sqrt{x} \, dx = \left[\frac{2}{3} \cdot x^{\frac{3}{2}} \right]_0^3 = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{27} - 0 = 2 \cdot \sqrt{3}$$

$$\begin{aligned} \text{d) } \int_1^2 (x^2 + 1) \cdot \sqrt{x} \, dx &= \int_1^2 x^{\frac{5}{2}} + x^{\frac{1}{2}} \, dx = \left[\frac{2}{7} \cdot x^{\frac{7}{2}} + \frac{2}{3} \cdot x^{\frac{3}{2}} \right]_1^2 = \\ &= \left(\frac{16\sqrt{2}}{7} + \frac{4\sqrt{2}}{3} \right) - \left(\frac{2}{7} + \frac{2}{3} \right) = \frac{76\sqrt{2} - 20}{21} \end{aligned}$$

3. Erläutern sie:

a. Welche thermodynamische Energie-Größe drückt die Spontanität einer chemischen Reaktion aus?

b. Unter welchen Voraussetzungen kann eine endotherme Reaktion spontan ablaufen?

Lösung:

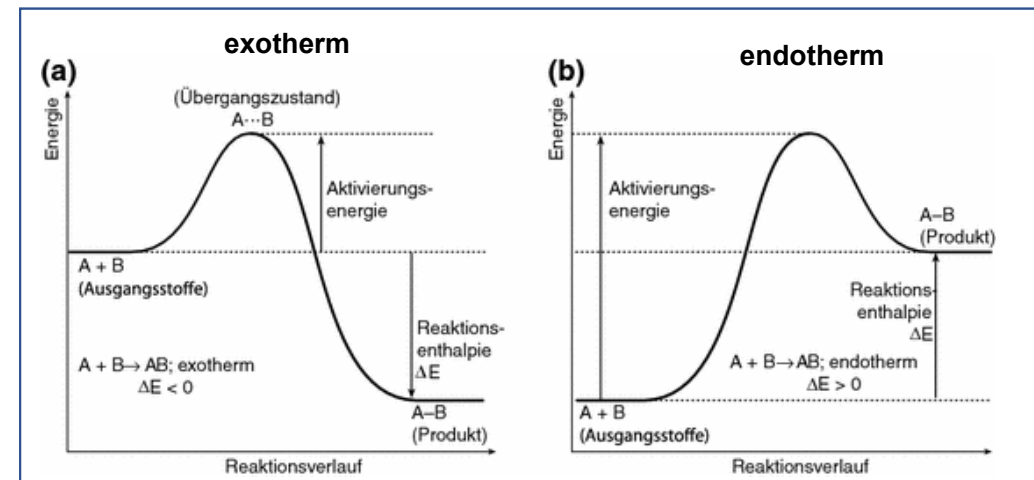
a) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G < 0$: exergonisch (spontan)

$\Delta G > 0$: endergonisch

G = Freie Enthalpie [J mol^{-1}]
H = Enthalpie [J mol^{-1}]
S = Entropie [$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$]

b) Nur bei hohen Temperaturen oder wenn Entropie S stark zunimmt



4. Welche Wärmemenge wird freigesetzt, wenn 1 g Hydrazin (N_2H_4) verbrennt?

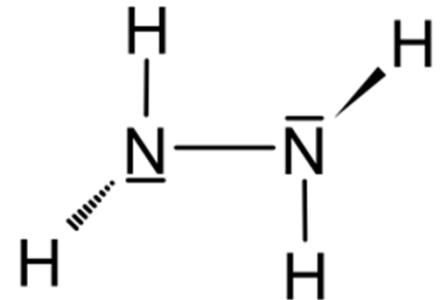


Lösung:

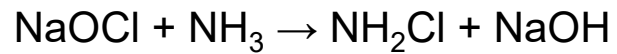
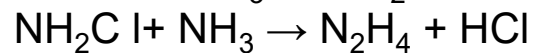
$$M(\text{N}_2\text{H}_4) = 2 \cdot 14,0 \text{ g mol}^{-1} + 4 \cdot 1,0 \text{ g mol}^{-1} = 32,0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n = m / M = 1 \text{ g} / 32,0 \text{ g mol}^{-1} = 0,03125 \text{ mol}$$

$$Q = n \cdot \Delta H = 0,03125 \text{ mol} \cdot -622,4 \text{ kJ mol}^{-1} = -19,45 \text{ kJ}$$



Raschig-Hydrazin-Synthese:



5. Die Zersetzung von Natriumazid verläuft nach:



a) Wie groß ist der ΔH -Wert, um 1,50 kg N_2 zu erhalten?

b) Welches Volumen hat diese Menge Stickstoff bei Normalbedingungen?

Lösung:

$$\text{a) } M(\text{N}_2) = 2 \cdot 14,0 \text{ g mol}^{-1} = 28,0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n = m / M = 1500 \text{ g} / 28,0 \text{ g mol}^{-1} = 53,57 \text{ mol}$$

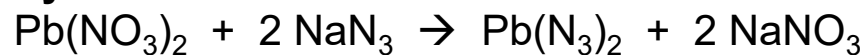
Bildung von 3 mol N_2 : - 42,7 kJ

Bildung von 53,54 mol N_2 : - 42,7 kJ · 53,57 mol / 3 mol = **-762,5 kJ**

$$\text{b) } n \cdot V_m = 53,57 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 1200 \text{ L}$$

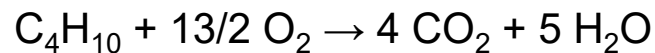


Synthese Bleiazid:



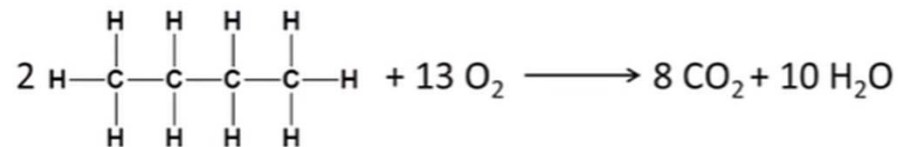
6. Butangas (C_4H_{10} , $\Delta_f H = -126 \text{ kJ mol}^{-1}$) verbrennt mit Sauerstoff zu Kohlendioxid ($\Delta_f H (\text{CO}_2(\text{g})) = -393 \text{ kJ mol}^{-1}$), und Wasserdampf $\Delta_f H (\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$. $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

a) Formulieren Sie die korrekte Reaktionsgleichung!



b) Wie hoch ist die Reaktionsenthalpie?

$$\begin{aligned} \Delta_R H &= \text{Summe Bildungsenthalpie Produkte} - \text{Summe Bildungsenthalpie Edukte} = \\ &[4 \cdot (-393) + 5 \cdot (-242)] - [1 \cdot (-126) + 13/2 \cdot (0)] = -2656 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

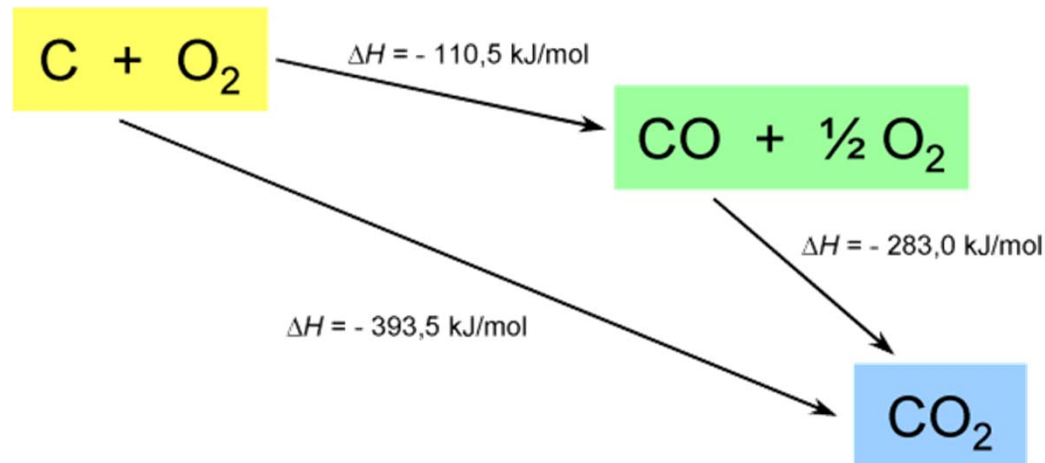


Strukturformel von Butan

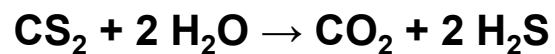
7. Was beschreibt der Satz von Hess?

Lösung:

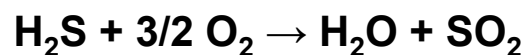
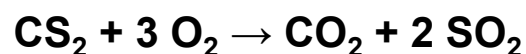
z.B. Der Satz von Hess besagt, dass der Weg einer chemischen Reaktion keinen Einfluss auf die Reaktionsenthalpie der Gesamtreaktion hat. Die Reaktionsenthalpie der Gesamtreaktion ist somit auch von der Anzahl der Teilreaktionen unabhängig. Die Enthalpieänderung der gesamten Reaktion ist die Summe der Reaktionsenthalpie der einzelnen Teilreaktionen.



8. Berechnen Sie $\Delta_R H$ für die Reaktion



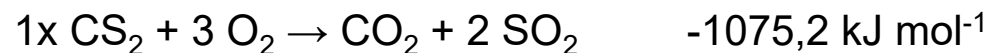
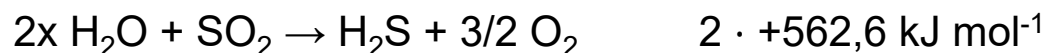
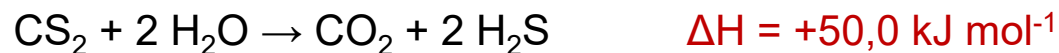
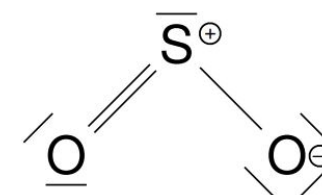
mit Hilfe der Gleichungen:



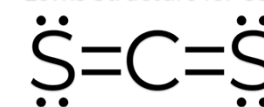
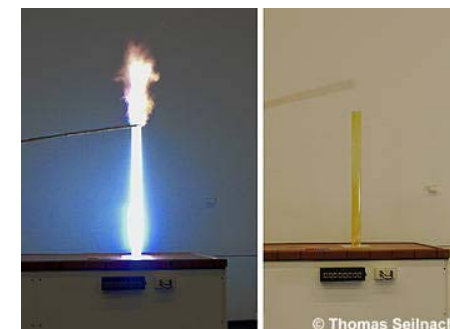
$$\Delta_R H = -562,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_R H = -1075,2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

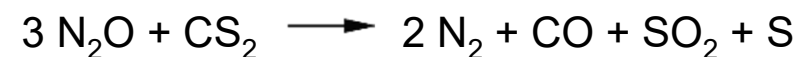
Lösung:



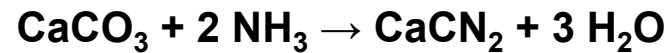
Lewis Structure for CS₂



Versuch: Bellender Hund



9. Berechnen Sie die Standard-Bildungsenthalpie für Calciumcyanamid (CaCN_2), mit Hilfe folgender Angaben:



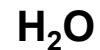
$$\Delta_R H^\circ = +90,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$



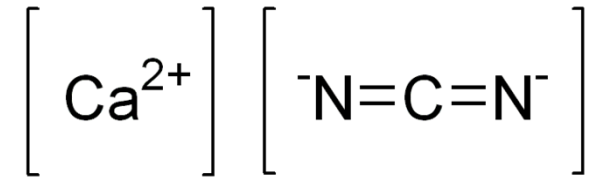
$$\Delta_f H^\circ = -1206,3 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta_f H^\circ = -46,19 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta_f H^\circ = -241,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$



Lösung:

$$\Delta H^\circ(\text{Reaktion}) = \Sigma(\Delta H^\circ(\text{Produkte})) - \Sigma(\Delta H^\circ(\text{Edukte}))$$

$$+90,1 \text{ kJ mol}^{-1} = (\Delta H^\circ(\text{CaCN}_2) + 3 \cdot -241,8 \text{ kJ mol}^{-1}) - (-1206,3 \text{ kJ mol}^{-1} + 2 \cdot -46,19 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$(\Delta_f H^\circ(\text{CaCN}_2) = +90,1 \text{ kJ mol}^{-1} - 3 \cdot -241,8 \text{ kJ mol}^{-1}) + (-1206,3 \text{ kJ mol}^{-1} + 2 \cdot -46,19 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$815,5 \text{ kJ mol}^{-1} \qquad \qquad \qquad + (-1298,68 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{CaCN}_2) = -483,18 \text{ kJ mol}^{-1}$$

10. In einem Kolben sind 0,80 l Gas mit einem Druck von 980 mbar bei einer Temperatur von 25 °C eingeschlossen (Zustand 1). Durch Wärmezufuhr steigt der Kolben nach oben, sodass das Gasvolumen 1,70 l beträgt (Zustand 2).

a) Welche Temperatur hat das Gas in Zustand 2, wenn...

a1) ...der Druck konstant bleibt?

a2) ...der Druck sich verdoppelt?

a3) ...der Druck auf 1,80 bar ansteigt?

Lösung:

a1) Ideale Gasgleichung: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow V_1/T_1 = V_2/T_2$

$$T_2 = V_2 \cdot T_1 / V_1 = 1,7 \text{ L} \cdot 298\text{K} / 0,8 \text{ L} = 633 \text{ K}$$

a2) $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$

$$T_2 = 2 \cdot V_2 \cdot T_1 / V_1 = 2 \cdot 1,7 \text{ L} \cdot 298\text{K} / 0,8 \text{ L} = 1267 \text{ K}$$

a3) $T_2 = p_2 \cdot V_2 \cdot T_1 / p_1 \cdot V_1 = 1,8 \text{ bar} \cdot 1,7 \text{ L} \cdot 298\text{K} / 0,98 \text{ bar} \cdot 0,8 \text{ L} = 1163 \text{ K}$

b) Um welches Gas handelt es sich, wenn die gemessene Masse des Gases 1.4 g beträgt?

c) Anschließend wird das System abgekühlt bis die Gastemperatur 0 °C und der Druck 820 mbar beträgt (Zustand 3). Welches Volumen hat nun der Kolben?

b) Näherung: nahezu 1 atm (1013 mbar) Standardbedingungen

$$V_m = 24,4 \text{ mol/L} \rightarrow n = 0,8 \text{ L} / 24,4 \text{ mol/L} = 0,0328 \text{ mol}$$

$$n = m / M \rightarrow M = m/n = 1,4 \text{ g} / 0,0327 = 42,68 \text{ g/mol} \rightarrow 44 \text{ g/mol} = \text{CO}_2$$

c) $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$

$$V_2 = T_2 \cdot p_1 \cdot V_1 / T_1 \cdot p_2$$

$$V_2 = 273 \text{ K} \cdot 1,8 \text{ bar} \cdot 1,7 \text{ L} / 1163 \text{ K} \cdot 0,82 \text{ bar} \\ = 0,876 \text{ L}$$

